



1 2008
ročník VIII

Vysoká škola báňská -
Technická univerzita Ostrava

SBORNÍK
vědeckých prací Vysoké školy báňské -
Technické univerzity Ostrava
Řada stavební

TRANSACTIONS
of the VŠB - Technical University
of Ostrava
Civil Engineering Series



1 2008
ročník VIII

**Vysoká škola báňská -
Technická univerzita Ostrava**

SBORNÍK
vědeckých prací Vysoké školy báňské -
Technické univerzity Ostrava
Řada stavební

TRANSACTIONS
of the VŠB - Technical University
of Ostrava
Civil Engineering Series

ISBN 978-80-248-1883-2

ISSN 1213-1962

Radim ČAJKA, Lucie MYNARZOVÁ

ANALÝZA ZDĚNÉ KONSTRUKCE ZATÍŽENÉ POŽÁREM 1

Vít KŘIVÝ

VLIV KOROZE NA SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ 13

Karel KUBEČKA

UPLATNĚNÍ RIZIKOVÉ ANALÝZY V ROZHODOVACÍM PROCESU STAVEBNÍ ČINNOSTI 27

Antonín LOKAJ, Kristýna VAVRUŠOVÁ

DESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DRUHŮ LISTNATÉHO ŘEZIVA MALÝCH
KONSTRUKČNÍCH ROZMĚRŮ 45

David PUSTKA, Radim ČAJKA, Pavel MAREK

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI ŠTÍHLÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRUTU
NAMÁHANÉHO VÍCEKOMPONENTNÍM ÚČINKEM ZATÍŽENÍ METODOU SBRA 51

David PUSTKA, Radim ČAJKA, Pavel MAREK

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI SDRUŽENÉ PILÍŘOVÉ SOUSTAVY
TVOŘENÉ ŠTÍHLÝMI ŽELEZOBETONOVÝMI PRUTY METODOU SBRA 61

Miloš RIEGER, Pavel MAREK

ÚNAVOVÁ ŽIVOTNOST TRAMVAJOVÉHO PROVIZORIA PARTYZÁNSKÁ–TROJSKÁ 77

Miroslav ROSMANIT, Monique C. M. BAKKER

ELASTIC POST-BUCKLING BEHAVIOR OF UNIFORMLY COMPRESSED PLATES 87

Vladimír TOMICA, Martin KREJSA, Jozef GOCÁL

PŘÍPUSTNÁ ÚNAVOVÁ TRHLINA – TEORIE 103

Vladimír TOMICA, Martin KREJSA, Jozef GOCÁL

PŘÍPUSTNÁ ÚNAVOVÁ TRHLINA – APLIKACE 111

Jan ČESELSKÝ, Martin FERKO, Vladimír KOUDELA

PROGNOSTICKÉ ÚVAHY O FYZICKÉ DOSTUPNOSTI BYDLENÍ V REGIONÁLNÍM PRŮMĚTU .. 125

Martin FERKO, Jan ČESELSKÝ, Petr OTIPKA

SOFTWAREOVÝ NÁSTROJ ANALÝZ A PREZENTACE VÝSLEDKŮ PROJEKTU O REGIONÁLNÍCH
DISPARITÁCH V DOSTUPNOSTI BYDLENÍ 145

Vladimír KOUDELA, Jan ČESELSKÝ, Martin FERKO

ANALÝZA REGIONÁLNÍCH DISPARIT VE FYZICKÉ DOSTUPNOSTI BYDLENÍ 153

František KUDA, Vladimír KOUDELA

STRUKTURA A ANALÝZA ČINNOSTÍ PROVOZOVATELŮ SLUŽEB FACILITY MANAGEMENTU
V ČESKÉ REPUBLICE 181

Vítězslav KUTA

PROMĚNY OBYTNÉHO ÚZEMÍ NAŠICH MĚST A JEJICH DOPRAVNÍ SOUVISLOSTI 189

Vítězslav KUTA, František KUDA

OČEKÁVANÉ PROBLÉMY A TRENDY V PROMĚNÁCH ČESKÉHO BYDLENÍ A ÚLOHA
LOKÁLNÍCH SAMOSPRÁV 195

Vítězslav KUTA, František KUDA, Martin FERKO

VÝVOJ VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MĚSTA A LETIŠTĚ – VÝBĚR PROBLÉMŮ 201

Josef ALDORF, Eva HRUBEŠOVÁ, Karel VOJTASÍK, Lukáš ĎURIŠ

STANOVENÍ TUHOSTI BETONOVÉHO OSTĚNÍ VYZTUŽENÉHO VÁLCOVANÝMI PROFILY 213

Josef ALDORF, Eva HRUBEŠOVÁ, Petr JANAS

VYUŽITÍ 3D MODELOVÁNÍ PRO DIMENZOVÁNÍ DŮLNÍCH BEZPEČNOSTNÍCH HRÁZÍ 219

Josef ALDORF, Lukáš ĎURIŠ, Eva HRUBEŠOVÁ, Karel VOJTASÍK, Jiří GÉRYK ZMĚNY A SLEDOVÁNÍ TEPLŮT V DOPRAVNÍCH TUNELECH	229
Zdeněk KALÁB, Martin STOLÁRIK EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ SEIZMICKÉHO PROJEVU KAMIONOVÉ DOPRAVY	235
Roman MAREK, Eva HRUBEŠOVÁ, Robert KOŘÍNEK, Martin STOLÁRIK VLIV TECHNICKÉ SEISMICITY INDUKOVANÉ ZAVIBROVÁVÁNÍM ŠTĚTOVNICE NA OKOLNÍ ZÁSTAVBU PŘI REALIZACI STARTOVACÍ ŠACHTY KANALIZACE V KARVINĚ	241
Karel VOJTASÍK SLEDOVÁNÍ VÝVOJE ZÁVALOVÁNÍ NADLOŽÍ Z NESOUDRŽNÝCH ZEMIN NAD PODPOVRCHOVÝM PODZEMNÍM DÍLEM PO TECHNOLOGICKÉM NADVÝLOMU	247
Marcela HALÍŘOVÁ, Petra TYMOVÁ INSTALACE V ROŠTOVÝCH SÁDROKARTONOVÝCH PŘÍČKÁCH PŮDNÍCH VESTAVEB	253
Radek HORÁK ŘEŠENÍ TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY POMOCÍ DOPRAVNÍHO PROBLÉMU	259
Martina PEŘINKOVÁ SANACE FARNÍHO KOSTELA TŘÍ KRÁLŮ V BŘIDLIČNĚ	263
Leopold HUDEČEK MULTIPARAMETRICKÝ NÁVRH KONSTRUKCÍ A SPOLEHLIVOST DOPRAVNÍHO SYSTÉMU... ..	271
Ivana MAHDALOVÁ LINEÁRNÍ MODEL LIMITNÍ KAPACITY JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY	281
Eva OŽANOVÁ INTEGROVANÉ DOPRAVNÍ SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY OSOB	295
Miloslav ŘEZÁČ NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ DOPRAVY V OSTRAVĚ	303
Jiří BROŽOVSKÝ, Alois MATERNA VÝPOČETNÍ HOMOGENIZACE ZDIVA V NELINÁRNÍCH ÚLOHÁCH	311
Petr JANAS, Martin KREJSA, Vlastimil KREJSA VÝVOJ METODY PDPV A JEJÍ UPLATNĚNÍ V PRAVDĚPODOBNOTNOSTNÍCH ÚLOHÁCH	319
Petr KONEČNÝ PŘESNOST ODHADU PRAVDĚPODOBNOTNOSTI PORUCHY	335
Lenka LAUSOVÁ ÚNOSNOST OCELOVÝCH OTEVŘENÝCH A UZAVŘENÝCH PROFILŮ ZA POŽÁRU	345
Oldřich SUCHARDA NUMERICKÁ ANALÝZA BETONOVÉ KONSTRUKCE S VÝPOČETNÍM MODELEM 1D A 2D.....	353
Lucie FOJTOVÁ, Marian MARSCHALKO, Radka FRANEKOVÁ, Luděk KOVÁŘ POTŘEBY SROVNÁNÍ METOD PRO MĚŘENÍ VLHKOSTI NA MEZI TEKUTOSTI DLE ČSN A NOVĚ PŘIJÍMANÉ EVROPSKÉ LEGISLATIVY	359
Matěj FUKA, Marian MARSCHALKO, Veronika KŘÍSTKOVÁ, Luděk KOVÁŘ STUDIE DYNAMICKÉ PENETRACE PRO ZLEPŠENÍ MOŽNOSTI INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU V OSTRAVSKÉ PÁNVI.....	375
Marian MARSCHALKO, Libuše HOFRICHTEROVÁ, Lubomír TŘESLÍN ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF LANDSLIDE IN THE OSTRAVA-KARVINÁ COALFIELD	393
Marian MARSCHALKO, Lubomír TŘESLÍN, Hynek LAHUTA GIS ZHODNOCENÍ REGIONÁLNĚ NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÝCH RAJONŮ SLEZSKÉ OSTRAVY, VÍTKOVIC A RADVANICE.....	405
Josef ŠAMÁNEK KRÁSA, UMĚNÍ A ARCHITEKTURA V TVORBĚ	415

Radim ČAJKA¹, Lucie MYNARZOVÁ²

ANALÝZA ZDĚNÉ KONSTRUKCE ZATÍŽENÉ POŽÁREM

Abstract

This paper deals about determination of fire load, temperature field and state of stress of masonry structure after fire. Firstly, procedures and calculations are presented generally and than the application on specific case is demonstrated.

1 ÚVOD

Tento článek ukazuje možnosti stanovení požárního zatížení, teplotního pole a napjatosti zděného objektu po požáru. Postupy a výpočty jsou uvedeny obecně a následně jsou také aplikovány na konkrétní příklad.

2 POŽÁRNÍ ZATÍŽENÍ

Přesnější stanovení požárního zatížení p [kg/m²] se obvykle určuje v závislosti na množství a výhřevnosti hořících hmot podle [1] jako součet požárního zatížení nahodilého (p_n) a požárního zatížení stálého (p_s):

$$p = p_n + p_s . \quad (1)$$

Nahodilé požární zatížení se může stanovit bez dalších výpočtů podle Přílohy A této normy nebo výpočtem, který je totožný i pro stálé požární zatížení.

$$p_n \text{ nebo } p_s = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i}{S} , \quad (2)$$

kde

- M_i je hmotnost *i-tého* druhu hořlavých látek,
- K_i je součinitel ekvivalentního množství dřeva *i-tého* druhu hořlavých látek,
- S je celková plocha požárního úseku v m²,
- j je počet druhů hořlavých látek.

Pokud ovšem není dochována původní projektová dokumentace nebo je celý objekt požárem zlikvidován, nelze požární zatížení spolehlivě stanovit ani není možné použití přesnějších parametrických teplotních křivek požáru či zdokonalených (vícezónových) modelů požáru podle příloh evropské normy [2], protože modely vyžadují údaje o proudění okenními či dveřními otvory, polohu stěn atd.

Analýza teplotního pole a napjatosti může být v těchto případech provedena pouze pro obecnou normovou křivku podle ISO DIS 834-75, viz ČSN EN 1991-1-2 [2], viz obrázek 1. Teploty plynů v hořícím prostoru jsou dány rovnicí (3):

¹ Doc. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

² Ing. Lucie Mynarzová, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 363, e-mail: lucie.mynarzova@vsb.cz.

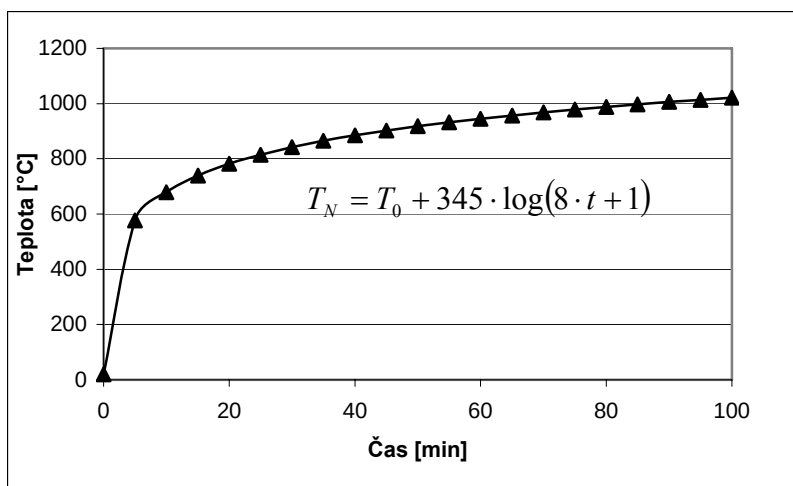
$$T_N = T_0 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1), \quad (3)$$

kde

T_N je teplota plynů při normovém požáru [$^{\circ}\text{C}$],

T_0 je počáteční teplota plynů v prostoru [$^{\circ}\text{C}$],

t je čas [min].



Obr. 1: Normová teplotní křivka.

Přestup tepla při požáru probíhá prouděním a sáláním. Přestup tepla prouděním je charakterizován součinitelem přestupu tepla prouděním α_c . Součinitel přestupu tepla prouděním je uvažován nelineární hodnotou, závislou na teplotě.

3 TEPLITNÍ POLE

Vedení tepla v trojrozměrném tělese je popsáno diferenciální Fourierovou rovnicí vedení tepla

$$\frac{\partial(c \cdot \rho \cdot T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (4)$$

kde

t je čas [s],

$T(x, t)$ teplota v závislosti na souřadnici a čase [K],

λ teplotní vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$],

ρ měrná hmotnost [$kg \cdot m^{-3}$],

c měrná tepelná kapacita při stálém tlaku [$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$].

Aby bylo možno řešit obecnou diferenciální rovnici, je třeba znát fyzikální vlastnosti tělesa (λ, c, ρ) a doplnit ji o počáteční podmínky, které zahrnují tvar a rozměry tělesa, počáteční rozložení teplot v tělese a hraniční podmínky, které charakterizují vzájemné působení tělesa s okolním prostředím.

V případě výpočtu odezvy konstrukce na vysoké teploty nejsou tepelné technické vlastnosti zdiva (λ, c, ρ) včetně závislosti na teplotě v ČSN či EC normách udány.

3.1 Analytické a numerické řešení

Analytické řešení diferenciální rovnice (4) je známo pouze pro určité případy za zjednodušených předpokladů. Uvažujeme-li konstantní tepelně-technické vlastnosti (nezávislé na teplotě), lze rovnici zjednodušit:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right). \quad (4a)$$

Přestup tepla sáláním se zanedbává. Při analytickém řešení se s výhodou používají tzv. čísla podobnosti, které charakterizují nestacionární teplotní pole [3]. Fourierovo číslo (5) charakterizuje bezrozměrný čas a Biotovo číslo (6) charakterizuje bezrozměrný součinitel přestupu tepla:

$$Fo = \frac{a \cdot t}{L^2}; \quad Bi = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad (5, 6)$$

kde

- t je čas,
- a je součinitel teplotní vodivosti,
- L je délková veličina.
- α je součinitel přestupu tepla,
- λ součinitel tepelné vodivosti.

Bezrozměrná teplota je definována

$$\theta = \frac{T_f - T}{T_f - T_0} \quad (7)$$

kde

- T_f je teplota okolního prostředí,
- T_0 je počáteční teplota,
- T je neznámá teplota v závislosti na čase a souřadnicích.

Řešení diferenciální rovnice má tvar

$$\theta = f(Fo, Bi, X, Y, Z) \quad (8)$$

kde

X, Y, Z je bezrozměrná souřadnice $x/L, y/L, z/L$.

Při řešení odezvy konstrukce na vyšší teploty (které se vyskytují při požáru) nelze analytické řešení použít, protože zpravidla nejsou známa analytická řešení, pokud uvažujeme závislosti tepelně technických vlastností na teplotě.

Proto se častěji využívá numerického řešení – např. program NONSTAC [4] řeší numericky diferenciální rovnici (4a) pro jednorozměrné vedení tepla. Umožňuje zadat závislost tepelně technických vlastností na teplotě pomocí kvadratických polynomů. Součinitel přestupu tepla α zahrnuje jak přestup tepla prouděním α_k , tak přestup tepla sáláním α_s .

4 NAPJATOST

Podle ČSN EN 1996-1-2 [5] lze požární odolnost zděných stěn ověřit výpočtem, v němž se přihlíží ke způsobu porušení stěny namáhané požárem, k vlastnostem hmot závislých na teplotě, ke štíhlosti a k účinkům tepelné roztažnosti a deformacím.

Výpočtovou metodou může být

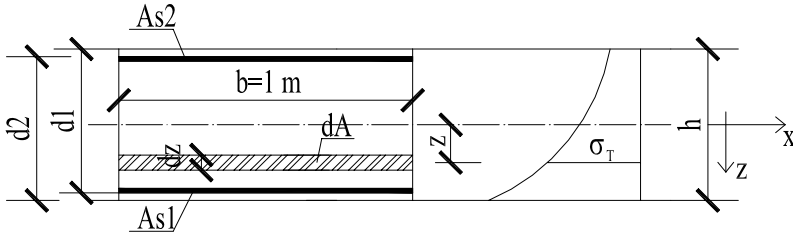
- globální analýza konstrukce, jejímž cílem je vyjádřit chování nosných prvků, jejich sestav nebo celé konstrukce
- zjednodušený výpočtový model specifických druhů prvků

Platnost výpočtových metod by měla být ověřena porovnáním vypočtené požární odolnosti s výsledky zkoušek, což je však v daném případě již nemožné. V poznámce citované normy se však rovněž uvádí, že podrobná výpočtová metoda pro zděné konstrukce není dosud k dispozici.

Proto bude použita metoda stanovení vnitřní napjatosti postupem podle zásad statiky a pružnosti v souladu s odbornou literaturou, viz např. [3], [4], [6]. Výsledné vnitřní síly vlivem nelineárního průběhu teplot v průřezu lze pak stanovit podle vztahů

$$N = \int_A \sigma \cdot dA = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma \cdot b \cdot dz, \quad (9)$$

$$M = \int_A \sigma \cdot z \cdot dA = \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma \cdot z \cdot b \cdot dz. \quad (10)$$



Obr. 2: Princip stanovení ohybového momentu M_T od nerovnoměrného rozdělení teplot.

4.1 Přetvárné charakteristiky zdiva

Při výpočtu napjatosti a přetvoření je nezbytné zadat odpovídající moduly přetvárnosti zdiva. ČSN 73 1101 [7] definuje tzv. tečnové a sečnové moduly přetvárnosti. Pro výpočet dlouhodobých účinků zatížení zpravidla použijeme sečnový modul E_{def1} , zatímco pro krátkodobé a dynamické účinky tečnový modul E_{def2} .

Sečnový modul je závislý na úrovni napětí. Pro obor napětí

$$0 < \sigma \leq \frac{2}{3} \cdot k_m \cdot R_d \quad (11)$$

je modul přetvárnosti

$$E_{def1} = \alpha \cdot k_m \cdot R_d \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{2 \cdot k_m \cdot R_d} \right) \quad (12)$$

a pro interval

$$\frac{2}{3} \cdot k_m \cdot R_d < \sigma \leq k_m \cdot R_d \quad (13)$$

je

$$E_{def1} = 1,2 \cdot \alpha \cdot k_m \cdot R_d \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{1,5 \cdot k_m \cdot R_d} \right), \quad (14)$$

kde

α je součinitel přetvárnosti zdiva podle tab.6 v [7],

k_m je součinitel pevnosti zdiva, které pro cihelné a kamenné zdivo nabývá hodnoty $k_m = 2,1$,

R_d je výpočtová pevnost zdiva v tlaku podle tab.2 v [7].

Modul přetvárnosti zdiva ve smyku se zavádí hodnotou

$$G_{def} = 0,4 \cdot E_{def2}, \quad (15)$$

kde

$$E_{def2} = \alpha \cdot k_m \cdot R_d \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{1,1 \cdot k_m \cdot R_d} \right). \quad (16)$$

Závislost poměrného stlačení zdiva ε , které nezahrnuje účinek dotvarování, na velikosti napětí σ je určena vztahem

$$\varepsilon = \frac{1000}{\alpha} \cdot \varepsilon_a, \quad (17)$$

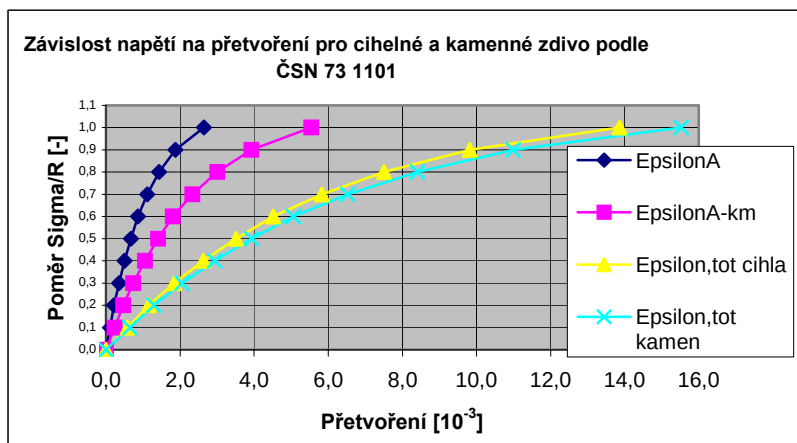
kde ε_a je poměrné stlačení zdiva pro $\alpha = 1000$, tj.

$$\varepsilon_a = -\frac{1,1}{1000} \cdot \ln \left(1 - \frac{\sigma}{1,1 \cdot k_m \cdot R_d} \right). \quad (18)$$

Účinek dlouhodobě působícího zatížení se zavádí hodnotou (včetně účinků dotvarování)

$$\varepsilon_{tot} = k_{tot} \cdot \varepsilon, \quad (19)$$

kde $k_{tot} = 2,5$ pro zdivo z cihlářských výrobků a $k_{tot} = 2,8$ pro zdivo kamenné [7].



Obr. 3: Závislost napětí na přetvoření cihelného a kamenného zdiva podle ČSN 73 1101.

Evropská přednorma ČSN EN 1996-1-2 Navrhování zděných konstrukcí [5] již žádné podrobnější informace o vztahu napětí a přetvoření neposkytuje. Ve výpočtech lze uvažovat vztah mezi napětím a poměrným přetvořením (pracovní diagram zdiva) jako parabolický, parabolicko obdélníkový nebo obdélníkový.

Krátkodobý sečnový modul pružnosti E je nutno pro podmínky mezních stavů použitelnosti stanovit zkouškami. Modul pružnosti je určen při tlaku, který se rovná jedné třetině největší pevnosti zkušebního tělesa, které je při zkoušce podle EN 1052-1 dosaženo.

Pokud není při výpočtu konstrukce k dispozici hodnota modulu pružnosti E určená zkouškami, lze podle Národní přílohy pro ČR pro podmínky běžného provozu uvažovat krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva

$$E = \alpha_{\text{sec}} \cdot f_k, \quad (20)$$

kde α_{sec} je součinitel stanovený v závislosti na druhu použitých zdících prvků a pevnosti obyčejné zdicí malty v tlaku podle ČSN EN 1996-1-2 [5].

Ve výpočtech podle mezních stavů použitelnosti se doporučuje uvažovat modul pružnosti obdobně jako ve zjednodušené metodě stávající ČSN 73 1101 [7] hodnotou

$$E_{\text{def}} = 0,6 \cdot E. \quad (21)$$

5 PŘÍKLAD

Ukážeme si nyní výše zmíněné teoretické postupy na konkrétním příkladu zděné konstrukce (restaurace), která vyhořela. Větší část konstrukce se při požáru zřítla a zbylé části (obvodové stěny aj.) byly po požáru strženy.

5.1 Vznik a intenzita požáru

Požár řešené zděné konstrukce byl nahlášen 11. května 2000 v 01.56 hod. Čas vzniku požáru nebylo možno určit přesně, vzhledem k jeho intenzitě je odhadován mezi 1.00 až 1.30 hod. V době příjezdu prvních požárních jednotek v čase 02.15 hod se již objekt nacházel ve třetí fázi hoření, kdy již byla zasažena celá půdorysná plocha při intenzivním hoření. Ve vzdálenosti cca 5 m od hořící restaurace byl bezprostředně ohrožen sálavým teplem a možností přenosu požáru další objekt ubytovny. Proto byly veškeré síly a prostředky nasazeny na záchranu bývalé ubytovny a místnosti sálu v restauraci. Přes provedený zásah se však strop nad sálem nepodařilo zachránit a došlo k jeho zřícení.



Obr. 4: Celkový pohled (vlevo) a pohled z jižní strany (vpravo) na požárem zasažený objekt.

Zásah byl zahájen v 02.16 hod., doba volného rozvoje požáru činila 45 až 75 min, konečná likvidace požáru byla provedena až v 15.45 hod. Doba hoření s ohledem na volný rozvoj požáru byla určena přibližně na 9 hod (ještě v 10.00 hod prováděli hasiči likvidaci požáru v bývalé místnosti sálu). Na požářiště bylo dopraveno 290 000 l hasiva (vody), během likvidace požáru došlo ke zřícení střešní konstrukce a zdiva 2.NP včetně zřícení dřevěného stropu nad hlavním sálem.

Stav zděných konstrukcí po požáru (před strhnutím zbývajících částí objektu) je dobře patrný z fotodokumentace ve spisu o požáru [8], ze kterého jsou obě fotografie na obrázku 4.

5.2 Požární zatížení

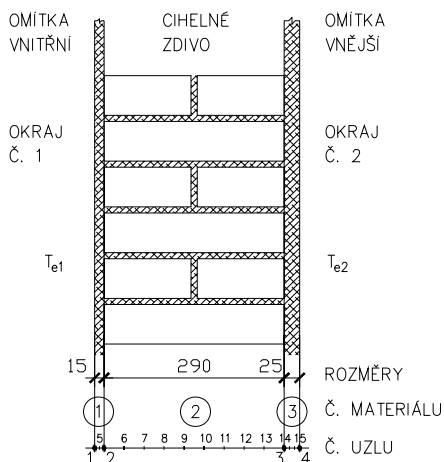
Vzhledem k tomu, že zbytky objektu byly zlikvidovány a původní projektová dokumentace se nedochovala, nelze v tomto případě stanovit přesně požární zatížení. Na intenzitu požárního zatížení lze pouze usuzovat z intenzity požáru v době zásahu (třetí fáze hoření) a některých údajů v rozpočtu vzniklých škod. Např. v posudku znalce Ing. Pavlovského [9] se v položkovém rozpočtu uvádí objem dřevěných prvků vyhořelého krovu:

konstrukce tesařské	76 150,71 kg
konstrukce truhlářské	11 664,45 kg
<u>podlahy vlysové a povlakové</u>	<u>1 846,19 kg</u>
Celkem dřevní hmota	89 661,35 kg

K tomuto požárnímu zatížení je dále nutno připočítat další hořlavé předměty a látky uvnitř objektu, jako je nábytek, nátěry atd. Při normové hodnotě výhřevnosti jehličnatého dřeva 17 MJ.kg^{-1} [10] se tak při požáru mohlo uvolnit až 1524,243 GJ tepla.

Numerické řešení teplotního pole

Dělení konstrukce na jednotlivé materiálové vrstvy a body pro výpočet teplotního pole a napjatosti během požárního zatížení je zřejmé z obrázku 5. Numerické řešení diferenciální rovnice (4a) je řešeno podle [11].



Obr. 5: Schéma dělení konstrukce na jednotlivé prvky a uzly.

Protože se původní projektová dokumentace nedochovala a zdivo bylo zbouráno, jsou pro výpočet a posouzení použity údaje ze soudního spisu, a to konkrétně ze znaleckého posudku (rozpočtu) [9], kde je uvažováno zdivo tl. 300 mm P25/MVC2,5.

Pro výpočet je tedy uvažováno zdivo z cihel plných klasického formátu skladebné tloušťky 300 mm s oboustrannou omítkou a teploty vnějšího prostředí s následujícími parametry:

- pevnost zdiva je uvažována pro cihly pevnostní třídy P25 MPa a maltu MVC2,5 MPa
- objemová hmotnost zdiva je uvažována průměrnou hodnotou 1800 kg.m^{-3}

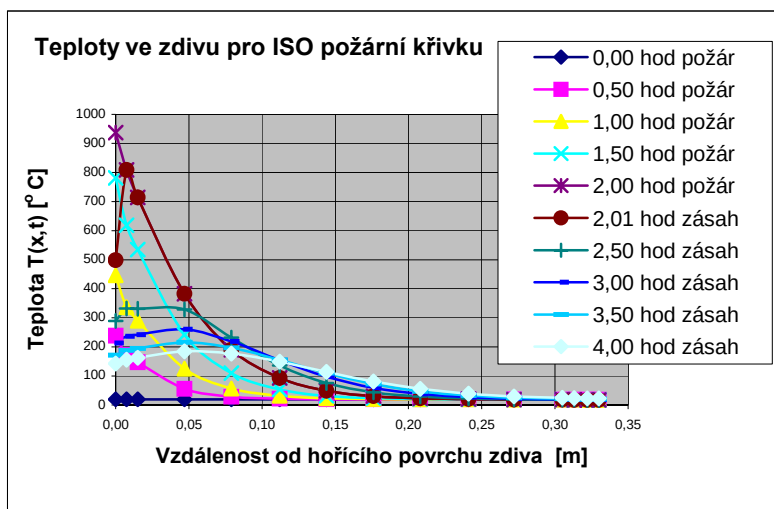
Teplotní nárůst požáru na vnitřním povrchu zdiva T_{e1} je uvažován podle normové teplotní křivky v souladu s normami ČSN a EC. Teplota vnějšího prostředí je uvažována s konstantní teplotou, vzhledem k jarnímu období a nočním teplotám při požáru je do výpočtu zavedena teplota $T_{e2} = 15^\circ\text{C}$

Délka trvání normové požární křivky je na straně bezpečné uvažována 2 hod (ačkoliv ve skutečnosti požární zásah trval déle, avšak za současného probíhajícího hašení). Další 2 hodiny je simulováno ochlazování nahřátého vnitřního líce zdiva požární vodou při zásahu za těchto předpokladů:

Počáteční rozdělení teplot ve zdivu odpovídá numerickému řešení teplotního pole po 2 hodinách zatížení normovou teplotní křivkou. Teplota vnějšího prostředí je uvažována s konstantní teplotou, vzhledem k jarnímu období a nočním teplotám při požáru je do výpočtu zavedena teplota vody $T_{e2} = 10\text{ °C}$.

Výpočet byl proveden v programu NONSTAC [4] v časech po 0,05 hod (3minutách). Bylo uvažováno zatížení teplotní křivkou a poté i teplotní zatížení hasením zásahem.

Vypočtené teploty po průřezu zdiva jsou graficky znázorněny na obr. 6. Z výsledných teplot [4] vyplývá, že po 2 hodinách působení požáru na vnitřní líc omítnutého zdiva dosáhla maximální teplota povrchu omítky hodnoty 937 °C a teplota povrchu cihel 714 °C , zatímco na vnějším povrchu teplota nepřesáhla 18 °C (ohřátí o necelé 3 °C).



Obr. 6: Teploty ve zdivu pro normovou požární křivku a následné ochlazení vodou.

Po prudkém ochlazování vnitřního povrchu další 2 hodiny chladnou vodou (používána voda z nedaleké vodoteče) s teplotou okolo 10 °C dochází ke snižování teploty na vnějším lici zdiva a ke stěhování vyšších teplot přesahujících cca 100 °C až do poloviny průřezu.

Toto nerovnoměrné rozdělení teplot se strmým gradientem teploty vyvolává tzv. vnitřní napjatost, přičemž zejména tahová napětí větší než pevnost pojiva a zdících prvků v tahu mohou zdivo značně narušit.

Pevnostní a přetvárné charakteristiky vrstev zdiva

Pevnostní charakteristiky zdiva potřebné pro posouzení stávající konstrukce se obvykle určují laboratorními zkouškami nebo měřením. V tomto případě ovšem bylo veškeré zdivo odvezeno na skládku před započítáním posouzení, takže pevnost zdiva P 25 na MVC 2,5 byla podle [7] uvažována těmito výpočtovými hodnotami:

- pevnost v tlaku $R_{m,c} = 2,0\text{ MPa}$
- pevnost v hlavním tahu, tahu za ohybu (porušení v rovné spáře) $R_{m,t} = 0,08\text{ MPa}$
- pevnost v hlavním tahu, tahu za ohybu (porušení zdícího prvku) $R_{m,t} = 0,03\text{ MPa}$

Pevnost malty MVC 2,5 pro zdění lze podle ČSN 72 2430-3 [12], resp. pro omítky podle ČSN 72 2430-4 [13], uvažovat minimálními hodnotami

- pevnost v tlaku $R_{m,c} = 2,5\text{ MPa}$

- pevnost v hlavním tahu, tahu za ohybu (porušení ve spáře) $R_{m,t} = 0,8 \text{ MPa}$

Součinitel teplotní roztažnosti se podle [7] uvažuje pro zdivo z cihlářských výrobků hodnotou $\alpha_t = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Vzhledem ke krátkodobému (z hlediska životnosti stavebního objektu), avšak intenzivnímu požárnímu zatížení, je modul pružnosti pro výpočet napjatosti uvažován hodnotou

$$E_{def} = \alpha_{sec} \cdot k_m \cdot R_d = 750 \cdot 2,1 \cdot 2,0 = 3150 \text{ MPa}.$$

Pro vnitřní omítku (předpokládá se vápenná) pevnosti nepřesahující 0,4 MPa pak dostáváme

$$E_{def} = \alpha_{sec} \cdot k_m \cdot R_d = 500 \cdot 2,1 \cdot 0,4 = 420 \text{ MPa}.$$

Pro vnější brizolitovou omítku (předpokládá se tvrdá cementová) pevnosti cca 5,0 MPa pak dostáváme

$$E_{def} = \alpha_{sec} \cdot k_m \cdot R_d = 1000 \cdot 2,1 \cdot 5,0 = 10500 \text{ MPa}.$$

S ohledem k charakteru omítkoviny odpovídající spíše cementovému potěru je pak ve výpočtu uvažováno s hodnotou $E_{def} = 10000 \text{ MPa}$.

Výsledná napětí jsou pak spočtena z dosažených teplot jak pro požární zatížení normovou křivkou, tak pro následné ochlazení vodou při hašení pomocí programu NONSTAC [4].

6 POSOUZENÍ EXTRÉMNÍCH NAPĚTÍ A PŘETVOŘENÍ

Přesné vymezení pojmů souvisejících s poruchami uváděla dnes již neplatná norma [14]:

- **vada konstrukce** je nedostatek konstrukce, způsobený chybným návrhem nebo provedením,
- **porucha konstrukce** je změna konstrukce proti původnímu stavu, která je vyvolána zatěžujícími účinky a vlivy ve stadiu realizace a užívání a která zhoršuje jejich spolehlivost a funkční způsobilost,
- **funkční způsobilost** je schopnost konstrukce plnit požadované nosné funkce z hlediska mezních stavů únosnosti a použitelnosti při působení statických a dynamických zatížení, požadované funkce z hlediska požární bezpečnosti, energetické náročnosti, z hlediska úspory tepla, akustiky, bezpečnosti provozu a užitných vlastností a z hlediska požadavků zdravotní nezávadnosti a ochrany zdraví.

Norma [14] byla v roce 2005 nahrazena novým předpisem [21], kde již tyto charakteristiky v takovém znění uvedeny nejsou. Navrhování pozemních staveb se v minulosti a v řadě případů i dosud opírá o empirii. Teprve v první polovině 20. století se postupně začínají uplatňovat analytické a teoretické postupy a metody při navrhování zejména nosných částí budov.

Při hodnocení technického stavu objektů je třeba zaměřit průzkumy v návaznosti na požadavky uvedené v § 47 Stavebního zákona č. 50/1976 Sb. [15] (včetně pozdějších novel). Tyto požadavky jsou shodné s Hlavními požadavky (Essential Requirements), stanovenými Směrnicí Rady Evropských společenství (Council Directive 89/106/EEC), a to:

- **mechanická odolnost a stabilita**
- **bezpečnost v případě požáru**
- hygiena, zdraví a životní prostředí
- bezpečnost při užívání
- ochrana proti hluku
- hospodárnost při využití energie a tepelné ochraně

V posuzovaném případě bude rozhodující zejména požadavek na mechanickou odolnost a stabilitu, popř. schopnost poškozené konstrukce odolat dalšímu požárnímu zatížení. Je třeba podotknout, že i nově vybudovaný a opravený objekt musí pro úspěšnou kolaudaci splňovat požadavky současně platných norem a stavebních předpisů.

6.1 Posouzení přetvoření

Výpočet zděných prvků a konstrukcí, u nichž se v omítce nepřipouští vznik trhlin, se pro mezní stav přetvoření provádí pro účinky provozních zatížení, která působí po zhotovení povrchových vrstev a pro účinky ostatních provozních zatížení, která vyvolávají dlouhodobá přetvoření [7].

Poměrná tahová přetvoření nesmí přestoupit hodnoty $\varepsilon_{t,\text{lim}}$, které nabývají hodnot pro

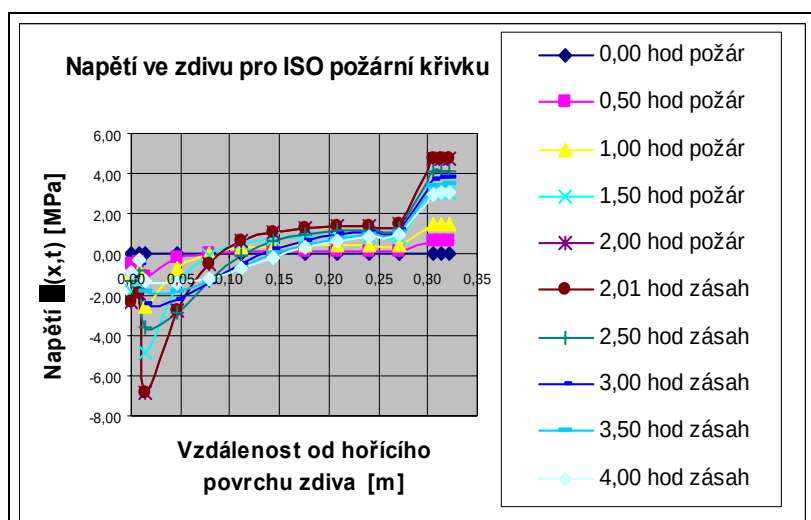
- obvyklé omítky v zazubené spáře $\varepsilon_{t,\text{lim}} = 0,20 \cdot 10^{-3}$
- obvyklé omítky v rovné spáře $\varepsilon_{t,\text{lim}} = 0,15 \cdot 10^{-3}$
- cementové omítky vystavené hydrostatickému tlaku $\varepsilon_{t,\text{lim}} = 0,08 \cdot 10^{-3}$
- kyselinovzdorné omítky $\varepsilon_{t,\text{lim}} = 0,05 \cdot 10^{-3}$

Při porovnání s hodnotami poměrných přetvoření, která vznikají od účinků teplot při požáru je zřejmé, že u většiny objektů může dojít ke vzniku trhlin.

Uvážíme-li např. při gradientu teploty $\Delta T = 937 - 15 = 922 \text{ } ^\circ\text{C}$ výsledné přetvoření $\varepsilon_t = \alpha_t \cdot \Delta T = 0,5 \cdot 10^{-5} \cdot 922 = 4,61 \cdot 10^{-3}$, vychází hodnoty větší než maximální mezní hodnota pro obvyklé omítky v zazubené spáře podle ČSN [7], $\varepsilon_{t,\text{lim}} = 0,20 \cdot 10^{-3}$.

6.2 Posouzení extrémních napětí

Z vypočtených napětí, která byla pro přehlednost vykreslena pro jednotlivé časy na obr. 7, vyplývá, že během požáru a následného zásahu byly výrazně překročena jak napětí v tahu, tak i tlaku. Překročením výpočtových pevností dochází k porušení průřezu zdiva trhlinami, narušení celistvosti zdiva a postupné ztrátě únosnosti. Vlivem promočení zdiva velkým množstvím vody při hašení rovněž dochází k dalšímu snížení jeho mechanicko-pevnostních parametrů.



Obr. 7: Napjatost ve zdivu pro normovou požární křivku a následné ochlazení vodou.

Vzhledem k tomu, že nebyla možnost před posouzením této poškozené konstrukce vizuálně posoudit stupeň porušení zdiva po požáru, lze rovněž vycházet ze stanoviska tehdy přizvaného znalce Ing. Stanislava Daňka a jeho vyjádření ve znaleckém posudku [16], [17], kde se uvádí, ...že hlavním důvodem pro odstranění konstrukcí byl jejich technický stav narušený požárem a protipožárním zásahem. Tato tvrzení rovněž dokládají stanoviska stavební firmy při provádění bouracích prací [18] a následné vydání rozhodnutí o odstranění stavby [19]. Na základě provedených teplotních a napjatostních analýz zdiva se pak lze s tímto stanoviskem ztotožnit.

6.3 Posouzení mezní štíhlosti a stability

Vlivem požáru rovněž došlo ke zřícení stropních konstrukcí a krovu, které přispívají ke stabilitě stěn. U obdélníkových průřezů lze stanovit štíhlostní poměr pro posuzované volně stojící zdivo podle vztahu v ČSN 73 1101 [7]

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \cdot \sqrt{\frac{1000}{\alpha}} = \frac{12,0}{0,0866} \cdot \sqrt{\frac{1000}{750}} = 160$$

kde poloměr setrvačnosti i obdélníkového průřezu zdiva o jednotkové šířce $b = 1$ m a tloušťce v rovině možného vybočení $h = 0,3$ činí

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{b \cdot h}} = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot \sqrt{h^2} = 0,289 \cdot h = 0,289 \cdot 0,3 = 0,0866 \text{ m}$$

a vzpěrná délka pro neopřené (volné) zhlaví volně stojící stěny o výšce minimálně dvou podlaží $h_w = 2,3 = 6,0$ m (u komínového zdiva však ještě větší)

$$l_{ef} = 2,0 \cdot h_w = 2,0 \cdot 6,0 = 12,0 \text{ m}.$$

Mezní štíhlostní poměry nejsou v ČSN 73 1101 [7] přímo uvedeny, pro takto vysokou hodnotu se však součinitel vzpěru blíží k nule (tabulka v ČSN končí pro $\lambda = 125$, pro součinitel vzpěrnosti $\varphi = 0,22$). Při tak vysokém štíhlostním poměru je několikrát překročena mezní únosnost zdiva a ohrožena jeho stabilita.

V evropské přednormě ČSN EN 1996-1-1 [20] je štíhlost zděných prvků h_{ef}/t_{ef} omezena hodnotou 27

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} = \frac{12,0}{0,3} = 40 \gg 27,$$

což je v případě volně stojících stěn rovněž překročeno.

7 ZÁVĚR

V tomto příspěvku bylo ukázáno teoreticky i na konkrétním příkladu, jakým způsobem se dá stanovit zbytková únosnost zděné konstrukce vystavené účinkům konkrétního požárního zatížení. Jsou zde uvedeny teoretické postupy pro výpočet požárního zatížení, určení teplotního pole, napjatosti konstrukce nebo posouzení mezní štíhlosti a stability. Obecné postupy jsou následně aplikovány na zděný objekt vystavený účinkům požáru.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek je podporován ze státního rozpočtu České republiky prostřednictvím Grantové agentury ČR. Registrační číslo projektu je 103/05/H036.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty. ČNI, prosinec 2000.
- [2] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. ČNI, srpen 2004.
- [3] Klečková, M.: Nestacionární teplotní pole a napjatost ve strojních částech. Praha, SNTL 1979.
- [4] Čajka, R.: Teoretické vztahy a numerické řešení nestacionárního teplotního pole, verze 1.3 a program NONSTAC, verze 1.8, Ostrava 11/1997.
- [5] ČSN EN 1996-1-2 Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. ČNI 2006.
- [6] Valchařová, J.: Soudobé numerické metody v mechanice kontinua. Praha, SNTL 1986.
- [7] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí; 1980, a-82, b-87
- [8] Odborné požární vyjádření č.j. 506/2000/HZS/P-Sv, evidenční číslo události 3806 00 0279, včetně fotodokumentace a dodatku z požáru bývalé restaurace o dvou nadzemních podlažích v obci Kružberk č.p. 10 ze dne 11. května 2000, Okresní úřad Opava, okresní požární rada, Opava 24.08.2000, dodatek 5.3.2002
- [9] Znalecký posudek č. 103/01 „Stanovení rozsahu škody způsobené požárem a hasením zásahem dne 11.5.2000 na provozním objektu č.p. 10 v Obci Kružberk, okres Opava, objekt stojí na pozemku p.č. 18/2, kat. území Kružberk“, Ing. Josef Pavlovský, Bílovice nad Svitavou, v Brně 28.03.2001
- [10] ČSN 73 0823 Požární bezpečnost staveb. Výhřevnost hořlavých látek, 12/1992.
- [11] Nevřiva, P.: Simulace řídicích systémů na číslicovém počítači. Praha, SNTL 1975.
- [12] ČSN 72 2430-3 Malty pro stavební účely. Část 3: Malty pro zdění, výrobu keramických dílců a stykové malty, 1992.
- [13] ČSN 72 2430-4 Malty pro stavební účely. Část 4: Malty pro omítky, 1992.
- [14] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách; 1986.
- [15] Zákon č. 50/1976 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- [16] Znalecký posudek číslo 275/00 „Posouzení technického stavu objektu restaurace Kružberk, Ing. Stanislav Daněk, Opava 7.6.2000
- [17] Dodatek znaleckého posudku číslo 275/00 „Posouzení technického stavu objektu restaurace Kružberk, Ing. Stanislav Daněk, Opava 18.12.2000
- [18] Vyjádření k odstranění suti z vyhořelého objektu na Kružberku č.p. 10, Drozdek – rozvoj s.r.o., Opava 24.5.2004
- [19] Rozhodnutí č.j. 1458/2000-Ma o povolení odstranění stavby restaurace na stavební parcele 18/2 v kat. území Kružberk, Městský úřad Budišov nad Budišovkou, odbor výstavby a územního plánování, Budišov nad Budišovkou 13.11.2000
- [20] ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby – Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, ČNI 2007.
- [21] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí, ČNI 2005.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Petr Kučera

Vít KRIVÝ¹

VLIV KOROZE NA SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH PRUTOVÝCH KONSTRUKCÍ

Abstract

This paper deals with the application of the probabilistic SBRA method to the reliability assessment of steel bar structures, whereas main attention is paid to the evaluation of possible corrosion effects. Advances in computer technology and informatics create assumptions for apposite reliability evaluation of new designed as well as existing structures exposed to corrosion effects. Utilization of probabilistic simulation-based methods can offer to designers quite easy, but simultaneously efficient and applicable tool for analysis of steel structures exposed to corrosion effects. It is so possible to design new structures with respect to the required durability using this method or to evaluate the residual service life of existing structures.

1 ÚVOD

Koroze (tj. znehodnocování materiálu způsobené chemickými nebo fyzikálně chemickými reakcemi mezi materiálem a prostředím, které ho obklopuje) je jedním z nejvýznamnějších degradačních činitelů ovlivňujících spolehlivost a tím také ekonomiku ocelových konstrukcí. Úkolem projektanta ocelových konstrukcí je navrhnout vhodnou protikorozi ochranu (např. nátěr, pokovování, nerezavějící či patinující ocel apod.). Optimální ochrana ocelové konstrukce je taková, kdy součet nákladů na výrobu, montáž, protikorozi ochranu, údržbu a demontáž ocelové konstrukce je minimální. Aby mohl projektant provést optimalizaci výše uvedených nákladů vedoucí k ekonomickému návrhu ocelové konstrukce, musí mít k dispozici dostatečně výkonný nástroj, umožňující vyhodnocení spolehlivosti (tj. bezpečnosti, použitelnosti a trvanlivosti) konstrukce vystavené možným účinkům koroze.

Kromě návrhu nových konstrukcí jsou projektanti-statici velmi často vystaveni problematice hodnocení spolehlivosti stávajících ocelových konstrukcí, u kterých již začal a do určité míry postoupil proces degradace základního materiálu korozi. Velmi často se jedná o objekty industriálního charakteru vystavené přímým negativním účinkům venkovního a někdy i vnitřního prostředí (v důsledku průmyslové výroby často velmi agresivního), jako jsou například potrubní a dopravníkové mosty, elektroodlučovače elektráren, skládkové stroje, zásobníky sypkých a tekutých materiálů, obslužné lávky apod. Koroze samozřejmě ovlivňuje také spolehlivost neindustriálních objektů s ocelovou nosnou konstrukcí. Kromě agresivního prostředí jsou častou příčinou vzniku koroze nevhodně navržené detaily (dochází např. ke kumulaci nečistot a vlhkosti) nebo zanedbaná údržba konstrukce (pravidelné čištění problematických částí konstrukce, oprava či obnova protikorozi ochrany), viz obrázek 1.

Koroze se může projevovat velmi rozdílně, a to nejen podle povahy prostředí, ale také podle vlastností kovových materiálů a různých podmínek. Jednotlivá korozi napadení lze obecně rozdělit na dva druhy, tj. na korozi rovnoměrnou a nerovnoměrnou [1]. Rovnoměrná koroze se projevuje při vizuálním pozorování jako napadení po celém povrchu kovu s přibližně stejným úbytkem materiálu. Nerovnoměrná koroze je napadení, které probíhá nerovnoměrně nejen na povrchu kovů, ale i uvnitř. Tato koroze je vzhledem k náročnější identifikaci a vyhodnocení více nebezpečná. Nerovnoměrná napadení ocelových součástí lze rozdělit na makroskopická (především důlková, bodová a šterbinová koroze) a mikroskopická (mezikrystalická a transkrystalická koroze), podrobnosti viz [1]. V další části příspěvku bude pozornost věnována především vlivu rovnoměrné koroze, popřípadě

¹ Ing. Vít Krivý, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 363, e-mail: vit.krivy@vsb.cz.

nerovnoměrné makroskopické koroze, u které lze s dostatečnou přesností a výstižností stanovit oslabení základního materiálu od účinků koroze.



Obr. 1: Vlevo nahoře: nevhodný detail (dochází ke kumulaci sypkého materiálu); Vpravo nahoře: nevhodný detail (dochází k zadržování vody); Vlevo dole: zanedbaná údržba uložení sloupů (znečištěný základ); Vpravo dole: zanedbaná obnova protikorozní ochrany (důlková koroze).

2 POUŽITÝ MODEL PRO STANOVENÍ DEGRADACE MATERIÁLŮ

Za základní parametr spolehlivosti konstrukce se považuje rezerva spolehlivosti $G(t)$, která je v inženýrských postupech teorie spolehlivosti popsána rovnicí:

$$G(t) = R(t) - E(t) . \quad (1)$$

Náhodně proměnné hodnoty odolnosti konstrukce $R(t)$ a odezvy konstrukce na zatížení $E(t)$, jakož i výsledná rezerva spolehlivosti $G(t)$ jsou obecně hodnoty závislé na čase. Odolnost prvků ocelové prutové konstrukce se s časem mění v důsledku působení různých degradačních činitelů, především pak koroze. Podobně se s časem mění i odezva zatížení, ať již v důsledku změny samotného zatížení, tak také změnou výpočetního modelu konstrukce pro stanovení odezvy konstrukce na zatížení právě následkem degradace materiálu jednotlivých prvků konstrukce.

Pro stanovení časově závislých průřezových charakteristik jednotlivých prvků konstrukce je zapotřebí mít k dispozici model pro výpočet korozivního úbytku materiálu. V další části bude uvažován model korozivního úbytku podle Frangopola [2] a [3]:

$$d_{corr} = A_0 \cdot t^{A1} , \quad (2)$$

kde t je čas v letech, A_0 a A_t jsou časově nezávislé koeficienty. Výše uvedená závislost byla stanovena matematickou aproximací hodnot získaných měřením korozivních úbytků pásnic ohýbaných nosníků v mostní roštové soustavě (příslušné hodnoty koeficientů A_0 a A_t pro jednotlivé mostní prvky jsou uvedeny v [3]).

Tabulka 1: Popis typických prostředí pro odhad stupně korozní agresivity podle [6].

Stupeň korozní agresivity	Korozní agresivita	Typická prostředí (příklady)	
		Vnitřní prostředí	Vnější prostředí
C1	velmi nízká	Vytápěné prostory s nízkou relativní vlhkostí a zanedbatelným znečištěním, např. kanceláře, školy, muzea.	Suché nebo studené klimatické oblasti s velmi nízkým znečištěním a dobou ovlhčení, např. některé pouště, střední Antarktida.
C2	nízká	Nevytápěné prostory s proměnlivou teplotou a relativní vlhkostí. Nízká četnost výskytu kondenzace a nízké znečištění, např. sklady, sportovní haly.	Mírná klimatická oblast, atmosféry s nízkým znečištěním ($\text{SO}_2 < 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), např. venkovské oblasti, malá města. Suché nebo studené klimatické oblasti s nízkým znečištěním, např. pouště, subarktické oblasti.
C3	střední	Prostory se střední četností výskytu kondenzace a se středním znečištěním z výrobních procesů, např. výroby potravin, prádelny, pivovary.	Mírná klimatická oblast se středním znečištěním (SO_2 : $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ až $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nebo malým vlivem chloridů, např. městské oblasti, přímořské oblasti s nízkým spadem chloridů. Tropické klimatické oblasti s nízkým znečištěním.
C4	vysoká	Prostory s vysokou četností výskytu kondenzací a vysokým znečištěním z výrobních procesů, např. průmyslové výrobní provozy, plavecké bazény.	Mírná klimatická oblast s vysokým znečištěním (SO_2 : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ až $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nebo značným vlivem chloridů, např. znečištěné městské oblasti, průmyslové oblasti, přímořské oblasti mimo zóny s postřikem slanou vodou, silný vliv solí rozmrazovacích prostředků. Tropické klimatické oblasti se středním znečištěním.
C5	velmi vysoká	Prostory s téměř trvalým výskytem kondenzací a/nebo s vysokým znečištěním z výrobních procesů, např. důlní prostory, podzemní výrobní prostory, neprovětrávané přístřešky v tropických oblastech.	Mírná klimatická oblast s velmi vysokým znečištěním (SO_2 : $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ až $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a/nebo silným vlivem chloridů, např. průmyslové oblasti, přímořské oblasti, zóny s postřikem slanou vodou. Tropické klimatické oblasti s silným znečištěním a/nebo se silným vlivem chloridů.

Kromě výstižné aproximace naměřených hodnot korozivních úbytků lze výše uvedený vztah použít také k počátečnímu odhadu závislosti korozivního napadení na čase. Nejsou-li k dispozici dostatečné údaje z předchozích měření, lze alternativně využít údaje z odborné literatury [1] či přísluš-

ných norem. Pro případ atmosférické koroze lze potřebné údaje najít v normách [4], [5] a [6]. Stupeň korozní agresivity atmosfér (C1 až C5) lze určit na základě klasifikace úrovní znečištění [4] a [7] nebo na základě změřené korozní rychlosti standardních vzorků [4] a [8]. Pro odhad stupně korozní agresivity lze využít také tabulku 1. Směrné hodnoty korozních rychlostí uhlíkové oceli v atmosférách s různým stupněm korozní agresivity jsou uvedeny v tabulce 2 (korozní rychlost uhlíkové oceli není během prvních 10 let konstantní).

Tabulka 2: Směrné hodnoty korozních rychlostí uhlíkové oceli v atmosférách s různým stupněm korozní agresivity podle [4], [5]

Korozní rychlost r_{corr} [μm /rok] pro první rok expozice pro následující stupně korozní agresivity				
C1	C2	C3	C4	C5
$r_{corr} \leq 1,3$	$1,3 < r_{corr} \leq 25$	$25 < r_{corr} \leq 50$	$50 < r_{corr} \leq 80$	$80 < r_{corr} \leq 200$
Průměrná korozní rychlost r_{av} [μm /rok] pro prvních 10 let expozice pro následující stupně korozní agresivity				
C1	C2	C3	C4	C5
$r_{av} \leq 0,5$	$0,5 < r_{av} \leq 5$	$5 < r_{av} \leq 12$	$12 < r_{av} \leq 30$	$30 < r_{av} \leq 100$
Ustálená korozní rychlost r_{lin} [μm /rok] pro následující stupně korozní agresivity				
C1	C2	C3	C4	C5
$r_{lin} \leq 0,1$	$0,1 < r_{lin} \leq 1,5$	$1,5 < r_{lin} \leq 6$	$6 < r_{lin} \leq 20$	$20 < r_{lin} \leq 90$

Pozn.: Hodnoty uvedené v tabulce 2 odpovídají korozivnímu úbytku na jednom exponovaném povrchu materiálu. V programu MCD 1.2 (viz kapitola 3) se zadávají parametry pro celkový korozivní úbytek pásnice či stojiny, což odpovídá výsledkům měření oslabené tloušťky dané části prvku. Například pro stupeň korozní agresivity 4 lze očekávat průměrný roční úbytek materiálu pásnice a stojiny posuzovaného „I“ profilu pro prvních 10 let expozice v rozmezí 24 až 60 μm . Předpokládaný rozptyl hodnot lze jednoduše modelovat vhodným rozdělením pravděpodobnosti.

3 SOFTWARE MCD 1.2

V následující kapitole je pozornost zaměřena na popis softwarového produktu MCD 1.2, který byl vytvořen jako program sloužící k pravděpodobnostnímu posudku spolehlivosti rovinných ocelových prutových konstrukcí vystavených účinkům koroze. Software je odvozen od produktu MCD 1.0, tj. základní program pro posudek spolehlivosti ocelových prutových konstrukcí bez účinků koroze, podrobnosti viz [9]. V produktu MCD 1.2 lze každému prutu posuzované konstrukce zadávat tři vstupní údaje týkající se vlivu koroze oceli na posudek spolehlivosti konstrukce (zadávací formulář je znázorněn na obrázku 2).

Prvním vstupním údajem jsou koeficienty A_0 a A_1 , které jsou součástí vztahu /2/ pro výpočet korozivního úbytku základního materiálu posuzovaného průřezu. Oba koeficienty je možno zadat jako konstantní hodnoty nebo jako náhodně proměnné veličiny. Jak již bylo uvedeno výše, hodnoty koeficientů A_0 a A_1 lze výstižně stanovit na základě výsledků měření posuzované konstrukce vystavené účinkům koroze nebo odhadnout v souladu s odbornou literaturou či předchozími zkušenostmi s provozem obdobných konstrukcí. Zavedením koeficientů A_0 a A_1 (popř. společně s dalšími vstupními údaji, viz níže) do analýzy konstrukce lze provést vyhodnocení spolehlivosti v libovolném časovém úseku její životnosti.

Druhým významným vstupním údajem je počáteční oslabení jednotlivých průřezů koroze. Charakteristika se zadává ve formě počátečního oslabení tloušťky pásnic a stojiny, což odpovídá výsledkům měření, která jsou provedena na posuzovaných konstrukcích vystavených účinkům koroze (kontrola ultrazvukem, ruční měření posuvným měřidlem atd.). Počáteční oslabení je opět možno zadat jako konstantní hodnotu nebo náhodně proměnnou veličinu. Program MCD 1.2 tak umožňuje, kromě predikce životnosti nově navrhovaných konstrukcí, také vyhodnocení únosnosti, použitelnosti a trvanlivosti stávajících konstrukcí, vystavených účinkům koroze.

Třetím vstupním údajem, který může uživatel zadat, je kvalita protikorozní ochrany. Uživatel programu přiděluje jednotlivým prutům konstrukce čas v letech, během kterého se předpokládá, že daný prvek konstrukce je chráněn a není tak vystaven nepříznivým účinkům koroze. Charakteristiku je opět možno zadat jako konstantní hodnotu nebo náhodně proměnnou veličinu.

Obr. 2: Program MCD 1.2 - formulář pro zadání dat o korozi.

Zadání konstrukce včetně zatížení, materiálových charakteristik a imperfekcí je totožné jako u programu MCD 1.0 [9]. Pokud si uživatel programu přeje výpočet se započítáním možných účinků koroze, je před vlastní analýzou metodou Monte-Carlo vyzván, aby zadal čas v letech, ve kterém má být proveden posudek spolehlivosti konstrukce. Posudek spolehlivosti tak lze provést v libovolném období předpokládané životnosti konstrukce. Obdobně jako u programu MCD 1.0 slouží k vyhodnocení spolehlivosti křivky pravděpodobnosti poruchy, které jsou programem automaticky vygenerovány pro posudek únosnosti i použitelnosti. Získané hodnoty pravděpodobností poruchy je rovněž možno uložit do textového souboru.

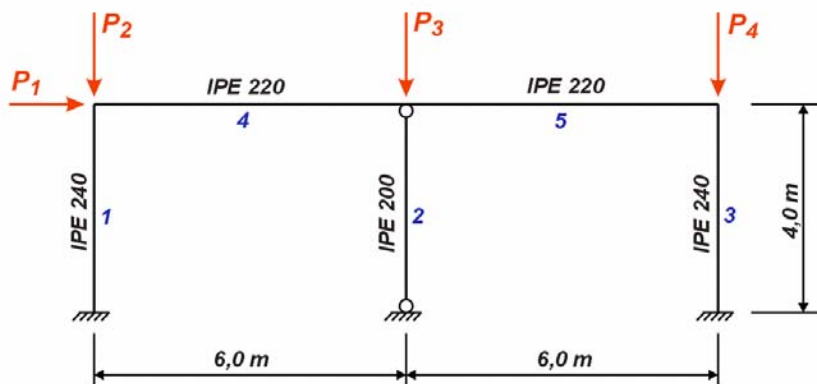
Je vhodné upozornit na skutečnost, že program MCD 1.2 není v žádném případě univerzálním statickým softwarem pro pravděpodobnostní analýzu ocelových konstrukcí vystavených účinkům koroze. Hlavním cílem a motivem bylo vytvořit uživatelsky příjemnou aplikaci, která by naznačila možnosti a případný směr dalšího vývoje v oblasti posuzování spolehlivosti ocelových konstrukcí (stávajících či nově navrhovaných) s využitím pravděpodobnostních simulačních metod. Produkt MCD 1.2 tak dostatečně zřetelně ukazuje, že pravděpodobností posudek ocelových konstrukcí může

být principiálně jednoduchý, přehledný a transparentní, což je jednou ze základních podmínek pro budoucí širší uplatnění pravděpodobnostních metod v projekční praxi.

4 MODELOVÝ PŘÍKLAD

4.1 Zadání

Využití programu MCD 1.2 pro posudek spolehlivosti ocelových prutových konstrukcí vystavených účinkům koroze je v následující kapitole naznačeno na posudku spolehlivosti portálového rámu s centrálním kyvným sloupem, viz obrázek 3. Předpokládá se, že materiálové vlastnosti oceli (mez kluzu), lokální a globální imperfekce prutové soustavy a jednotlivá zatížení jsou vzájemně statisticky nezávislé veličiny. Délka prutů a průřezové charakteristiky korozi neoslabených průřezů jsou v uvedeném příspěvku uvažovány jako konstantní hodnoty. Dále se předpokládá, že konstrukce je zajištěna proti vybočení z roviny rámu.



Obr. 3: Schéma geometrie a zatížení rámu.

Jednotlivá zatížení působící na konstrukci jsou uvažována jako vzájemně nezávislá a jsou vyjádřena, v souladu s postupy metody SBRA, křivkami trvání zatížení a odpovídajícími histogramy [10]. Zatížení jsou blíže specifikována v tabulce 3. Histogramy reprezentující jednotlivá zatížení jsou převzaty z databáze uvedené v [11]. Sloupy a příčle rámu jsou navrženy z válcovaných průřezů IPE, viz obrázek 3. Ocel je třídy S235. Hodnota meze kluzu oceli f_y je reprezentována návrhovým histogramem pro ocel S235, viz tabulka 4.

Tabulka 3: Zatížení konstrukce.

Zatížení		Maximální hodnota	Použitý histogram
Symbol	Popis		
P_1	Zatížení větrem	38 kN	Wind1.dis
P_2, P_4	Zatížení stálé	200 kN	Dead1.dis
	Zatížení nahodilé krátkodobé	100 kN	Short2.dis
	Zatížení nahodilé dlouhodobé	50 kN	Long1.dis
P_3	Zatížení stálé	400 kN	Dead1.dis
	Zatížení nahodilé krátkodobé	200 kN	Short2.dis
	Zatížení nahodilé dlouhodobé	100 kN	Long1.dis

Tabulka 4: Návrhové histogramy meze kluzu oceli [12].

Třída	Sortiment	Průměr	SModch	$f_{y,k}$	Min	Max
S235	profily (IPE, UPE, L, T)	292	15,9	266	244,3	339,7
	plochá ocel, hrubé profily		22,2	256	225,4	358,6
	plech		29,2	244	204,4	379,6
S355	profily (IPE, UPE, L, T)	398	23,9	359	326,3	469,7
	plochá ocel, hrubé profily		28,7	351	311,9	484,1
	plech		33,8	343	296,6	499,4

Má-li být konstrukce posouzena pouze z pevnostního hlediska v souladu s postupem podle Dutheila (bez potřeby vyčíslení vzpěrných délek a stanovení součinitelů vzpěrnosti), je nutné konstrukci posoudit podle teorie II. řádu, přičemž již od počátku musí být konstrukce sledována se všemi nedokonalostmi – imperfekcemi. V souladu s doporučeními normy [13] jsou všechny typy imperfekcí (geometrické, strukturální a konstrukční) zahrnuty do jedné náhradní geometrické imperfekce. Tyto ekvivalentní geometrické imperfekce lze rozdělit do dvou skupin - na globální ekvivalentní geometrické imperfekce prutové soustavy a lokální ekvivalentní geometrické imperfekce prutů. Ekvivalentní geometrické imperfekce soustavy ve formě počátečního natočení rámu ϕ je v řešeném příkladu zavedena pomocí useknutého histogramu s normálním rozdělením $N(\mu = 0, \sigma = 1 / 735)$ a hraničními hodnotami $\phi_{Max} = \pm 1 / 245$ [rad]. Hodnota ϕ_{Max} je stanovena pro posuzovaný rám jako návrhová hodnota spočtená v souladu s doporučením normy [13]. Ekvivalentní geometrické imperfekce prutů jsou podle normy [13] uvažovány počátečním prohnutím prutů s hodnotou maximální výchylky e_0 uprostřed prutu. Pro jednotlivé pruty rámu jsou hodnoty počátečního průhybu e_0 reprezentovány useknutými histogramy normálního rozdělení $N(\mu = 0, \sigma = L / 900)$ s hraničními hodnotami $e_{0,Max} = \pm L / 300$ [m], kde L je délka prutu. Algoritmus pro posudek konstrukce podle teorie II. řádu se zohledněním vlivu imperfekcí je součástí programu MCD 1.2.

Zadaná rámová konstrukce je řešena ve 2 variantách. V části 4.2 je proveden a vyhodnocen posudek únosnosti a použitelnosti konstrukce bez uvažování nepříznivých účinků koroze. Vyhodnocení spolehlivosti konstrukce vystavené účinkům koroze, včetně predikce dalšího spolehlivého fungování konstrukce, je naznačeno v části 4.3. Analýza je provedena na „typickém“ příkladě degradace nosné konstrukce, kdy dochází ke korozivnímu napadení spodní části nosných sloupů vystavených nepříznivým vlivům, jako jsou zvýšený kontakt s vlhkostí, kumulace sypkých materiálů či zvýšená koncentrace solí. Pro případ rovinné rámové konstrukce znázorněné na obrázku 3 se jedná o krajní sloupy 1 a 3.

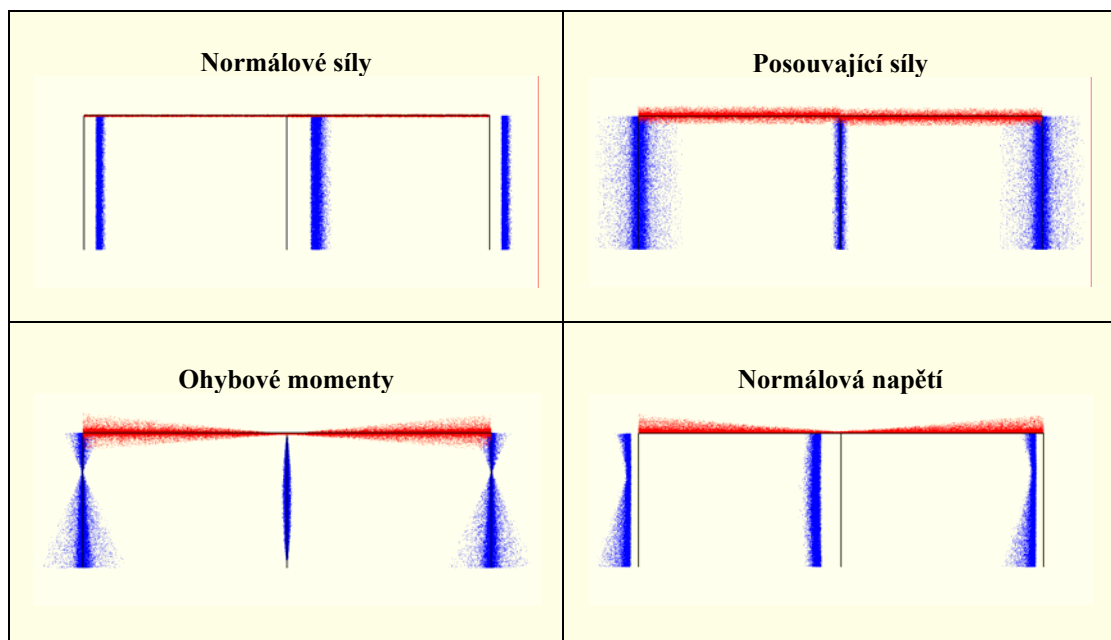
4.2 Posudek spolehlivosti bez uvážení vlivu koroze

Tradiční posudek rámových konstrukcí podle současných platných norem [13], [14] založený na lineární analýze a určení vzpěrných délek a součinitelů vzpěrnosti může být v mnoha případech značně nepřesný. Jako příklad lze uvést konstrukce portálových rámu, u kterých je kvůli zvýšení únosnosti a snížení vodorovného průhybu přičli umístěn prostřední kyvný sloup, viz řešená konstrukce znázorněná na obrázku 3 nebo práce [15]. Například podle normy [14] by neměl prostřední sloup přenášet téměř žádné zatížení kvůli vysoké hodnotě vzpěrné délky, pokud je rám klasifikován jako posuvný (sway frame). Výstižnější analýza podle teorie II. řádu však ukazuje na skutečnost, že prostřední kyvný sloup se významně podílí na přenosu svislých účinků zatížení [16]. Zároveň je potřeba poukázat na skutečnost, že geometricky nelineární analýza „běžných“ prutových konstrukcí již nepředstavuje pro výpočetní techniku významný časový a kapacitní problém.

Geometricky nelineární výpočetní model rovinných prutových konstrukcí je rovněž součástí programu MCD 1.2. Při analýze konstrukce programem MCD 1.2 je v každém simulačním kroku vygenerován nový vektor náhodně proměnných veličin (zatížení, mez kluzu oceli, imperfekce). Tento

postup umožňuje snadné provedení globální analýzy podle teorie II. řádu včetně přímého započítání vlivu ekvivalentních geometrických imperfekcí na odezvu konstrukce. Je-li analýza konstrukce provedena podle teorie II. řádu se započtením vlivu lokálních a globálních imperfekcí, pak je možno provést posudek únosnosti jednotlivých průřezů konstrukce pouze z pevnostního hlediska. Stabilitní posudek únosnosti se tak stane více transparentní a jednodušší. Odpadá problematika mnohdy ne- snadného a nepřesného určení vzpěrných délek.

Pro vizuální znázornění výsledků pravděpodobnostní analýzy konstrukce je možné nechat vykreslit rozptyl účinků zatížení pomocí množiny bodů, tzv. „mraveniště“, odpovídajících kombinacím jednotlivých vstupních náhodně proměnných veličin. Výsledné rozptyly ohybových momentů, vnitřních sil a maximálních normálových napětí jsou znázorněny na obrázku 4. Za povšimnutí stojí především průběhy vnitřních sil a napětí na vnitřním kyvném sloupu, kde v důsledku analýzy podle teorie II. řádu a zavedení počátečních imperfekcí prutů jsou identifikovány nezanedbatelné hodnoty ohybových momentů ve střední části prutu.

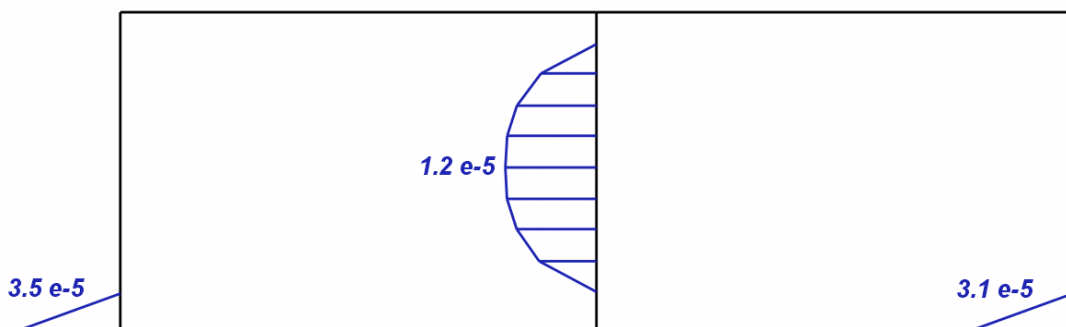


Obr. 4: Odezva konstrukce na zatížení.

Program MCD 1.2 umožňuje provedení výpočtu pravděpodobnosti poruchy v libovolném průřezu posuzované konstrukce. Toho lze využít pro vykreslení výsledků pomocí tzv. „křivek pravděpodobnosti poruchy“, viz [9]. Pomocí křivek pravděpodobnosti poruchy lze velmi jednoduše identifikovat místa v konstrukci, ve kterých hrozí zvýšené riziko překročení zavedeného mezního stavu. Statik tak získá přehled o úrovni spolehlivosti jednotlivých prvků konstrukce. Získaná data lze rovněž využít pro optimalizaci návrhu prvků konstrukce.

Pro posuzovanou rámovou konstrukci jsou křivky pravděpodobnosti poruchy znázorněny na obrázku 5 (křivky odpovídají analýze rámové konstrukce podle teorie II. řádu, provedeno bylo 5000000 simulací Monte-Carlo, porucha vztažena k překročení elastické únosnosti průřezu, výstup z programu MCD 1.2 byl upraven v grafickém editoru). Z průběhu křivek pravděpodobnosti poruchy vyplývá, že „kritickými“ místy posuzované konstrukce dolní části vnějších sloupů v místě vetknutí a prostřední část kyvného sloupu. Uvážíme-li za hodnotu návrhové pravděpodobnosti $P_d = 1 \cdot 10^{-4}$, pak všechny pruty posuzované konstrukce vyhoví z hlediska posuzovaného mezního stavu únosnosti.

Posudek použitelnosti rámové konstrukce je v řešeném příkladu vztažen k hodnotě tolerovatelné vodorovné deformace horních styčníků rámu $w_{lim} = H / 200$, kde H je výška rámu. Spočtená hodnota pravděpodobnosti poruchy pro 5000000 simulačních kroků je $P_f = 5,49 \cdot 10^{-2}$. Uvážíme-li za hodnotu návrhové pravděpodobnosti $P_d = 7 \cdot 10^{-2}$, pak rámová konstrukce vyhoví z hlediska posuzovaného mezního stavu použitelnosti.



Obr. 5: Křivky pravděpodobnosti poruchy pro posudek únosnosti.

4.3 Posudek spolehlivosti s uvážením vlivu koroze

V následující kapitole je naznačen možný postup vedoucí k vyhodnocení únosnosti a životnosti konstrukce vystavené účinkům koroze. Pro analýzu byl zvolen modelový případ, kdy dochází ke korozivnímu napadení spodní části nosných sloupů, vystavených nepříznivým atmosférickým vlivům, viz obrázek 6. Pro případ rámové konstrukce znázorněné na obrázku 3 se jedná o krajní sloupy 1 a 3.

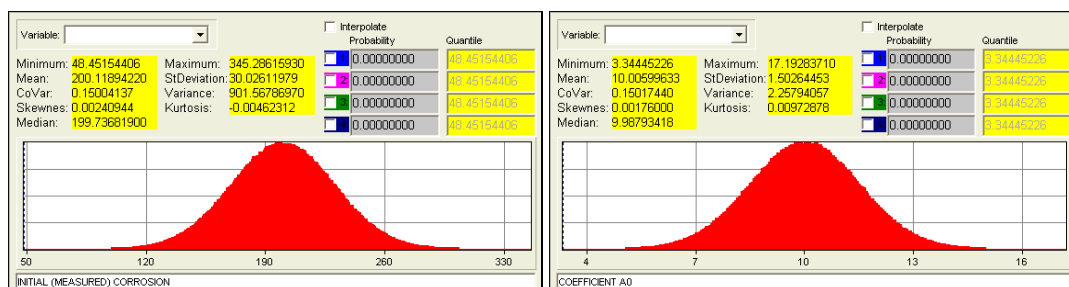


Obr. 6: Ilustrační příklady koroze spodních částí nosných sloupů.

Hlavní vstupní veličinou charakterizující degradační účinky koroze je hodnota počátečního oslabení průřezu korozí (pro případ „I“ profilu počáteční oslabení pásnic a stojiny). Tato vstupní veličina je nejčastěji stanovena na základě statistického zpracování a vyhodnocení výsledků měření. V řešeném příkladu je hodnota počátečního oslabení korozí zavedena normálním rozdělením $N(\mu = 200 \mu m; \nu = 15 \%)$, viz obr. 7.

Dolní části vnějších sloupů 1 a 3 lze v programu MCD 1.2 modelovat jako samostatné krátké prvky (v řešeném modelu jsou sloupy 1 a 3 tvořeny dvěma prvky o délkách 0,01 m a 3,99 m). Těmto krátkým prvkům je přiděleno počáteční oslabení pásnic a stojiny korozí v souladu s obrázkem 7. V programu MCD 1.2 bylo provedeno 5000000 simulací přímou metodou Monte-Carlo. Výsledná hod-

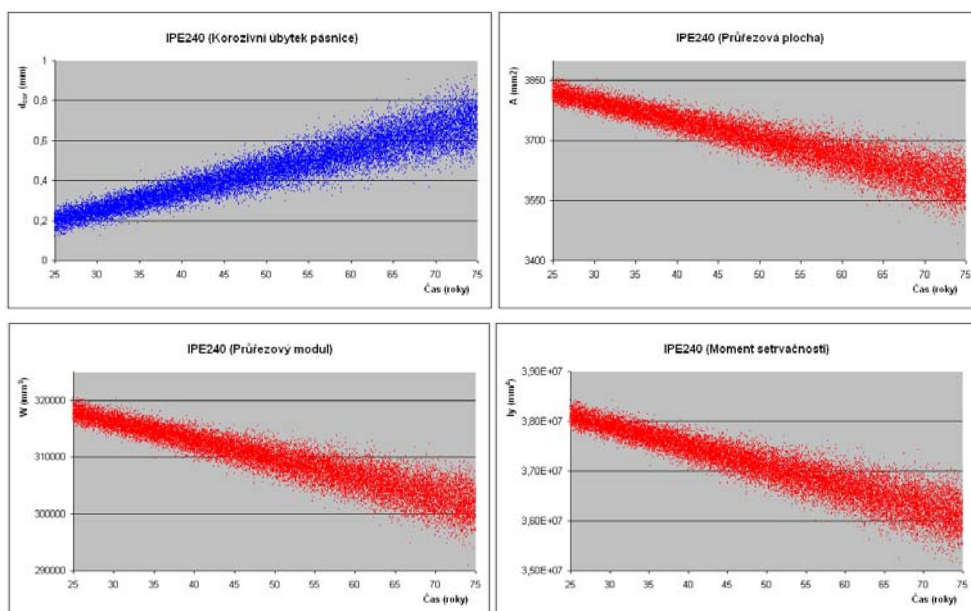
nota pravděpodobnosti poruchy pro pravý sloup, vztažená k překročení elastické únosnosti průřezu, je rovna $P_f = 6,1 \cdot 10^{-5}$. Hodnota spočtená bez zahrnutí vlivu koroze byla rovna $P_f = 3,1 \cdot 10^{-5}$, viz obrázek 5. Došlo tedy k nárůstu spočtené pravděpodobnosti poruchy, posuzovaný průřez přesto splní zavedené kritérium $P_f = 6,1 \cdot 10^{-5} < P_d = 1 \cdot 10^{-4}$ a vyhoví tak z hlediska mezního stavu únosnosti. Obdobný rozdíl ve spočtených hodnotách pravděpodobnosti poruchy lze vysledovat také u levého sloupu. Výsledná hodnota pravděpodobnosti poruchy pro levý sloup, vztažená k překročení elastické únosnosti průřezu, je rovna $P_f = 8,4 \cdot 10^{-5}$. Hodnota spočtená bez zahrnutí vlivu koroze byla u levého sloupu rovna $P_f = 3,5 \cdot 10^{-5}$, viz obrázek 5.



Obr. 7: Náhodně proměnné vstupní veličiny charakterizující účinky koroze (vlevo – počáteční naměřené oslabení korozí po 25 letech provozu konstrukce [μm]; vpravo – odvozená hodnota součinitele A_0 [$\mu\text{m} / \text{rok}$])

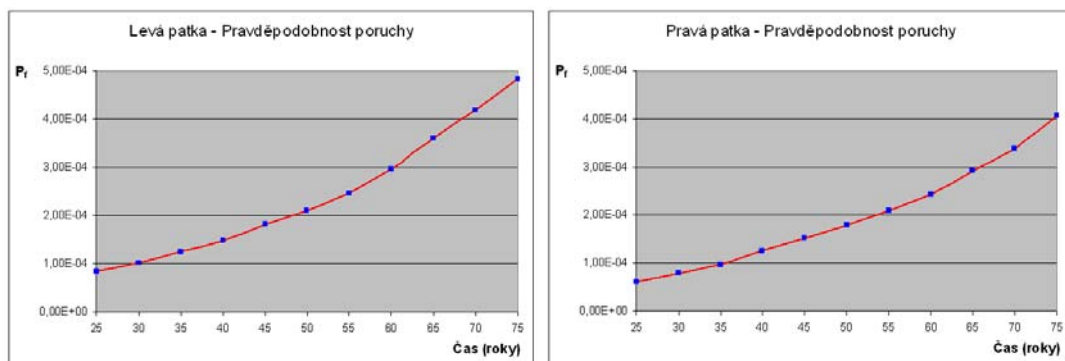
Získaná data o korozivním oslabení průřezů lze efektivně využít k odhadu zbytkové životnosti posuzované konstrukce. Za předpokladu, že korozivní oslabení dolních částí vnějších sloupů (viz obrázek 7 - vlevo) bylo naměřeno po 25 letech provozu konstrukce, na které nebyla prováděna oprava povrchové ochrany (předpokládá se, že původní povrchová ochrana fungovala cca 5 let, tj. dolní části sloupů byly vystaveny účinkům koroze po dobu cca 20 let), lze odhadnout průměrné roční oslabení pásnic a stojiny pomocí normálního rozdělení $N(\mu = 10 \mu\text{m}; \nu = 15 \%)$, viz obrázek 7 - vpravo. Za předpokladu lineárního nárůstu korozivního oslabení (koeficient A_1 ve vztahu /2/ je roven $A_1 = 1,0$) odpovídá výše uvedené normální rozdělení $N(\mu = 10 \mu\text{m}; \nu = 15 \%)$ přímo koeficientu A_0 ve vztahu /2/ (tento postup je konzervativní, neboť ustálená korozní rychlost po 20 letech je menší než korozní rychlost v prvních letech expozice).

Na obrázku 8 je vyjádřena časová závislost korozního úbytku d_{cor} pásnice či stojiny profilu IPE 240 posuzovaných krajních sloupů za předpokladu, že hodnota počátečního naměřeného korozního oslabení a koeficient A_0 je reprezentovány výše uvedenými histogramy a koeficient $A_1 = 1$. Na obrázku 8 je rovněž znázorněna časová změna účinných průřezových charakteristik (průřezová plocha A , průřezový modul W_{el} a moment setrvačnosti I_y) pro průřez sloupu IPE 240 odpovídající naměřenému oslabení průřezů korozí po 25 letech provozu a výše uvedeným hodnotám koeficientů A_0 a A_1 .



Obr. 8: Korozivní úbytek a příslušné průřezové charakteristiky.

Odhadnuté hodnoty koeficientů A_0 a A_1 lze jednoduše zavést do programu MCD 1.2, který umožňuje následný výpočet pravděpodobnosti poruchy v libovolném časovém úseku životnosti konstrukce. Výsledná závislost pravděpodobnosti poruchy na čase pro pravý i levý vnější sloup posuzovaného portálového rámu je znázorněna na obrázku 9. Z výsledků znázorněných na obrázku 9 lze vysledovat nárůst spočtených hodnot pravděpodobnosti poruchy související se zvyšující se délkou časové expozice, po kterou je rám vystaven nepříznivým účinkům koroze. Poněkud vyšší hodnoty pravděpodobnosti poruchy u levého sloupu jsou způsobeny nesymetrickým zatěžovacím stavem konstrukce, kdy vodorovná síla P_l působí pouze v levém horním styčniku, viz obrázek 3. Uvážíme-li za hodnotu návrhové pravděpodobnosti $P_d = 1 \cdot 10^{-4}$, pak tato hodnota bude překročena po cca 5 letech (pro levý sloup) nebo po cca 10 letech (pro pravý sloup) od předchozí prohlídky konstrukce, při které byly pořízeny údaje o korozivním napadení konstrukce. Během tohoto období konstrukce vyhoví z hlediska mezního stavu únosnosti bez potřeby opravy nebo obnovy protikorozní ochrany či jiné rekonstrukce. Získaná data může správce objektu efektivně využít k časovému a finančnímu plánování potřebných investic.



Obr. 9: Závislost pravděpodobnosti poruchy na čase.

5 Závěr

Předkládaný příspěvek seznamuje čtenáře s možností využití pravděpodobnostních simulačních metod pro posudek únosnosti, použitelnosti a trvanlivosti ocelových konstrukcí vystavených nepříznivým účinkům koroze. Příspěvek se nezabývá do hloubky vlastní problematikou koroze oceli. Autor příspěvku si především kladl za cíl představit odborné veřejnosti „inženýrský“ přístup vedoucí k výstižnému zhodnocení spolehlivosti ocelových konstrukcí vystavených možným účinkům koroze. Navržený postup, který je pro snazší pochopení vysvětlen na modelovém příkladu, umožňuje rychlé a přehledné zhodnocení údajů o korozi potřebných k vyhodnocení spolehlivosti konstrukce. Tyto údaje získá statik nejčastěji na základě výsledků měření posuzované konstrukce, na základě zkušeností s provozem obdobných konstrukcí nebo z odborné literatury či norem. Navržený postup umožňuje nejen vyhodnocení spolehlivosti současného stavu konstrukce, ale také predikci její další životnosti.

Veličiny vstupující do posudku spolehlivosti jsou obecně náhodně proměnné. Rovněž data potřebná ke stanovení účinků koroze na konstrukci vykazují většinou nahodilý charakter. Jako příklad lze uvést statisticky zpracované výsledky měření korozivních úbytků materiálu a od nich odvozené hodnoty součinitelů A_0 a A_1 ve vztahu /2/. Nahodilý charakter lze přisoudit také odborným odhadům s určitým rozmezím hodnot, například předpokládané korozní rychlosti stanovené na základě zkušenosti s provozem obdobných konstrukcí nebo z rozsahů uvedených v odborné literatuře či normách, viz tabulky 1 a 2.

Postupy uvedené v příspěvku byly implementovány do softwarového produktu MCD 1.2, který slouží k vyhodnocování spolehlivosti ocelových rovinných prutových konstrukcí vystavených možným účinkům koroze. Je zapotřebí upozornit na skutečnost, že program MCD 1.2 není univerzálním komerčním statickým softwarem sloužícím k pravděpodobnostnímu vyhodnocování spolehlivosti ocelových konstrukcí. Důvodem pro vytvoření programu byla snaha vytvořit aplikaci, která může ukázat odborné veřejnosti využití pravděpodobnostních simulačních metod v oblasti posuzování ocelových konstrukcí vystavených účinkům koroze. Program MCD 1.2 je koncipován tak, aby svým uživatelským prostředím odpovídal běžným komerčním produktům. Procesy modelování konstrukce, zadávání náhodně proměnných veličin a následného vyhodnocení spolehlivosti jsou principiálně velmi jednoduché, transparentní a logické. Uživatel softwaru, tj. inženýr-statik, nemusí být specialistou v oblasti teorie pravděpodobnosti a statistiky.

Autor příspěvku se domnívá, že využití pravděpodobnostních simulačních metod pro vyhodnocení spolehlivosti ocelových konstrukcí vystavených korozi je z mnoha výše uvedených důvodů výhodné a může tak v budoucnu nalézt uplatnění v projekční praxi. K plnému nasazení těchto metod do projekční praxe však vede ještě dlouhá cesta. Jedním z hlavních důvodů je především poměrně malá obeznámenost a jistá nedůvěra odborné veřejnosti s možným využitím těchto metod. Ke změně tohoto stavu by měl přispět i tento příspěvek.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/07/0557.

LITERATURA

- [1] ZRŮNEK, M. (1981): Úprava povrchu kovových konstrukcí, SNTL, Praha, 1981.
- [2] FRANGOPOL D.M., ESTES, A.C. (1997): System reliability for Condition Evaluation of Bridges, In: Evaluation of Existing Steel and Composite Bridges, IABSE Workshop, Lausanne, 1997.
- [3] VIČAN, J, KOTEŠ, P. a SLAVÍK, J. (2001): Vliv koroze na spolehlivost ohýbaného prvku, In: II. ročník celostátní konference Spolehlivost konstrukcí, Dům techniky Ostrava, Ostrava, 2001, ISBN 80-02-01410-3.

- [4] ČSN ISO 9223 (1994): Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosfér - Klasifikace, ČNI, Praha, 1994.
- [5] ČSN ISO 9224 (1994): Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosfér - Směrné hodnoty pro stupně korozní agresivity, ČNI, Praha, 1994.
- [6] ČSN EN 12500 (2000): Ochrana kovových materiálů proti korozi - Pravděpodobnost koroze v atmosférickém prostředí - Klasifikace, stanovení a odhad korozní agresivity atmosférického prostředí, ČNI, Praha, 2000.
- [7] ČSN ISO 9225 (1994): Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosfér - Měření znečištění, ČNI, Praha, 1994.
- [8] ČSN ISO 9226 (1994): Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosfér - Stanovení korozní rychlosti standardních vzorků pro určení korozní agresivity, ČNI, Praha, 1994.
- [9] KŘIVÝ, V. und MAREK, P. (2007): Zur probabilistischen Bemessung von Stahlrahmen, Stahlbau, r. 76, č. 1, str. 12 -20, ISSN 0038-9154.
- [10] MAREK, P., GUŠTAR, M. and ANAGNOS, T (1996): Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers. Boca Raton : CCR Press, FL, USA, 1996. ISBN 0-8493-8286-6.
- [11] MAREK, P., BROZZETTI, J., GUŠTAR, M. and TIKALSKY, P. (2003) Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Method. Basics, Exercises, Software, 2nd Ed. Prague : ITAM CAS CR, 2003. ISBN 80-86246-19-1.
- [12] ROZLÍVKA, L a FAJKUS, M. (2003): Reálné pevnostní hodnoty konstrukčních ocelí a rozměrové úchytky válcovaných materiálů pro pravděpodobnostní posuzování spolehlivosti ocelových nosných prvků a konstrukcí metodou SBRA. In: IV. ročník celostátní konference se zahraniční účastí Spolehlivost konstrukcí, Dům techniky Ostrava, Ostrava, 2003. ISBN 80-02-01551-7.
- [13] Eurokód 3 (ČSN EN 1993-1-1) (2006): Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. Praha : ČNI, 2006.
- [14] BS 5950 (2000): Structural Use of Steel in Building, Part 1, British Standards Institution, 2000.
- [15] PUSTKA, D., KŘIVÝ, V., VÁCLAVEK, L. and MAREK, P. (2006): Selected Structural Stability Problems Using SBRA Method. In Proceedings of the IABSE Symposium 2006 – Responding to Tomorrow's Challenges in Structural Engineering. IABSE Hungarian Group, Budapest, Hungary, 2006. ISBN 3-85748-114-5.
- [16] CHAN, S.L. (2007): Direct Analysis of Steel Structures Allowing for Imperfections and without Assumption of Effective Length, In: Proceedings of the Fifth International Conference on Advances in Steel Structures ICASS 2007, Research Publishing, Singapore, 2007. ISBN 978-981-05-9366-7.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Alexandr Kašný

Karel KUBEČKA¹

UPLATNĚNÍ RIZIKOVÉ ANALÝZY V ROZHODOVACÍM PROCESU STAVEBNÍ ČINNOSTI

Abstract

Každá lidská činnost je zatížená určitým stupněm rizika [9]. V činnosti souhrnně nazývanou jako „stavebnictví“ se potýkáme s celou řadou rizik [8]. Rizikem stavby v převážné míře rozumíme možné riziko technického charakteru.

Toto riziko vnímáme jako míru nebezpečí úrazu, vzniku škody nebo poruchy různě, zpravidla podle oboru lidské činnosti. Ve stavebnictví je míra rizika, neboli pravděpodobnost vzniku škody nebo poruch na stavebních konstrukcích eliminována příslušnými normativními předpisy, to znamená, že tato míra rizika je z převážné části pokryta normovými ustanoveními, jejichž dodržování zajišťuje eliminaci pravděpodobných rizik na společensky a ekonomicky přijatelnou úroveň, nebo je při dodržení ustanovení norem pokrývá zcela [7].

Pokud jakýmkoli relevantním způsobem vyjádříme riziko, pak toto riziko je jakýmsi identifikátorem – známkou stavebního objektu a jsme schopni s ním dále pracovat. Pokud máme úkol sesřadit pořadí objektů v dané lokalitě a stojíme před rozhodnutím určit pořadí objektů pro sanaci a na druhé straně pro provedení demolice, pak je užítí rizikové analýzy relevantním rozhodovacím nástrojem.

1 ÚVOD

Rizikové inženýrství [risk engineering] a management rizika [risk management] jsou dvě velice úzce vzájemně provázané disciplíny lišící se náplní a cíly. Rizikové inženýrství přejímá od managementu rizika podněty a požadavky, následně pak analyzuje rizika. Management rizika s těmito riziky následně pracuje a ovládá je.

Riziková analýza [risk assessment] a management, tedy ovládání rizika, je poměrně nový, dynamicky rozvíjející se obor, který se stal zejména v zahraničí nedílnou součástí manažerských rozhodovacích procesů. Zabývá se mimo jiné získáváním a zpracováváním informací o možných nebezpečích, hrozbách ale i příležitostech, na základě kterých je následně možné provádět zodpovědnější, informovanější rozhodnutí. Riziková analýza je tak procesem, který shromažďuje a zpracovává informace pro následný management rizik.

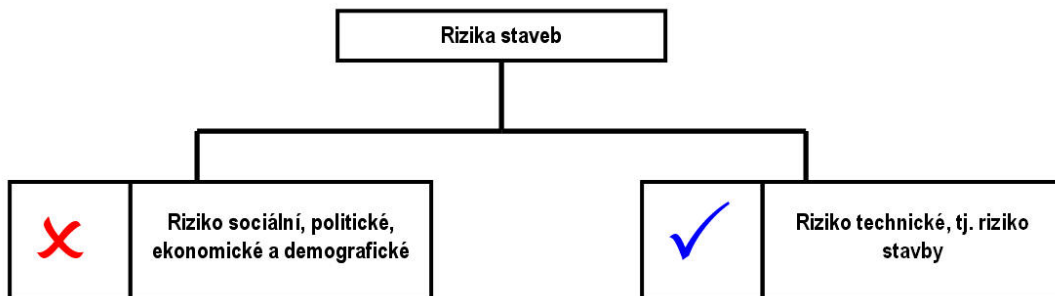
V tomto příspěvku je využito poznatků rizikové analýzy a jejích nástrojů, které jsou zejména používány v předinvestiční, tj. přípravné fázi výstavbového projektu. Tyto nástroje jsou dále aplikovány do provozní fáze stavby, tj. fáze užívání a následně až do ukončení životnosti stavby, včetně jejich případných havárií. Uváděné nástroje jsou zde aplikovány do expertní činnosti, která se zabývá vadami a poruchami staveb a současně také do rozhodovacího procesu o další existenci stavby nebo případném rozhodnutí o její sanaci.

2 RIZIKA STAVEB

Každá lidská činnost je zatížená určitým stupněm rizika [9]. V činnosti souhrnně nazývanou jako „stavebnictví“ se potýkáme s celou řadou rizik [8]. Tato rizika vyplývají například ze sociálních podmínek daného regionu, demografického složení obyvatelstva regionu apod.. Například chybný

¹ Ing. Karel Kubečka, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 343, e-mail: karel.kubecka@vsb.cz.

průzkum trhu související s kupní silou obyvatelstva, tedy chybně vypracovaná ekonomická studie může zapříčinit výstavbu nákupního centra v místech, kde není dostatečná kupní síla obyvatel (*Vývojový diagram 1*). Pak tato investice může být zmařená.



Vývojový diagram 1: Základní dělení rizik

Rizikem stavby v převážné míře rozumíme možné riziko technického charakteru (*Vývojový diagram 1*). Toto riziko vnímáme jako míru nebezpečí úrazu, vzniku škody nebo poruchy různě, zpravidla podle oboru lidské činnosti. Ve stavebnictví je míra rizika, neboli pravděpodobnost vzniku škody nebo poruch na stavebních konstrukcích eliminována příslušnými normativními předpisy, to znamená, že tato míra rizika je z převážné části pokryta normovými ustanoveními, jejichž dodržování zajišťuje eliminaci pravděpodobných rizik na společensky a ekonomicky přijatelnou úroveň, nebo je při dodržení ustanovení norem pokrývá zcela, například jak je tomu u dimenzování nosných konstrukcí staveb.

Přes všechna technická a legislativní opatření dochází k výskytu vad a následně poruch staveb. Množství těchto vad a poruch není zejména ekonomicky zanedbatelné, proto jsou hledány metody [1] mající za úkol pojmenovat příčiny těchto vad a poruch a to i přesto, že při činnosti související se stavbou jsou veškeré normativní i související podmínky splněny. Je tedy snahou riziko staveb ještě více eliminovat na ekonomicky přijatelnou míru, nebo jej zcela odstranit.

Myšlenka snížení rizika spolu s eliminací vad a poruch staveb není nová a do popředí se dostala po roce 1980 [13] s nástupem nové generace materiálů podporující prefabrikaci v našem stavebnictví, zejména materiálů odstraňující sezónnost stavebního procesu. V souvislosti s touto myšlenkou vystoupil do popředí nový pojem „Patologie staveb“ [13]. Tento pojem reprezentuje vědní obor, který se zabývá systematickými vadami a poruchami staveb a jejich haváriemi. Jako nezbytné je systematické sledování těchto jevů, zařazení [12] a zobecnění a následná analýza vedoucí k poznání podmínek pro snížení daného rizika.

V praxi jsou poruch vždy neodmyslitelně spjaty s otázkou škody, výše škody a její náhradou. Stanovit výši škody je pak věcí daného postupu a metodiky. Právě prostředky rizikové analýzy nám dávají velmi jednoduchou možnost výši škody stanovit s různou přesností nezávisle na čase (stáří) stavebního objektu.

3 UŽITÍ RIZIKOVÉ ANALÝZY V PRAXI

Rozhodnout kvalifikovaně o stavebně technickém a statickém stavu objektu lze různě z pohledu určitého stupně znalostí věci, tedy informací o předmětné stavbě. Zatímco přesného výsledku lze docílit po zhotovení projektové dokumentace a návazně pak po vyhotovení položkového rozpočtu, orientační stanovisko může být výsledkem například vizuální prohlídky na místě samém. Platí přitom zásada, že přesné stanovisko je z ekonomického pohledu velmi náročné. Provedení projektu a následně rozpočtu pro případnou sanaci objektu reprezentuje mimo jiné stavebně technický a statický průzkum doprovázený provedením sond a laboratorních zkoušek vlastností a pevností stavebního materiálu. Naproti tomu „velmi levně“ vyjde posouzení na základě prohlídky, kdy je uplatněno zejména zkušeností toho, kdo prohlídku (a následně vyhodnocení) provádí a pozorovatelných průvodních znaků poruch stávajícího objektu.

Jednou z univerzálních metod používaných pro rozhodování je riziková analýza [1]. Jedná se o metodu, kterou podvědomě užíváme v běžném každodenním životě všichni – podle svého zaměření v různých podobách a různém rozsahu. Stavebnictví není výjimkou, přičemž pro vyhodnocení je pak volena vhodná metoda [1]. V popisovaném případě se v zásadě jedná o metody SAFMEA (Statistická vícekritériální analýza způsobů a následků poruch) nebo UMRA pracující pomocí univerzální matice rizikové analýzy. Za zmínku snad ještě stojí skutečnost, že oblast rizikové analýzy, jako součást rizikového inženýrství, je nejvíce propracována v bankovníctví.

Následně je uvedeno praktickém užitím metody UMRA (Univerzální matice rizikové analýzy) – [Universal Matrix of Risk Analysis] při rozhodování v procesu sanací bytových domů v lokalitě Nová Osada v Ostravě. Příspěvek vychází z praktického případu řešeného pro Úřad městského obvodu Slezská Ostrava, kdy bylo úkolem vytipovat objekty vhodné pro sanaci a označit objekty, u kterých sanace není ekonomicky odůvodnitelná a jsou potencionálně určeny k demolicí.

3.1 Názvosloví

Porucha je jev spočívající v ukončení schopnosti výrobku plnit požadovanou funkci podle technických podmínek. Porucha je tady projevem vady. U stavebních konstrukcí je porucha změna konstrukce proti původnímu stavu, vyvolaná zatěžujícími účinky a vlivy ve stadiu realizace a užívání, která zhoršuje její spolehlivost, případně snižuje její bezpečnost, předpokládanou ekonomickou životnost, užitnou jakost apod. Porucha stavební konstrukce má technické důsledky.

Škoda je materiální nebo sociální důsledek realizace nebezpečí, je to náhodná veličina. Její velikost závisí na scénáři nebezpečí, který se mění v průběhu času a v závislosti na umístění vyšetřovaného objektu či procesu. Podle občanského práva je škoda chápána jako újma způsobená v majetkové oblasti poškozeného, kterou lze objektivně vyjádřit v penězích. Dělí se na škodu skutečnou a na ušlý majetkový prospěch. Platí zásada, že škoda se má hradit uvedením v předešlý stav (například opravou poškozené věci) a teprve, není-li to možné nebo účelné, v penězích. Při určení výše škody se vychází z ceny, jakou měla věc v době poškození. V trestním právu výše škody způsobené trestným činem nebo přečinem spoluurčuje stupeň nebezpečnosti činu pro společnost. Pojem škoda je zejména frekventovaným pojmem právním. Nejde tedy o nejistotu, nebezpečí, popř. riziko újmy nebo ztráty, ale o újmu či ztrátu, která již nastala nebo s jistotou nastane.

Vada je nedostatek na jednotce vzhledem k určitému znaku ve srovnání s původním požadavkem, nebo nedostatek na určitém objektu nebo procesu, vzhledem k původním požadavkům. Je důsledkem nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití. Nesplněním požadavku vzniká neshoda²

Vady věci jsou takové nedostatky věci, s nimiž spojuje právní řád určité právní následky. Může jít o vady právní nebo o vady faktické. Právní vada vzniká tam, kde na věci náležející určitému vlastníku vázne právo třetí osoby. Za faktickou vadu se považuje skutečnost, že věc nemá vlastnosti jaké jinak obvykle má mít, případně jaké byly mezi účastníky daného právního vztahu dohodnuty, či jaké podpůrně či závazně stanoví zákon. Obvyklým právním následkem vady věci je odpovědnost za vady věci v občanském a obchodním právu (příslušnou úpravu obsahuje občanský a obchodní zákoník). Vady věci se rozdělují na vady odstranitelné nebo neodstranitelné (podle toho má kupující či objednatel právo na bezplatné odstranění vady, na výměnu věci, na přiměřenou slevu z ceny, nebo na odstoupení od smlouvy), nebo na vady zjevné a skryté, které se objeví až po delší době. Odpovědnost za vady věci nevylučuje odpovědnost za škodu, způsobenou v důsledku vady věci a nárok na smluvní pokutu. Práva z odpovědnosti za vady věci, pro které platí záruční doba, zaniknou, nebyla-li uplatněna v záruční době.

Vada konstrukce je nedostatek konstrukce, způsobený chybným návrhem nebo provedením. Vada konstrukce má technické i právní důsledky.

² Rozdíl mezi pojmy vada a neshoda je důležitý z hlediska právního významu, zejména ve vztahu k záležitostem týkajícím se odpovědnosti za produkt (ČSN EN ISO 9000/01 0300/:2001).

3.2 Rozhodnutí o vhodnosti sanace

Zadavatelem může být stanoven úkol poskytnout technický podklad pro rozhodnutí o vhodnosti sanace skupiny objektů a současně vytipovat objekty, u kterých sanace není ekonomicky odůvodnitelná. Technický podklad je zde zvýrazněn proto, že otázka „vhodnosti“ sanace se stává nejen částečně filozofickou otázkou, ale především je zatížena subjektivním hlediskem s výjimkou technicky přesně definovatelných parametrů a těmi mohou být například laboratorní zkoušky mechanicko fyzikálních vlastností materiálů a následný statický výpočet s návazným ekonomickým vyčíslením nákladů. Zde končí technické rozhodování a nastupuje subjektivní pohled na věc.

Víme, že technicky možná sanace je v dnešní době pojem opravdu filozofický, neboť technicky je dnes možné sanovat prakticky úplně všechno, jakoukoli konstrukci, v jakýchkoli podmínkách a jakémkoli stavu. Vhodnost sanace je pak otázkou jakési „ceny“ stavby nebo konstrukce a to například ceny historické. Pak ovšem uvádíme, že cena historického díla je nevyčíslitelná a ani v tomto ohledu nemáme k dispozici žádné vodítko. U běžných staveb (ale i u staveb památkově chráněných mající nevyčíslitelnou hodnotu) jsme schopni sanaci (vlastní technicky popsatelný proces sanace) vyjádřit ekonomicky a to ve finančním objemu potřebném k provedení sanace. Toto známe jako pojem „ekonomicky přijatelné náklady“, nebo „ekonomicky odůvodnitelné náklady“. Ovšem i zde se jedná o pojem do značné míry relativní, neboť „ekonomicky přijatelný“ náklad je opět subjektivní pojem. Pro fandu (architekta – památkáře) je tato hladina zcela a mnohdy řádově jiná, než pro majitele staré rozpadající se usedlosti, který na místě staré stavby hodlá vybudovat zcela něco jiného a moderního.

V tomto případě můžeme použít metodu, kterou všichni vlastně důvěrně známe a v každodenním rozhodování používáme v té nejjednodušší formě. V tomto se jedná o 100% subjektivní pohled. Například při přecházení rušné městské komunikace zvažujeme, zda automobily v obou směrech jedou tak rychle, že stihneme přeběhnout na protější chodník, zda uprostřed nezakopneme a nespádneme pod blížící se automobil, zda podpatky obuvi neuvíznou v mezeře mezi kostkami dlažby, zda nám nespádnou brýle, pro které se budeme muset vrátit, zda... a mnoho dalších vlivů které více či méně mohou připadnout do úvahy v případě rozhodování se, zda přeběhnout na protější stranu.

3.2.1 Metoda „Univerzální matice rizikové analýzy“

Metoda Univerzální matice rizikové analýzy je založena na principu srovnávací logicko-numerické analýzy hodnocení stupně (závažnosti) nebezpečí pro předmětný řešený problém (projekt nebo jeho dílčí část) týmem expertů. Tým expertů hodnotí identifikovanou část problému (projektu), který je vytyčen určitým nebezpečím – rizikem. Počet částí problému hodnocených týmem expertů je libovolná, přičemž různé (nebo i totožné) části mohou být nezávisle řešeny různými expertními týmy s různým počtem expertů.



Vývojový diagram 2: Týmy expertů

Cílem této expertní rizikové metody je s co největší přesností³ poskytnout informaci o zdroji nebezpečí v návaznosti na důsledky jeho vzniku a předpokládané míře jeho výskytu, což přímo sou-

³ Praktické zkušenosti ukazují, že širší tým expertů (složený z odborníků různých profesí) hodnotí předmětnou skutečnost zákonitě vždy z pohledu své profese. Je tedy nebezpečí, že expert má kritický pohled jen na problematiku, která je mu blízká a navazující problematiku nedoceňuje. Z tohoto důvodu autor preferuje hodnocení „po specializacích“ (například samostatné hodnocení staticko-konstrukční části stavby), jak je uvedeno níže.

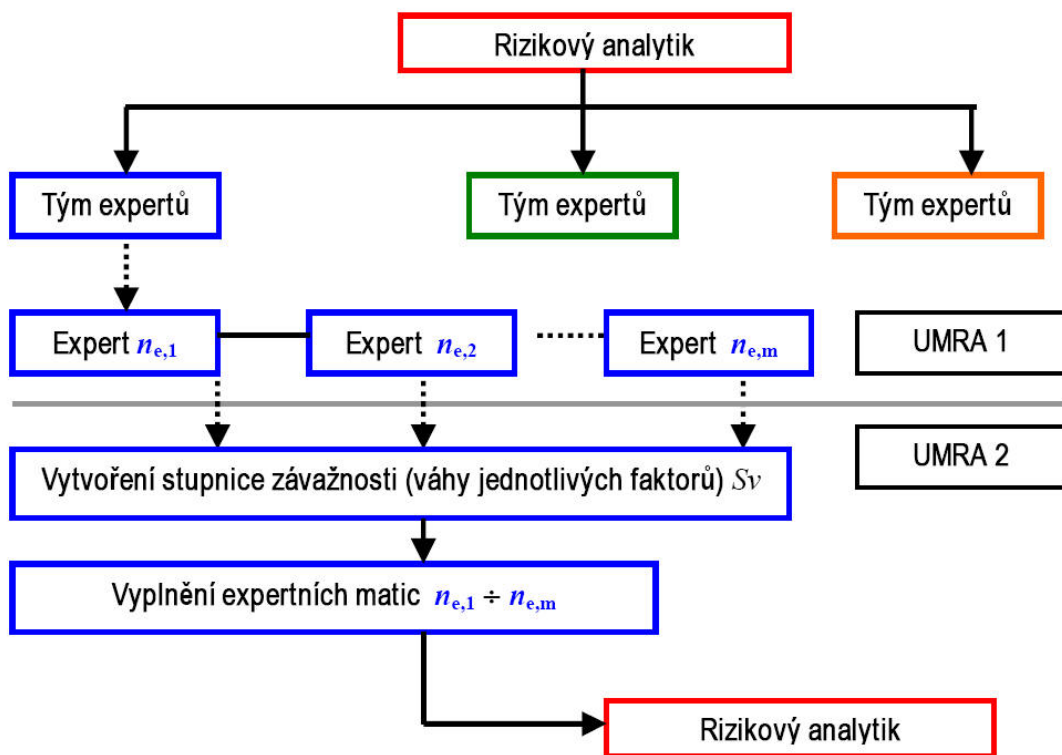
visí s ekonomickými ukazateli – v případě stavby s investičními náklady nebo finančními náklady na rekonstrukci (sanaci) objektu. Názorně je situaci možno zobrazit jako schéma (*Vývojový diagram 2*).

Základem je tedy „tým expertů“ vedený rizikovým analytikem, případně několik týmů expertů na různé nebo shodné oblasti dané problematiky.

Tým expertů má několik členů, jejich počet je libovolný dle závažnosti posuzované problematiky. Nejjednodušší varianta je, kdy tým expertů je složen z jediné osoby, která je současně rizikovým analytikem (jak je popsáno výše v případě, kdy se osoba rozhoduje zda přejít komunikaci...).

Práce je rozdělena do dvou navazujících etap (*Vývojový diagram 3*). Tyto jsou nazvány jako UMRA.1 a UMRA.2. V první fázi (UMRA.1) se rizikový analytik seznámí s projektem, který má řídit a pro který má být provedena analýza rizika na základě definovaného aspektu (kvalitativně definovaného a vymezeného pohledu na projekt). Tímto aspektem může být například „statická způsobilost posuzovaných objektů“.

Dále rizikový analytik seznámí experty expertního týmu s podstatou metody a úkolem metody v rizikové analýze, neboť experti jsou odborníci ve své profesi (v daném aspektu) neznají podrobnosti hodnocení rizik. Osobou znalou je v tomto případě rizikový analytik. Experty je tedy nutno seznámit s minimem informací, což je význam segmentů projektu zvoleného aspektu včetně zásad členění, význam zdrojů nebezpečí včetně zásad členění nebezpečí a zejména pak se způsobem vyplňování formuláře. Můžeme jej zjednodušeně přirovnat k odbornému dotazníku. Otázky vyhodnocování jsou výhradně věcí rizikového analytika, úkolem experta je vyplnění formuláře.



Vývojový diagram 3: Práce týmu expertů při rizikové analýze

Segmenty projektu (a_i , $i=1, \dots, n_a$) mohou být na sobě existenčně nebo sekvenčně závislé, nemohou být závislé fyzikálně. Nesmí obsahovat další segmenty a nečlení se na další dílčí segmenty [1].

Naopak zdroje (b_j , $j=1, \dots, n_b$) mohou být vzájemně na sobě závislé pouze existenčně a podobně jako segmenty se nečlení na dílčí zdroje a nesmí osahovat jiné zdroje [1].

Rizikový analytik nechá tým expertů připomínkovat formulář UMRA (doplnění o další segmenty nebo zdroje, případně zjednodušení vypuštěním některých segmentů nebo zdrojů) a vyhotoví finální verzi formuláře UMRA. Připomínkové řízení může výjimečně mít i několik opakování.

Tímto krokem je ukončena první fáze (UMRA.1) analýzy rizika, kterou nazýváme „identifikace ohrožených segmentů a identifikace zdrojů nebezpečí“ [1].

Máme tedy definované segmenty (části hodnocené konstrukce nebo části hodnoceného projektu) i aspekty (to je jednotlivé fáze stavebního procesu ve kterých by mohlo dojít ke zvýšenému výskytu rizika, poruchy a následně kolapsu či ekonomicky neúměrné ztrátě).

Tabulka 1: Návrh formuláře UMRA

Projekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava								
Aspekt	Statická způsobilost spodní stavby objektu								
Segmenty projektu	Zdroje nebezpečí								
	Stav- tech. průzkum	Statický vý- počet	PD sanace	Náhradní bydlení	Dodavatelé stav. prací	Technický dozor	Realizace izolací	Realizace nosných kcí	Dokonč. práce
Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	$c_{1,3}$	$c_{1,4}$					$c_{1,9}$
Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$							$c_{2,9}$
Trámy stropu nad 1.PP									
Věnc a vetknutí desky									
Betonové stěny suterénu									
Komínová tělesa v suterénu									
Omítky stěn v suterénu									
Podlaha 1.PP (mazanina)	$c_{8,1}$	$c_{8,2}$							
Okenní otvory (sklepní okna)									
Izolace suterénu (vodor. a svislé)									
Expert:	<i>Iméno experta</i>			Datum:			<i>Datum posouzení</i>		

Riziková analýza pokračuje druhou fází (UMRA.2). Prvním krokem druhé fáze je úprava stupnice závažnosti nebezpečí (Tabulka 2). Způsob vyplnění expertního formuláře (Tabulka 1) pak pokračuje jednotlivými experty expertního týmu podle těchto pravidel s tím, že buňka zůstane prázdná a nebo bude vyplněna:

- expert nedokáže nebezpečí korektně hodnotit $\Rightarrow$ prázdná buňka $c_{i,j}$
- současný souběh segmentu $\times$ zdroje není logicky možný $\Rightarrow$ prázdná buňka $c_{i,j}$
- současný souběh segmentu $\times$ zdroje je možný $\Rightarrow$ buňka $c_{i,j}$ obsahuje hodnotu S_v viz (Tabulka 2)

Toto hodnocení je třístupňové. Expert prvořadě posoudí, zda je vůbec schopen zaujmout k buňce $c_{i,j}$ (Tabulka 1) nějaké stanovisko. Ve druhé fázi expert kvalifikovaně rozhodne, zda je výskyt nebezpečí možný, to znamená, zda v buňce $c_{i,j}$ je reálný souběh segmentu a zdroje. Třetí fáze je kvan-

titativní odhad závažnosti nebezpečí S_v , to znamená, že buňka c_{ij} obsahuje hodnotu S_v . Vyplněný formulář (Tabulka 2) tvoří expertní matici hodnot S_v^E .

Tabulka 2: Stupnice závažnosti nebezpečí UMRA [1]

Nebezpečí	Realizace nebezpečí	Stupeň závažnosti S_v
nepatrné	Nevyžaduje prakticky žádná opatření, nemá vliv na ceny, lhůty, lze ji zanedbat, přehlédnout	0
malé	Nepodstatný vliv na cenu nebo lhůtu, nevyžaduje více než běžnou opravu (objektu, nebo procesu)	1
střední	Vyžaduje zvýšené náklady na odstranění následků (vícenáklady a nebo z rozpočtové rezervy projektu), nemá vliv na lhůtu, zpravidla bez sankčních opatření (smluvních pokut a podobně)	2
velké	Vyžaduje zásadní změnu projektu, vysoké náklady na sanaci nebo změnu technologických postupů nebo lhůtu projektu. Směřuje k uplatnění smluvních pokut a náhrady škody. Může mít za následek „ztrátu důvěry v organizaci“.	3

Expert k ($k=1, \dots, n_e$) vyplnil tedy expertní matici do buněk c_{ijk} , které tvoří stohy C_{ij} hodnot S_v^E . Některé hodnoty mohou být, jak je výše uvedeno, nespecifikované (prázdná buňka). Pro každého experta lze stanovit (vypočítat) „individuální součinitel vnímání nebezpečí“

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} S_{v_{ijk}}^E}{S_{v_{\max}} \cdot n_{act,k}^E} \quad (1)$$

$S_{v_{\max}}$ maximální hodnota závažnosti nebezpečí (Tabulka 2) - $S_{v_{\max}} = 3$)

$\overline{\sum}$ symbol označuje skutečnost, že se neuplatní prázdné buňky expertní matice (<null>).

Pro experta $k=1$ (Tabulka 3) pak vychází z expertní matice (s deseti řádky a devíti sloupci, to je s 90-ti hodnotami) součet závažností:

$$\overline{\sum}_{ij} c_{ijk} = \overline{\sum}_{10,9} c_{10,9,1} = 112$$

Patnáct buněk z devadesáti zůstalo nevyplněno (<null>), 75 buněk má reálnou číselnou hodnotu S_v v rozmezí jak uvádí Tabulka 2:

$$n_{act,k}^E = n_{act,1}^E = 75$$

Pro experta číslo 1 je podle vztahu (1) individuální součinitel vnímání nebezpečí:

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} S_{v_{ijk}}^E}{S_{v_{\max}} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{112}{3 \cdot (90 - 15)} = 0,498$$

Pokud expert provede analýzu pro několik srovnatelných projektů (například několik shodných objektů), je možno pro daného experta sestavit pořadí projektů (objektů) a stanovit tak v případě hodnocení stávajících objektů pořadí podle zachovalosti, náročnosti opravy, nebo statického či tavebně technického stavu.

Optimální je vyhodnocení týmu expertů pro hodnocené projekty (objekty), čímž dostaneme podstatně objektivnější hodnocení a tedy i pořadí dle zvolených segmentů a aspektů. Větší tým expertů eliminuje subjektivní náhled jednotlivých členů expertního týmu, který hodnocení provádí.

Tabulka 3: Příklad vyplněného formuláře UMRA (expert č. 1)

Projekt Aspekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava								
	Statická způsobilost spodní stavby objektu								
	Zdroje nebezpečí								
	Stav-tech. Průzkum	Statický vý- počet	PD sanace	Náhradní bydlení	Dodavatelé stav. prací	Technický dozor	Realizace izolací	Realizace nosných kci	Dokonč. práce
Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	0	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí	1	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Trámy stropu nad 1.PP	1	0	1	2	2	1	<null>	2	1
Věnc a vetknutí desky	2	1	1	1	3	1	<null>	2	2
Betonové stěny suterénu	2	1	2	3	3	2	3	3	2
Komínová tělesa v suterénu	3	<null>	2	2	2	1	<null>	2	2
Omítky stěn v suterénu	0	<null>	0	0	0	0	<null>	<null>	1
Podlaha 1.PP (mazanina)	1	<null>	1	1	1	1	2	<null>	2
Okenní otvory (sklepní okna)	1	0	1	1	2	1	<null>	<null>	3
Izolace suterénu (vodor. a svislé)	3	<null>	2	0	3	2	3	<null>	3
Expert:	<i>Jméno experta</i>				Datum:			<i>Datum posouzení</i>	

Tabulka 4: součinitele vnímání nebezpečí

veličina	tým	expert			
		1	2	3	4
Součet S_v^E	485	112	111	134	128
Počet aktivních buněk	298	75	71	77	75
Maximální možné hodnocení	894	225	213	231	225
P_{c_t}	0,543				
P_{c_k}		0,498	0,521	0,580	0,569
P_{c_t} / P_{c_k}		1,090	1,042	0,936	0,954

Vyhodnocení v případě, že expertní tým se skládá z více jak jednoho experta ($k > 1$) může vypadat (pro $k = 4$) například následovně:

Vnímání nebezpečí bylo nejnižší u experta $k = 1$ a nejvyšší u experta $k = 3$. Analogicky jako individuální součinitel vnímání nebezpečí lze stanovit „týmový součinitel vnímání nebezpečí“ pro stanovení součinitele expertního týmu.

$$Pc_t = \frac{\sum_{ijk} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot N_{act}^E} \quad (2)$$

Přičemž:

$$N_{act} = \sum_k n_{act,k}^E \quad (3)$$

Podle jednotlivých uvedených výsledků Pc_k (Tabulka 4) se sestaví například pořadí sanovaných objektů, ze kterého vyplývá který z objektů je nejvhodnější pro sanaci a který z nich je určen k demolici. Pokud uvedené výsledky nepostačují, lze provést další analýzu [1] získaných výsledků a nebo provést srovnání některou z dalších metod, například SAFMEA (Statistická vícekritériální analýza způsobů a následků poruch) [1].

3.2.2 Praktický postup

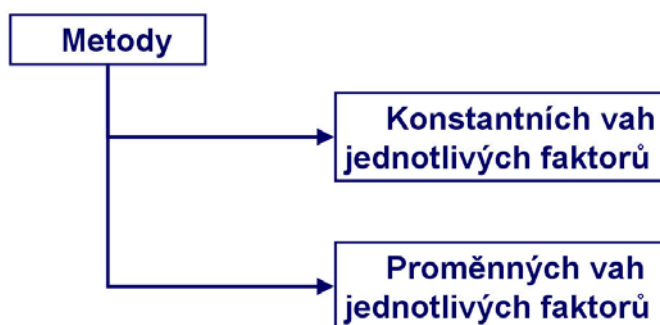


Obrázek 1: Celkový pohled na bytový dům Slezská Ostrava, Střemovka 21/1438

V praktickém případě bylo provedeno hodnocení stávajících objektů s tím, že byly vybrány převážně kritéria se shodným stupněm závažnosti Sv , tedy se stejnou vahou různých kritérií.

Objekty byly podrobeny vizuálnímu posouzení v rámci prohlídky na místě samém. Jednalo se o shodné objekty (na obrázku 1). Hodnocení je provedeno bodově.

Vizuálně je posuzován každý z 21 obytných domů. Posuzovány jsou zejména znaky související se statickou způsobilostí domu se zvláštním zřetelem na nosné stěny 1.PP. Celkové hodnocení bez respektování váhy jednotlivých faktorů je dále uvedeno.



Vývojový diagram 4: Metody

3.3 Řešený případ

Některé z úkolů, které mají stanovit pořadí objektů podle stupně znehodnocení (kvality objektu) jsou velmi dobře „řešitelné“ metodami rizikové analýzy (Vývojový diagram 4) a to jak metodou pracující se stejnými, tedy konstantními váhami posuzovaných faktorů (UMRA), tak metodou pracující s nestejnými, tedy proměnnými váhami posuzovaných faktorů (FMEA).

Pro tyto případy jednotlivého řešení dílčích částí objektu metodou pracující se stejnými, tedy konstantními váhami posuzovaných faktorů (UMRA), případně vybraných konstrukcí je možno namísto vytvoření *Matice rizikové analýzy (Tabulka 1)*, tak jak byla uvedena - vztah (4), vytvořit řádkovou nebo sloupcovou matici, tedy použít vektorů.

$$M_{Sv} \equiv (c_{i,k}) = \begin{pmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & c_{1,3} & c_{1,n} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} & c_{2,n} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & c_{3,3} & c_{3,n} \\ c_{m,1} & c_{m,2} & c_{m,3} & c_{m,n} \end{pmatrix} \quad (4)$$

V tomto případě je definován zápis pomocí řádkové matice pro určitý segment - vztah (5) (segment 1) sestávající z n zdrojů nebezpečí.

$$Sg_1 \equiv (c_1 \quad c_2 \quad c_3 \quad c_n) \quad (5)$$

Segmentem může být konečný celek (ucelený soubor) konstrukcí se shodnou mírou závažnosti na následných poruchách, to je hodnocená část objektu a zdrojem nebezpečí pak jednotlivé dílčí části konstrukce.

Matici (4) pak jsme schopni lépe sestavit pro jeden hodnocený objekt, kdy počet segmentů odpovídá počtu expertů. Zdroje nebezpečí pak jsou dány jednotlivými částmi konstrukce.

Vyhodnocení pak provedeme jak pro řádkové matice (5), čímž obdržíme údaje o individuálním vnímání nebezpečí, tak pro celou matici M_{Sv} (4).

Pro experta číslo 1 je podle vztahu (1) individuální součinitel vnímání nebezpečí vypočítán z prvního řádku matice (4), tedy z řádkové matice podle vztahu (5), pro druhého experta ze druhého řádku a m -tý expert z m -tého řádku matice M_{Sv} (4).

Současně z celé matice M_{Sv} (4) obdržíme údaje kompletního expertního týmu Pc_t dle vztahu (2) a násl., to znamená například hodnocení souboru objektů ze zvoleného hlediska (dle zvolených zdrojů nebezpečí).

3.3.1 Hodnocení objektů metodou UMRA

Toto hodnocení je provedeno na modelovém příkladu. Úkolem pro 4 experty je sestavit pořadí objektů (Obrázek 1) dle technických kritérií jako podklad pro rozhodnutí o sanaci nejzachovalejších obytných domů a demolici objektů, které jsou technicky opravitelné pouze velmi obtížně.

V tomto případě se jako nejvhodnější jeví použití hodnocení prostřednictvím metody UMRA s tím, že pro jednotlivé objekty bude použito řádkových matic podle vztahu (5). Výsledná matice podle vztahu (4) pak bude sestavena z těchto řádkových matic pro všechny čtyři experty a pro každý z hodnocených objektů.

Hodnocená kritéria je nutno zvolit tak, aby jejich váhy byly vzájemně odpovídající, tedy srovnatelné a výsledky vzájemně porovnatelné.

Navržená a ve fázi UMRA 1 schválená kritéria jsou:

1. Deska stropu nad 1.PP mezi trámy
2. Deska stropu nad 1.PP ve vetknutí (líc trámů a věnce)
3. Trámy stropu nad 1.PP (rozvoj trhlin v tažené části)
4. Věnc z interiéru v místě vetknutí desky
5. Obvodová betonová stěna suterénu (podélná)
6. Štítová betonová stěna

7. Střední nosná betonová stěna v suterénu
8. Komínová tělesa v suterénu
9. Věnce a ostění okenních otvorů z exteriéru
10. Zdivo schodišťového prostoru

Tabulka 5: Stupnice závažnosti nebezpečí UMRA pro hodnocení konkrétní lokality Nová Osada

Nebezpečí	Realizace nebezpečí	Stupeň závažnosti Sv
nepatrné	Konstrukce je v pořádku, nevyžaduje prakticky žádná opatření, není nutná sanace na zajištění statické bezpečnosti stavby (konstrukce)	0
malé	Konstrukce je takřka v pořádku, bezvadného stavebně technického a statického stavu lze dosáhnout běžnou údržbou a ekonomicky odůvodnitelnými náklady	1
střední	Vyžaduje zvýšené náklady na sanaci, která má zajistit statickou bezpečnost stavby, ekonomické náklady jsou vysoké, na samé hranici ekonomické odůvodnitelnosti	2
velké	Konstrukce je velmi špatném stavebně technickém a statickém stavu, není vyloučen havarijní stav konstrukce. Sanace vyžaduje velmi vysoké náklady na sanaci, tyto jsou ekonomicky neodůvodnitelné a převyšují pravděpodobné náklady nové stavby.	3

Je použita stupnice závažnosti nebezpečí Sv jak bylo uvedeno (Tabulka 5). Pro každý z objektů a každého experta bude sestavena řádková (sloupcová) matice s 10-ti členy. Segment je tedy nahrazen expertem – výsledná matice 4; 10 bude výsledkem hodnocení 4 expertů.

Prohlídka vlastních objektů (předmětu hodnocení) probíhala společně pro kolektiv čtyř expertů, kteří byli hodnotiteli a tvořili expertní tým. Nezávisle na sobě provedli prohlídku na místě samém u všech objektů zejména v nejvíce exponovaných prostorách 1.S⁴ a prohlídku exteriéru. Výjimku tvořil objekt č. 20 - suterén objektu nebyl přístupný.

Každý z expertů vyplnil expertní formulář:

Tabulka 6: Vyplněný formulář UMRA pro objekt 1

Projekt	Obytné domy – Nová Osada, Ostrava – objekt č. 1										
Aspekt	Posouzení stavebně konstrukčního a statického stavu objektu										
	Zdroje nebezpečí										
Expert	Deska stropu nad 1.PP mezi trámy	Deska stropu nad 1.PP ve větknutí	Trámy stropu nad 1.PP	Věnc z interiéru v místě větknutí desky	Obvodová betonová stěna suterénu	Štítová betonová stěna	Střední nosná betonová stěna v suterénu	Komínová tělesa v suterénu	Věnce a ostění okenních otvorů z exteriéru	Zdivo schodišťového prostoru	$\Sigma c_{1;10;n}$
Expert 1	1	1	2	1	2	1	2	3	2	0	15
Expert 2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	17
Expert 3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	17
Expert 4	1	1	2	1	2	2	3	3	2	1	18

⁴ Dle nové normy 1.S (první suterén), dříve 1.PP

$$\sum_{ij} c_{ijk} = \sum_{1,10} c_{1,10,1} = 15; \sum_{1,10} c_{1,10,2} = 17; \sum_{1,10} c_{1,10,3} = 17; \sum_{1,10} c_{1,10,4} = 18$$

Všechny buňky (10 buněk na řádku) jsou vyplněny - mají reálnou číselnou hodnotu Sv v rozmezí jak uvádí *Tabulka 2*. $Sv_{\max} = 3$

$$n_{act,k}^E = n_{act,1}^E = 10; n_{act,2}^E = 10; n_{act,3}^E = 10; n_{act,4}^E = 10$$

Podle vztahu (1) Součinitel vnímání nebezpečí Pc_k pro každého z expertů je:

$$Pc_1 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;1}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,1}^E} = \frac{15}{3 \cdot (10-0)} = 0,500; \quad Pc_2 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;2}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,2}^E} = \frac{17}{3 \cdot (10-0)} = 0,566;$$

$$Pc_3 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;3}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,3}^E} = \frac{17}{3 \cdot (10-0)} = 0,566; \quad Pc_4 = \frac{\sum_{1;10} Sv_{1;10;4}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,4}^E} = \frac{18}{3 \cdot (10-0)} = 0,600$$

Podle vztahu (2):
$$Pc_i = \frac{\sum_{ijk} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot N_{act}^E} = \frac{15+17+17+18}{3 \cdot (4 \cdot 10)} = 0,558333$$

Tabulka 7: Stav objektů

Obj.	Míra znehodnocení	
20	0,5417	54,17%
1	0,5583	55,83%
8	0,5583	55,83%
14	0,5583	55,83%
17	0,5583	55,83%
19	0,5667	56,67%
10	0,575	57,50%
12	0,575	57,50%
18	0,575	57,50%
2	0,5833	58,33%
7	0,5833	58,33%
11	0,5833	58,33%
13	0,5833	58,33%
16	0,5833	58,33%
9	0,5917	59,17%
15	0,5917	59,17%
5	0,6333	63,33%
21	0,6333	63,33%
3	0,6583	65,83%
4	0,6583	65,83%
6	0,6833	68,33%
23	0,7583	75,83%
22	0,775	77,50%

$$1. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_1} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,5} \cdot 100 = 111,67\%$$

$$2. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_2} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,566} \cdot 100 = 98,53\%$$

$$3. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_3} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,566} \cdot 100 = 98,53\%$$

$$4. \text{ expert: } \frac{Pc_t}{Pc_k} \cdot 100 = \frac{Pc_t}{Pc_4} \cdot 100 = \frac{0,558333}{0,6} \cdot 100 = 93,06\%$$

Po vyplnění formulářů bylo přistoupeno ke zpracování získaných stohů hodnot podle zásad vyhodnocení UMRA. Byly vyhodnoceny jak jednotlivé řádky (řádkové matice) jednotlivých expertů pro každý z objektů, tak následně celý objekt. Výsledkem je míra opotřebení nebo míra znehodnocení, tedy hodnota charakterizující aktuální stav objektu k datu prohlídky. Samozřejmě že pokud se vychází ze subjektivního hodnocení, je tato hodnota zatížena chybou, které z tohoto titulu vzniká.

Podle míry znehodnocení stanovené na základě provedené rizikové analýzy bylo sestaveno pořadí objektů podle stavebně technického a statického stavu. V nejlepším „stavu“ je objekt s pořadovým číslem 1, následně 14, 17, 19 atd. Objekty 23 a 22 jsou ve velmi špatném stavebně technickém a statickém stavu, jejich oprava (sanace) je ekonomicky velmi náročná a v současné době nemá z ekonomického pohledu opodstatnění. U těchto objektů je doporučeno zvážit jejich demolici.

Objekt 20 nebyl prohlídce přístupný, a proto jeho zařazení do vyhodnocení není relevantní.

V tomto případě se užití této metody jeví jako velice vhodné a poměrně jednoduché.

3.3.2 Hodnocení pravděpodobnostní metodou

Alternativně k výše uvedenému hodnocení bylo provedeno hodnocení pomocí histogramů, tedy podle zásad pravděpodobnosti.

Pro toto pravděpodobnostní hodnocení bylo přirozeně použito shodných vstupních údajů, to znamená individuální hodnocení jednotlivých expertů. Z jednotlivých zdrojů (sloupcových matic) nebezpečí byly vytvořeny histogramy a jejich součinem pak určen výsledný histogram reprezentující každý z hodnocených objektů. Pořadí objektů lze pak určit pro zvolenou pravděpodobnost z těchto výsledných histogramů. Byly zvoleny kvantily: 90%; 95% a 99%.

Tak jako v prvním případě je stanoveno pořadí objektů (*Tabulka 7*) tak i toto pravděpodobnostní vyhodnocení poskytuje možnost sestavit pořadí a to pro různé kvantily (v tomto případě zvolený kvantit 90%; 95% a 99%). Jak se ukázalo, tak toto vyhodnocení je velmi citlivé na hodnocení expertů i rozdělení tohoto hodnocení.

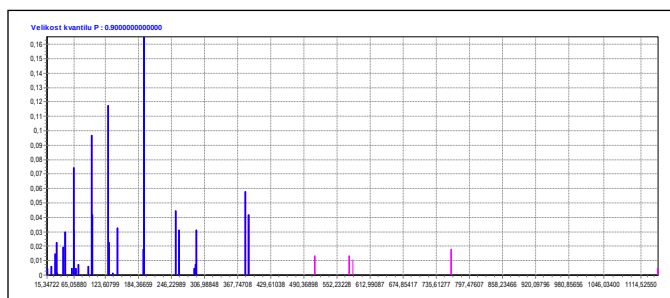
Zatímco při vyhodnocení pomocí prostředků klasické rizikové analýzy podle vztahu (2) obdržíme pro například hodnocení experta s hodnotami (1; 2; 3) a nebo (2; 2; 2), případě (3; 2; 1) naprosto shodný výsledek, tak při pravděpodobnostním vyhodnocení se histogramy těchto hodnocení vzájemně liší.

Tabulka 8: Výsledky pravděpo-dobnostního vyhodnocení objektů pro různý kvantil

Číslo objektu	Kvantil 99%	Kvantil 95%	Kvantil 90%
1	382	253	193
2	576	384	288
3	1948	1307	1157
4	1943	1293	868
5	866	578	577
6	2601	1729	1727
7	763	511	387
8	511	382	258
9	764	574	387
10	763	388	382
11	763	511	387
12	764	389	382
13	764	388	291
14	510	382	259
15	1146	764	511
16	1028	576	388
17	510	259	259
18	770	510	388
19	511	382	259
20	---	---	---
21	2308	1539	1145
22	11673	7794	7785
23	11659	7774	5199

Tato odlišnost je pak zřejmá u kvantilů „na konci“ histogramu a v těchto oblastech (90%; 95% a 99%) obdržíme odlišná pořadí objektů.

Číselné hodnoty pro stanovení pořadí objektů je uvedeno v tabulce (*Tabulka 8*) podle všech tří zvolených kvantilů.



Obrázek 2: Kvantil 90% - výsledného hodnocení objektu číslo 7

Tabulka 9: Srovnání metod použitých pro vyhodnocení objektů

Obj.	zhodnocení	pásmo	Obj.	99%	Obj.	95%	Obj.	90%
1	55,83%	A	1	382	1	253	1	193
8	55,83%	B	14	510	17	259	8	258
14	55,83%		17	510	8	382	14	259
17	55,83%		8	511	14	382	17	259
19	56,67%		19	511	19	382	19	259
10	57,50%		2	576	2	384	2	288
12	57,50%	C	7	763	10	388	13	291
18	57,50%		10	763	13	388	10	382
2	58,33%		11	763	12	389	12	382
7	58,33%		9	764	18	510	7	387
11	58,33%		12	764	7	511	9	387
13	58,33%		13	764	11	511	11	387
16	58,33%		18	770	9	574	16	388
9	59,17%		5	866	16	576	18	388
15	59,17%		16	1028	5	578	15	511
5	63,33%		15	1146	15	764	5	577
21	63,33%	D	4	1943	4	1293	4	868
3	65,83%		3	1948	3	1307	21	1145
4	65,83%		21	2308	21	1539	3	1157
6	68,33%		6	2601	6	1729	6	1727
23	75,83%	E	23	11659	23	7774	23	5199
22	77,50%		22	11673	22	7794	22	7785

3.4 Srovnání metod

Srovnáním obou metod je možno dojít k závěru, že:

- Obě metody (jak klasický, tak pravděpodobnostní přístup) jsou využitelné v této oblasti expertního a znaleckého hodnocení objektů a jeho konstrukcí.
- Pravděpodobnostní přístup zohledňuje rozdělení hodnocení, a proto lépe vystihuje expertem stanovené hodnocení tím, že je respektuje ve výsledném kvantitu a tedy jej promítá do pořadí objektů.
- Z uvedeného důvodu lze dovodit domněnku, že význam pravděpodobnostního přístupu bude umocněn vyšším vzorkem dat, tedy jednak množstvím zdrojů nebezpečí, tak dostatečným počtem expertů. Proto bude vhodnější použití pravděpodobnostního přístupu na rozsáhlejších komplexech staveb (konstrukcí).

3.5 Víceparametrická hodnocení

Uvedená metoda UMRA pracuje lineárně s parametry stejných vah. Hodnocení provedené touto metodou je v pořádku za předpokladu, že hodnotíme kritéria stejné závažnosti, tedy že jednotlivé segmenty poskytují vzájemně vyváženou informaci o zdroji nebezpečí. Není-li tomu tak, nehodnotíme-li spolu segmenty se stejnou vahou, obdržíme výsledek neodpovídající skutečnosti.

Konstatování lze vysvětlit na příkladu hodnocení stavu konstrukce (Obrázek 1). Hodnotíme-li betonovou stěnu suterénu, konstatujeme její stav hodnocením „0“ ÷ „3“. Hodnocení „3“ je ze statického pohledu alarmující stav. Provedeme-li současně totéž hodnocení pro stav omítky této stěny rovněž stupnicí „0“ ÷ „3“ dostaneme pro hodnocení „3“ zcela degradovanou omítku. Stav zcela degradované omítky však není ze statického pohledu zajímavý, oproti stejně hodnocenému stavu nosné konstrukce zdi. Protože nás zajímá konstrukce objektu pro rozhodnutí z hlediska stavebně technického (statického) stavu jako celku, dle vztahu (1) bychom obdrželi tato hodnocení:

Omítka	1
Stěna	3

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{1+3}{3 \cdot 2} = 0,66$$

Stěna	3
Omítka	1

$$Pc_k = \frac{\sum_{ij} Sv_{ijk}^E}{Sv_{\max} \cdot n_{act,k}^E} = \frac{3+1}{3 \cdot 2} = 0,66$$

Výsledek hodnocení u obou příkladů je shodný, ačkoli stav omítky se nijak nepodílí na statické způsobilosti stěny. Proto, pokud nás zajímá jen jakási specifická vlastnost konstrukce, pak tato metoda je dostačující. Ovšem pro celkový pohled na konstrukci je nutné zohlednit váhu, kterou přispívá daný segment svou vahou k celkovému výslednému vnímání nebezpečí. Tedy je nutný další parametr, tzv. váhování kritéria, které odliší podíl (důležitost) hodnocených segmentů na celkovém hodnocení (výsledku).

Tímto víceparametrickým hodnocením docílíme přesnějšího zobrazení několika faktorů současně s různou vahou závažnosti následků nebo četnosti realizace nebezpečí.

Nejjednodušším způsobem lineárního váhování segmentů a tedy určení závažnosti nebezpečí je vyjádření rizika segmentu pomocí indexu priority rizika [1] RPN [*Risk priority numer*].

$$RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \quad (6)$$

Sv = [severity] – závažnost nebezpečí (stupeň závažnosti nebezpečí)

Lk = [likelihood] – pravděpodobná možnost realizace nebezpečí

Dt = [detection] – zjistitelnost nebezpečí, případně poruchy

Použitelnost této metody je dále závislá na odpovědném definování stupnice veličin indexu RPN. Je doporučeno [1] pohybovat se v rozmezí 1 ÷ 3, maximálně 1 ÷ 10 a to shodně pro všechny kritéria hodnocení. Stejně tak dobře lze index priority rizika RPN definovat pomocí dalších rozšiřujících veličin, například:

$$RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \dots \cdot Qu \cdot Fc \quad (7)$$

Fr = [fear] – intenzita znepokojení

Vn = [vulnerability] - zranitelnost

Qu = [quotient] – podíl (podíl významu veličiny)

Fc = [force] – význam (určení vážnosti podílu na vzniku nebezpečí)

Tímto způsobem dle vztahu (7) lze s pomocí víceparametrického hodnocení odlišit riziko plynoucí z porušení konstrukce stěna – omítka jako celku tak, jak je uvedeno výše.

Pro případ dobré kvality omítky a špatné kvality betonové zdi je riziko poruchy

pro stěnu: $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 6 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 6 = 77760$

a pro omítku: $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 = 16$

Pro případ dobré špatné omítky a dobré kvality betonové zdi je riziko poruchy
 pro stěnu: $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6 = 2592$
 a pro omítku: $RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt \cdot Fr \cdot Vn \cdot Qu \cdot Fc = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 32$

Tabulka 10: Příklad stupnice jednotlivých členů hodnocení indexu RPN

Hodnocení							
Sv	Lk	Dt	Fr	Vn	Qu	Fc	body
Žádné	Žádná	Zcela zřejmé	Žádná	Žádná	Žádný		1
Nepodstatné	Nepodstatná	Jednoduše zjistitelné	Nepodstatná	Nepodstatná	Nepodstatný		2
Nezanedbatelné	Nezanedbatelná	zjistitelné	Nezanedbatelná	Nezanedbatelná	Nezanedbatelný		3
Reálné	Reálná	Obtížně zjistitelné	Reálná	Reálná	Reálný		4
Vysoké	Vysoká	Těžce zjistitelné	Vysoká	Vysoká	Vysoký		5
Velmi vysoké	Velmi vysoká	nezjistitelné	Velmi vysoká	Velmi vysoká	Velmi vysoký		6

Z pohledu na konstrukci jako celek vyplývá, že vliv stavu omítek na celkové riziko poruchy v porovnání se stavem vlastní nosné betonové konstrukce je nesrovnatelný a pohybuje se v rozmezí 0,02% až 1,23%. Je skutečností, že stav omítek nemá prakticky žádný význam při hodnocení stavu konstrukce z pohledu statiky k určení stavebně technického a statického stavu objektu.

Vyhodnocení můžeme dále realizovat například metodou FMEA [*Failure Mode and Effect Analysis*] nebo uvedenou pravděpodobnostní metodou PDPV [2], [3], [4], [5], [6].

PODĚKOVÁNÍ

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

LITERATURA

- [1] TICHÝ M., Ovládání rizika, analýza a management, Beckova edice ekonomie, C.H.Beck v Praze 2006, první vydání, ISBN: 80-7179-415-5.
- [2] JANAS, P., KREJSA, M., 2004 „Přímý determinovaný pravděpodobnostní výpočet a jeho využití při posuzování spolehlivosti konstrukcí“, sborník příspěvků I. celostátní konference „Pravděpodobnost porušování konstrukcí“, Ed. Novák, D., Vejvoda, S., str.97 až 106, FAST VUT v Brně, ISBN: 80-214-2718-3.
- [3] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., 2006 ‘Optimalizace výpočtu v programovém systému ProbCalc’, sborník příspěvků mezinárodní konference „Modelování v mechanice“, str. 47 a 48 (plné znění na příloženém CD), ISBN: 80-248-1035-2.
- [4] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., 2005 ‘Aplikace přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu v programu ProbCalc’, sborník abstraktů VII. konference s mezinárodní účastí „Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stavebních konstrukcí“, str. 31 a 32 (2 strany), ISBN 80-7099-742-7 (CD s příspěvky, ISBN 80-8073-404-6).
- [5] JANAS, P., KREJSA, M., 2002 *Simulace spolehlivosti konstrukcí přímým pravděpodobnostním výpočtem*, International conference: „New trends in statics and dynamics of buildings, Slovak university of technology in Bratislava, Faculty of civil engineering, edited by J.Králik, ISBN 80-227-1790-8.
- [6] KRÁLIK, J., 2005 ‘Probability Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Containment Integrity Considering Degradation Effects and High Internal Overpressure’, sborník mezinárodní konference VSU’2005, Sofia, Bulharsko, str. 153 až 158 (6 stran), ISBN 954-331-003-3.

- [7] KUBEČKA, K., *Rizika staveb, příčiny vzniku poruch, důsledky poruch a způsob hodnocení*, VŠB-TU Ostrava, vědecké publikace Fakulty stavební, Edice Doktorské disertační, habilitační a inaugurační spisy, ISSN: 1213-7456, ISBN: 978-80-248-1800-9, Ostrava 2008.
- [8] KUBEČKA, K. *Rizika staveb - Rozdělení rizik ve stavebním procesu a vliv na škody a vady staveb*. Dílčí výzkumná zpráva za rok 2005. Centre for integrated Design of advanced structures. VŠB-TU Ostrava, FAST, 15.1.2006.
- [9] KUBEČKA, K., JONOV, D., KREJSA, M., *Technická rizika staveb – kategorizace potenciálních rizik – dílčí výzkumná zpráva za rok 2007*, CIDEAS – Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, FAST VŠB TU Ostrava 15.1.2008, ISBN 80-01-03487-9.
- [10] SKULINOVÁ, D.: *Vady a poruchy panelových domů*, VŠB-TUO, FAST, 2002
- [11] SKULINOVÁ, D.: *Stavebně technické posouzení panelových bytových domů řady T02B, T03B, VOS, BP-70-OS*, VŠB-TUO, FAST, 2001, 2002, 2003
- [12] KUBEČKA, K. *Technická rizika staveb – vytvoření seznamu všech potencionálních rizik staveb*. Dílčí výzkumná zpráva za rok 2006. Centre for integrated Design of advanced structures. VŠB-TU Ostrava, FAST, 15.1.2007.
- [13] JEŽÍK A.: TaZUS Brno, *Vady a poruchy staveb a zvyšování jakosti ve stavebnictví*, časopis Pozemní stavby 5/1986.
- [14] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/100524-skoda>
- [15] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/31757-cena>

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vladislav Varmuža

Antonín LOKAJ¹, Kristýna VAVRUŠOVÁ²

DESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DRUHŮ LISTNATÉHO ŘEZIVA MALÝCH KONSTRUKČNÍCH ROZMĚRŮ

Abstract

Content of this article is physical and mechanical deciduous timber properties determination using destructive testing and single testing correlative factor assesment.

1 ÚVOD

V současné době dochází, díky cenové dostupnosti a výborným materiálovým charakteristikám, k stále většímu užití dřeva a materiálů na jeho bázi pro stavební účely. Vedle klasického smrkového řeziva se začíná používat i řezivo listnatých stromů, mezi jehož nejčastěji užívané zástupce patří řezivo bukové a dubové a z tohoto důvodu byly pro testování vybrány soubory vzorků těchto dřevin.

2 SOUBORY VZORKŮ

Pro stanovení fyzikálních a mechanických materiálových charakteristik byly sestaveny dva soubory vzorků:

- soubor vzorků bukového řeziva – 60 ks – rozměry: 40*50*1000 mm;
- soubor vzorků dubového řeziva – 60 ks – rozměry: 50*50*1000 mm.

Tyto soubory vzorků byly sestaveny na základě vizuálního zařídění dle platných norem pro daný druh dřeviny (Tab. 1).

Tabulka 1: Vizuální zařídění vybraných souborů vzorků

Druh řeziva	Norma	Posuzovaný typ	Vizuální třída
Buk	ČSN EN 975-1 + A1	Opracované řezivo (vlhkost: 12% ±2%)	F-D A
Dub	ČSN EN 975-1 + A1	Dubový hranol	Q-P A

3 TESTOVÁNÍ LISTNATÉHO ŘEZIVA

Stanovení hustoty

Hustota byla stanovena ze skutečných rozměrů a hmotností vzorků a následně byla převedena dle kritérií ČSN EN 384 na hustotu při 12% vlhkosti.

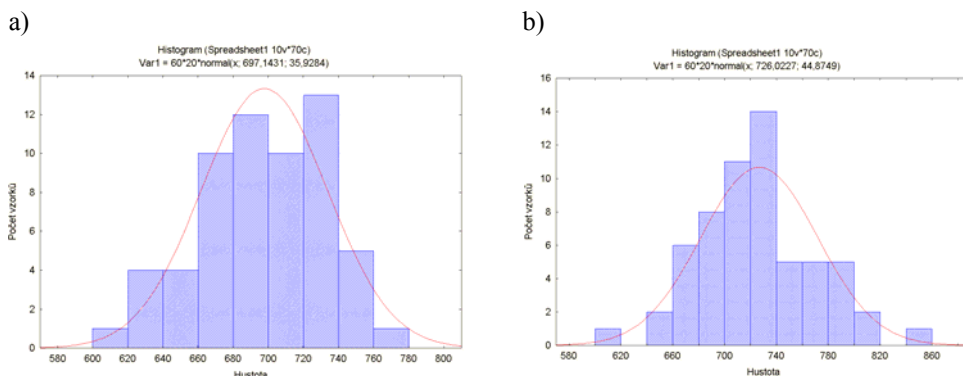
Hustota byla při vlhkosti dřeva větší než 12% redukována o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva a při vlhkosti menší než 12% zvětšena o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva.

¹ Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 302, e-mail: atonin.lokaj@vsb.cz.

² Ing. Kristýna Vavrušová, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 375, e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz.

Pro měření vlhkosti vzorků souboru byly užity dotykové vlhkoměry WNT 650, WHT 860 a FMW-B. Průměrná hodnota vlhkosti souboru vzorků bukového řeziva byla 12,7% a dubového řeziva 9,0%.

Na základě naměřených hodnot byla spočtena hustota vzorů při 12% vlhkosti. U bukového řeziva je průměrná hodnota hustoty 697 kg.m^{-3} a pro dubové řezivo 726 kg.m^{-3} (Obr. 1 a) b)).



Obr. 1: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením hustoty při 12% vlhkosti a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

Pevnost v ohybu

Pro stanovení pevnosti v ohybu byla provedena zatěžovací zkouška na hydraulickém lisu EU 40 (Obr. 2) dle zatěžovacího schématu a podmínek ČSN EN 408.



Obr. 2: Hydraulický lis EU 40

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky je pevnost v ohybu určena dle následujícího vzorce, který uvádí ČSN EN 408:

$$f_m = \frac{a \cdot F_{\max}}{2 \cdot W} \quad [\text{MPa}], \text{ kde} \quad (1)$$

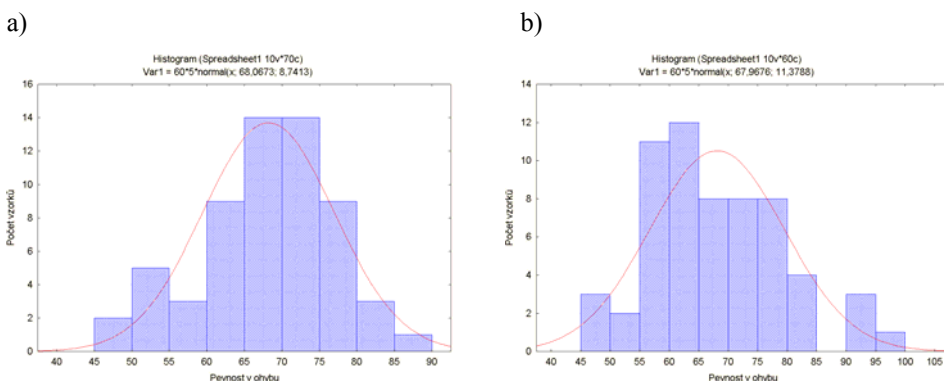
$F_{\max}$... je největší zatížení;
 W ... modul průřezu vzorku;
 a ... vzdálenost zatěžovacího břemene od bližší podpěry.

Hodnota pevnosti v ohybu určena dle vzorce v ČSN EN 408 je dále redukována dle kritérií normy ČSN EN 384 na výšku $h = 150$ mm dělením součinitelem:

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}, \text{ kde} \quad (2)$$

h ... výška průřezu vzorku.

Redukovaná pevnost v ohybu bukového řeziva se pohybuje v rozmezí 45 – 90 MPa a průměrná hodnota je 68,01 MPa. U dubového řeziva se pevnost v ohybu pohybuje v rozmezí 45 – 100 MPa s průměrnou hodnotou 67,97 MPa.



Obr. 3: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením pevnosti v ohybu
a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

Pro možnost zatřídění listnatého řeziva do pevnostních tříd dle ČSN EN 338 je nutno stanovit charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu f_k dle ČSN EN 384 ze vzorce:

$$f_k = f_{05} \cdot k_s \cdot k_v \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (3)$$

- f_{05} ... průměr hodnot 5procentních kvantilů pro každý výběr;
- k_s ... součinitel zohledňující počet výběrů a jejich rozsah (pro jeden výběr o 60 vzorcích $k_s = 0,815$);
- k_v ... součinitel uvažující nižší variabilitu hodnot f_{05} pro strojně tříděné dřevo v porovnání s vizuálně tříděným dřevem (pro vizuální zatřídění $k_v = 1,0$).

Dosazením do vzorce (3) získáme charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu pro bukové dřevo $f_k = 43,34$ MPa a pro řezivo dubové $f_k = 40,62$ MPa.

Modul pružnosti v ohybu

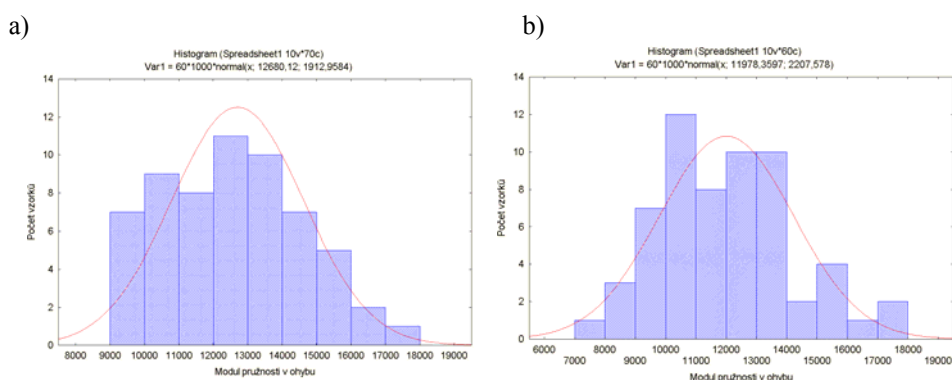
Zatěžovací schéma pro získání modulu pružnosti v ohybu je shodné se zatěžovacím schématem pro získání pevnosti v ohybu.

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky dle ČSN EN 408, je určen modul pružnosti v ohybu dle následujícího vzorce, za předpokladu $E/G = 16$:

$$E_m = \frac{5 \cdot F_{\max} \cdot L^3}{162 \cdot I_y \cdot u} + \frac{16 \cdot \kappa \cdot F_{\max} \cdot L}{3 \cdot A \cdot u} \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (4)$$

$F_{\max}$... je největší zatížení;
 L ... vzdálenost mezi podporami;
 I_y ... moment setrvačnosti vzorku;
 u ... průhyb pod zatěžovacím břemenem;
 κ ... součinitel;
 A ... plocha průřezu vzorku.

Pro bukové řezivo se modul pružnosti v ohybu pohybuje v rozmezí 9 000 – 18 000 MPa s průměrnou hodnotou 12 680 MPa. U dubového řeziva jsou hodnoty modulu pružnosti v ohybu v rozmezí 7 000 – 18 000 s průměrnou hodnotou 11 978 MPa (Obr. 4).



Obr. 4: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením modulu pružnosti v ohybu a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

U bukového řeziva došlo při ohybové zkoušce v 86% k porušení trámu v tahové oblasti a u 14% trámů došlo primárně k porušení v tlakové oblasti (Obr. 5). U řeziva dubového došlo k primárnímu porušení v tlakové oblasti pouze u 4% vzorků a v 96% v oblasti tahové (Obr. 6).



Obr. 5: Porušení bukového řeziva v tlakové oblasti



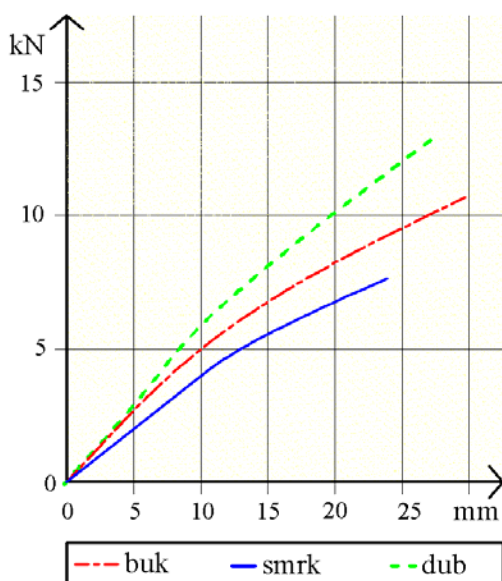
Obr. 6: Porušení dubového řeziva v tahové oblasti

4 ZATĚŽOVACÍ KŘIVKY

Zatěžovací křivka vykresluje závislost přetvoření na velikosti působící síly v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na základě zatěžovacích křivek, získaných při ohybové zkoušce, byla stanovena průměrná zatěžovací křivka celého souboru vzorků v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na obrázku 7 jsou znázorněny průměrné zatěžovací křivky jednotlivých souborů vzorků. Pro srovnání je uvedena i křivka smrkového řeziva získána v předchozím měření na vzorcích obdobných rozměrů.



Obr. 7: Průměrné zatěžovací křivky

Z tohoto obrázku je patrné, že bukové i dubové řezivo vykazuje téměř shodný, lineární průběh zatěžovací křivky pod zatěžovacím břemenem v oblasti do 40% maximálního zatížení. Dále pak při větším zatížení, vykazuje bukové řezivo větší průhyb při stejném zatížení jako řezivo dubové.

5 KORELACE ZÍSKANÝCH HODNOT

Pomocí programu Statistica byly určeny korelační součinitele jednotlivých měření (Tab. 2, Tab. 3).

Tabulka 2: Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností bukového řeziva

	Hustota	Pevnost v ohybu	Modul pružnosti v ohybu
Hustota	1,00	0,53	0,52
Pevnost v ohybu	0,53	1,00	0,45
Modul pružnosti v ohybu	0,52	0,45	1,00

Tabulka 3: Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností dubového řeziva

	Hustota	Pevnost v ohybu	Modul pružnosti v ohybu
Hustota	1,00	0,53	0,49
Pevnost v ohybu	0,53	1,00	0,83
Modul pružnosti v ohybu	0,49	0,83	1,00

Za základní korelační veličinu je brána hustota vzorku, neboť ta přímo vychází se skutečných rozměrů a hmotnosti vzorků. Z výše uvedených tabulek je patrné, že korelační součinitele pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu s hustotou jsou u obou druhů řeziv téměř shodné s hodnotou v rozmezí 0,49 – 0,53.

6 ZÁVĚR

Z výše uvedeného je patrné, že dubové řezivo vykazuje nižší hodnotu pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu při vyšší hustotě než řezivo bukové.

Na základě zjištěných charakteristických pevností v ohybu (bukové řezivo $f_k = 43,34$ MPa a dubové řezivo $f_k = 40,62$ MPa) lze tyto 2 testované druhy řeziva zařadit do pevnostní třídy D40 dle ČSN EN 338.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti, ČNI, říjen 2003.
- [2] ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností, ČNI, únor 2004.
- [3] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty, ČNI.
- [4] ČSN EN 975-1 +A1 Řezivo – Vizuální třídění listnatého dřeva – Část 1: Dub a buk. ČNI, leden 2001.
- [5] LOKAJ, A., VAVRUŠOVÁ, K., HURTA, J., Materiálové charakteristiky jehličnatého dřeva, In *SBORNÍK vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, vydavatel: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 1 – 4, ISBN 978-80-248-1661-6, ISSN 1213-1962.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Jan Pajdla, L.A.Bernkop 1883, a.s., Frenštát pod Radhoštěm

David PUSTKA¹, Radim ČAJKA², Pavel MAREK³

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI ŠTÍHLÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRUTU NAMÁHANÉHO VÍCEKOMPONENTNÍM ÚČINKEM ZATÍŽENÍ METODOU SBRA

Abstract

Modern supporting reinforced concrete structures, i.e. columns, piers, frame legs, etc., are characteristic by their higher slendernesses. Effects of external forces on these structures are significantly dependent on their deformations. In the reliability assessment of these structures it is necessary to deal with the equilibrium of internal and external forces acting on deformed structure. Rapidly growing potential of computer technology allows utilize fully probabilistic methods of reliability assessment of structures. The subject of this paper is study demonstrating probabilistic reliability assessment of slender reinforced concrete column exposed to multi-component load effect represented by centric normal compressive force and bending moment. The solution is based on the fully probabilistic SBRA (Simulation-Based Reliability Assessment) method (see e.g. [1], [2], [3]).

1 ÚVOD

Štíhlé, mimostředně tlačené pruty jsou v moderním betonovém stavitelství používány čím dál častěji - ať již ve tvaru samostatných konstrukcí (sloupů, pilířů), nebo jako součást prutových systémů (např. stojky sdružených nebo patrových ráků). Jejich charakteristickým znakem je, že účinky vnějších sil jsou ovlivněny průhybem. Tím je jejich statické vyšetřování ztíženo, zvláště při větších štíhlostech, kdy podmínkou spolehlivého a hospodárního návrhu je výstižné zavedení vlivu průhybu do výpočtu. Poznatky získané z výzkumu chování betonových konstrukcí spolu s užitím teorie spolehlivosti (viz např. [9], [10]) a dostupné výkonné výpočetní techniky dovolují uvažovat o přechodu k plně pravděpodobnostním metodám navrhování a posuzování těchto štíhlých konstrukcí. Jednou z plně pravděpodobnostních metod založených na počítačové simulaci Monte Carlo je metoda SBRA, podrobně zdokumentovaná již v řadě publikací (viz např. [1], [2], [3], [16]).

Většina veličin, ovlivňujících výslednou spolehlivost stavebních konstrukcí, je náhodně proměnná. Metoda SBRA používá k popisu těchto náhodných veličin přednostně ohraničených histogramů, jež zpravidla lépe aproximují skutečná pravděpodobnostní rozdělení těchto veličin, než rozdělení parametrická. Použitím Monte Carlo simulace je možno zkoumat kombinace vstupních náhodných veličin prostřednictvím vhodného matematického modelu. Výstupem z této simulace jsou veličiny rovněž náhodně proměnné. Spolehlivost konstrukce lze ověřit pomocí funkce spolehlivosti $RF = R - E$, kde R představuje odolnost konstrukce a E účinek zatížení. Z vypočtené funkce spolehlivosti je možno přímo určit pravděpodobnost poruchy P_f . Kritérium spolehlivosti je vyjádřeno nerovností $P_f < P_d$, kde P_d je návrhová pravděpodobnost, jejíž velikost by měla být stanovena v příslušné normě (viz např. příloha A [7]).

Většina současných norem (včetně Eurokódů – viz např. [11]) je založena na metodě dílčích součinitelů, vycházející z filozofie mezních stavů. Od data vzniku této metody uplynulo již několik desetiletí. V době vzniku této metody byly dostupné pouze jednoduché výpočetní nástroje, což bylo důvodem zavedení mnoha zjednodušení, jež v obdobní výkonných počítačů není opodstatněné. Mezi

¹ Ing. David Pustka, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 949, e-mail: david.pustka@vsb.cz.

² Doc. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

³ Prof. Ing. Pavel Marek DrSc., Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd ČR, 190 00 Praha, Prosecká 76, tel. +420 283 882 462 e-mail: marekp@itam.cas.cz.

významné nedostatky metody dílčích součinitelů patří nemožnost přímé kvantifikace spolehlivosti vyšetřované konstrukce, komplikované nalezení kritické kombinace účinků zatížení, značná obtížnost řešení spolehlivosti při časově proměnných funkcích odolnosti a zatížení, aj. Uvedenými nedostatky netrpí pravděpodobnostní metody, jež dokáží efektivněji využít potenciálu výpočetní techniky při uvažování přesnějších matematických modelů a respektování variability vstupních veličin prostřednictvím odpovídajících pravděpodobnostních funkcí. Významná je rovněž možnost přímého vyjádření pravděpodobnosti poruchy, s níž lze pracovat dále např., při rizikových analýzách.

Potenciál pravděpodobnostní metody SBRA lze využít i pro řešení spolehlivosti štíhlých železobetonových prutových konstrukcí, jak je naznačeno v následujících odstavcích..

2 ROVNOVÁHA NA ŠTÍHLÉM MIMOSTŘEDNĚ ZATÍŽENÉM PRUTU

Rovnováhu vnitřních a vnějších sil v průřezu štíhlého prutu lze sledovat, jestliže vyjádříme ohybový moment M jako funkci nezávisle proměnné deformace y_0 volného konce prutu veřknutého v patě (viz Obr. 1). Deformace y_0 je závislá na křivosti $y'' = 1/r$ v uvažovaném průřezu (r je poloměr křivosti deformační křivky):

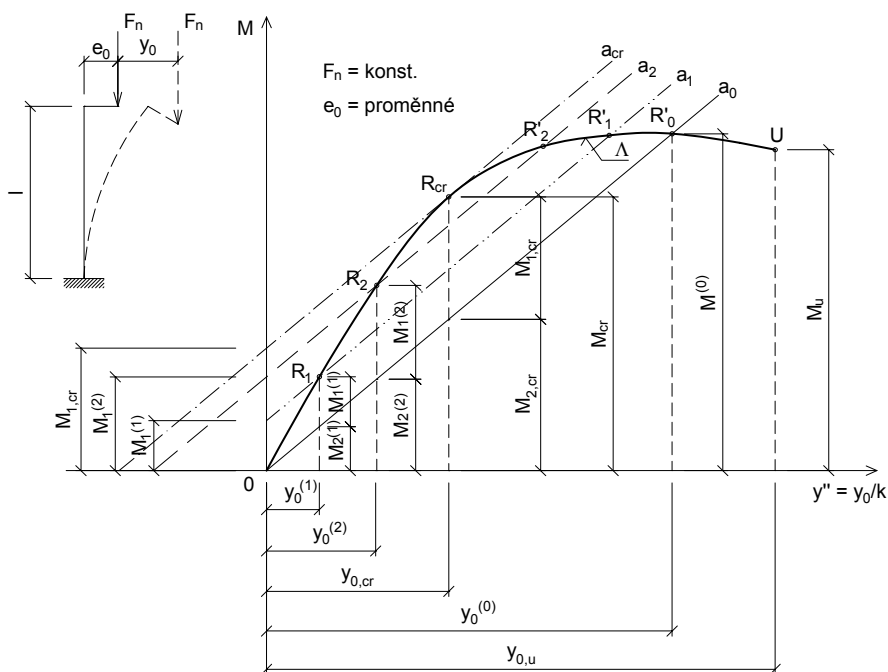
$$y_0 = f(y'') \quad (1)$$

Parametrem je zde zatížení F_n (vnější síla N).

Jestliže přibližně vyjádříme deformaci y_0 jako lineární funkci křivosti prutu y'' v uvažovaném průřezu:

$$y_0 = k \cdot y'', \quad (2)$$

kde k je konstanta závislá na tvaru deformační křivky, vztah „ $M - y''$ “ lze použít jako základ výstižného přibližného řešení (viz např. [6], [4]).



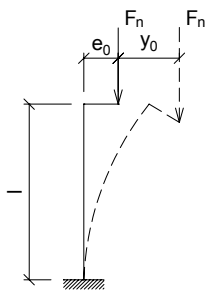
Obr. 1: Vztah $M - y''$ v patě průřezu prutu z fyzikálně nelineárního materiálu, kde $F_n = \text{konst.}$ a $y_0 = ky''$

Odchyšky v důsledku použití lineární aproximace (2) jsou relativně malé až do štíhlosti cca 150. Pro vyšší hodnoty štíhlosti se rozdíl mezi tvarem deformační křivky odpovídající různým křivostem prvku stává významným a závislost (2) přechází v obecný vztah (1), takže přímky se mění ve křivky. Jejich tvar je závislý na fyzikální nelinearitě prutu podél jeho délky, takže tvar je závislý nejen na velikosti síly F_n , ale také na její počáteční excentricitě e_0 . Vztah mezi vnitřními a vnějšími silami v průřezu v patě nehmotného prutu z fyzikálně nelineárního materiálu zatíženého konstantní normálovou silou $F_n = N$ s uvažováním lineární aproximace (2) je možno vyjádřit dle Obr. 1.

Křivka Λ znázorňuje průběh momentů vnitřních sil M_r průřezu při současném působení centrické vnitřní síly N v závislosti na křivosti y'' v místě vetknutí. Přímky $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{cr}$ znázorňují závislost celkových ohybových momentů $M = M_1 + M_2$ vnějších sil na deformaci y_0 volného konce prutu. Úseky na ose M odpovídají počátečním ohybovým momentům $M_1 = F_n \cdot e_0$. Rovnováha vnitřních a vnějších sil vznikne v průsečících čáry Λ a přímek $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{cr}$. Body $0, R_1, R_2$ znázorňují jejich stabilní rovnováhu. Při zvětšení deformace y_0 vnějším impulsem až k bodům R'_0, R'_1, R'_2 je moment vnitřních sil v okamžiku odstranění impulsu větší než moment vnějších sil, při zmenšení deformace naopak, proto se prut rozkmitá kolem rovnovážné polohy. V bodech R'_0, R'_1, R'_2 je dosaženo labilní rovnováhy, při zvětšení deformace převažuje účinek vnějších sil a deformace se zvětšuje až do porušení průřezu. Vzroste-li excentricita e_0 (a tedy i počáteční ohybový moment M_1) tak, že přímka $a'_i \equiv a_{cr}$ se dotýká křivky Λ v bodě R_{cr} , je rovnováha vnějších a vnitřních sil pouze labilní. Tuto počáteční excentricitu $e_0 = e_{cr}$ lze označit jako kritickou pro břemeno F_n . Křivka Λ je ukončena v bodě U , jehož pořadnice odpovídá momentu vnitřních sil při vyčerpání únosnosti průřezu, tedy kdy deformace jednoho z krajních vláken dosáhnou mezí hodnoty (dojde k rozdrčení betonu nebo k přetržení výztuže).

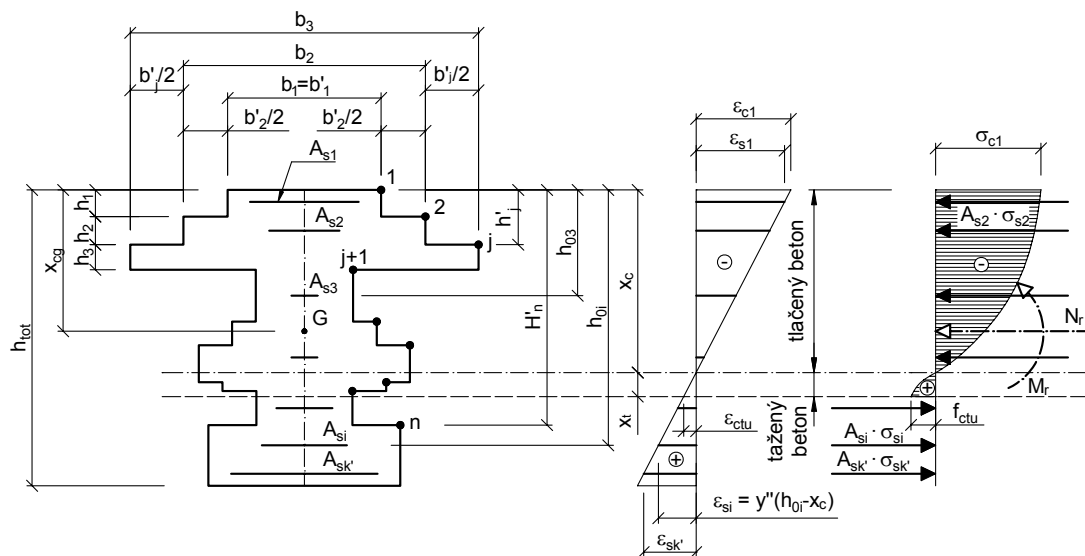
3 PŘÍKLAD PRAVDĚPODOBNOSTNÍHO ŘEŠENÍ SPOLEHLIVOSTI ŠTÍHLÉHO ŽELEZOBETONOVÉHO PRUTU METODOU SBRA

Jak již bylo dříve uvedeno, při řešení štíhlých excentricky tlačенých prutů je třeba zabývat se rovnováhou vnitřních a vnějších sil na deformované soustavě. Pro analýzu spolehlivosti těchto konstrukcí je možno použít pracovních diagramů průřezů, jež vyjadřují závislost mezi vnitřním ohybovým momentem $M_r(x)$ při dané normálové síle $N_r(x) = N_r(x)$ a odpovídající křivostí ohybové čáry y'' , kde r je poloměr křivosti. Pracovní diagram průřezu je závislý na pracovních diagramech betonu a oceli. Při nižších štíhlostech postačuje uvažovat zjednodušené průběhy pracovních diagramů, při větších štíhlostech však závisí výstižnost řešení podstatně na tom, jak tvar pracovních diagramů odpovídá skutečnosti. Vyjádříme-li přibližně průhyb y_0 jako lineární funkci křivosti prutu y'' ve vyšetřovaném bodě prutu (viz předchozí kapitola), lze vztah $M_r(x, y'')$ velmi výhodně využít pro přibližné řešení úlohy. Na tomto principu je založena metoda náhradního štíhlého prutu (viz např. [4]), jež je použita k řešení dále uvedeného příkladu. S ohledem na velký rozsah řešení úlohy jsou v tomto příspěvku uvedeny pouze vybrané části řešení. Kompletní řešení úlohy lze nalézt v [17].



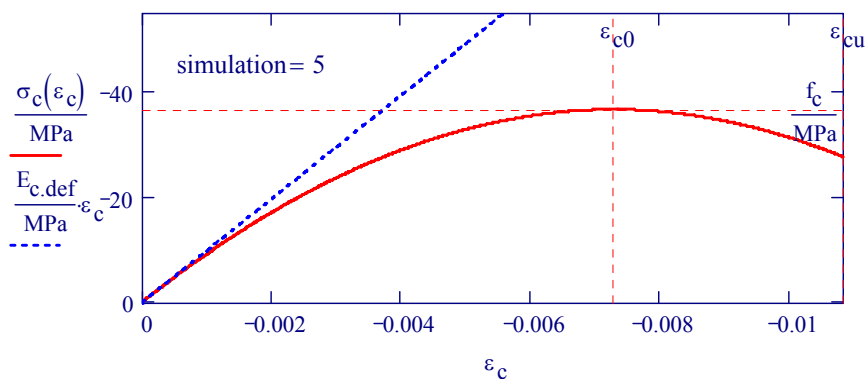
Obr. 2: Schéma vyšetřovaného prutu zatíženého mimostředně působící normálovou tlakovou silou

Předmětem řešení je štíhlý železobetonový prut vetknutý v patě a volný v hlavě (viz Obr. 2). Prut je zatížen mimostředně působící normálovou tlakovou silou. Pro možnost obecného řešení úlohy byl uvažován průřez složený z dílčích obdélníků (viz Obr. 3) s vyznačením předpokladu o jeho přetvoření a napjatosti. Vstupní veličiny jsou uvažovány jako náhodně proměnné, popsané příslušnými ohraničenými histogramy.

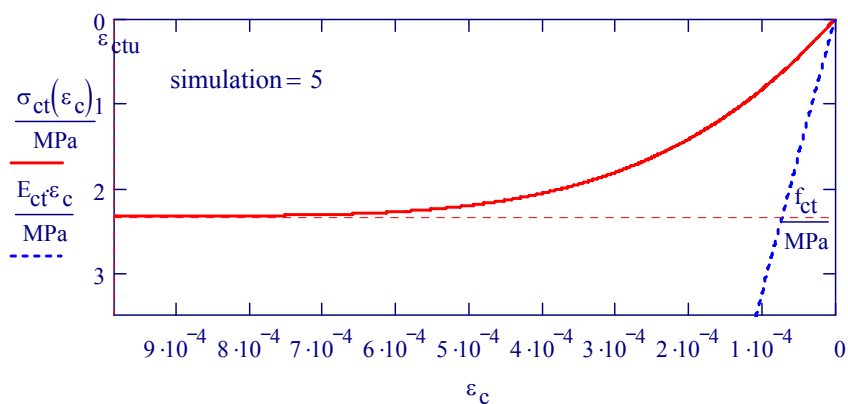


Obr. 3: Přetvoření a napětí železobetonového průřezu složeného tvaru, namáhaného mimostředním tlakem

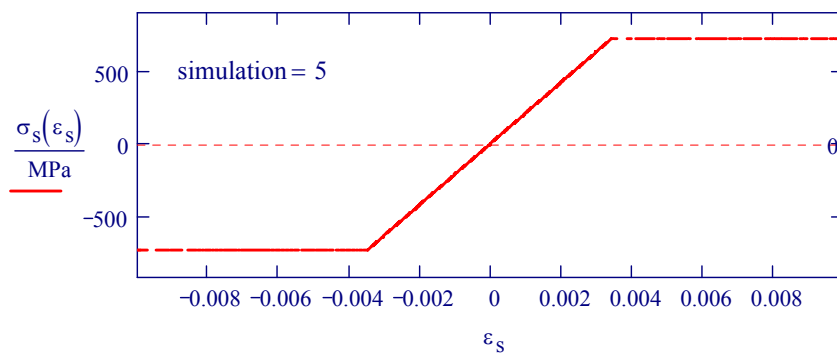
S ohledem na dostatečnou přesnost řešení jsou zde pracovní diagramy tlačeného a taženého betonu vyjádřeny pomocí hyperboly a pracovní diagram oceli pomocí zvrhlé hyperboly. Grafické vyjádření těchto pracovních diagramů, odpovídající zvolenému simulačnímu kroku, je uvedeno na Obr. 4, 5 a 6.



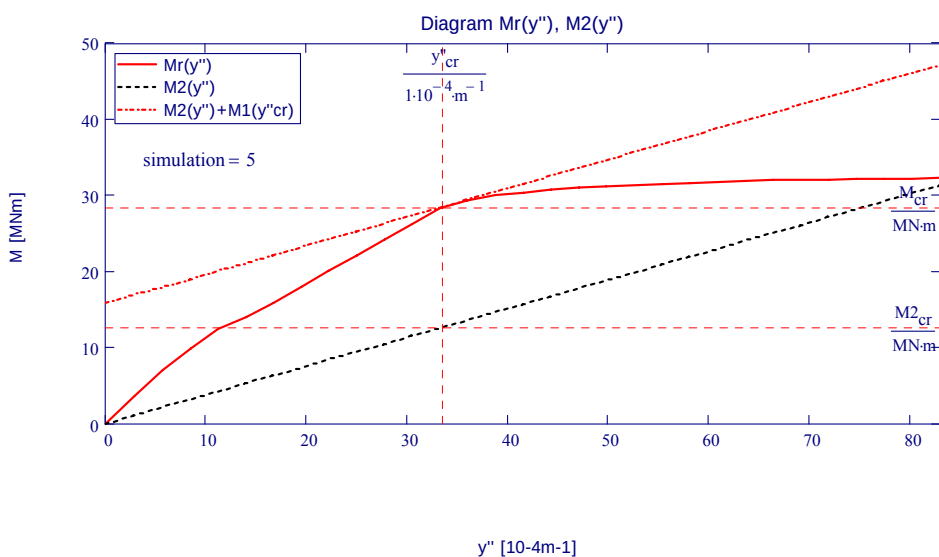
Obr. 4: Pracovní diagram tlačeného betonu



Obr. 5: Pracovní diagram taženého betonu

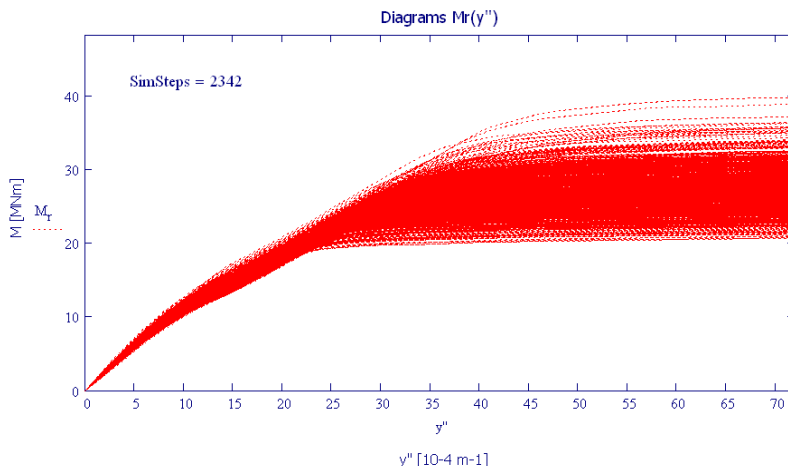


Obr. 6: Pracovní diagram výztuže



Obr. 7: Pracovní diagram průřezu $M_r(y'')$ a moment druhého řádu $M_2(y'')$ odpovídající vybranému simulačnímu kroku

Ukázka sestaveného pracovního diagramu průřezu, tj. závislost $M_r(x, y'')$, odpovídající zvolenému simulačnímu kroku, je uvedena na Obr. 7. Na tomto obrázku je rovněž vyznačena lineární závislost ohybového momentu druhého řádu $M_2(y'')$. Vedením přímky rovnoběžné s přímkou $M_2(y'')$ a dotýkající se křivky $M_r(x, y'')$ lze získat hodnotu kritické křivosti y''_{cr} a kritických momentů M_{cr} , $M_{2,cr}$ a $M_{1,cr}$. Překročením této kritické křivosti již nelze dosáhnout rovnováhy vnitřních a vnějších sil na přetvořené konstrukci. Na Obr. 8 je pro ilustraci vyznačen rozptyl získaný výpočtem pracovních diagramů průřezu pro zvolený počet simulačních kroků.

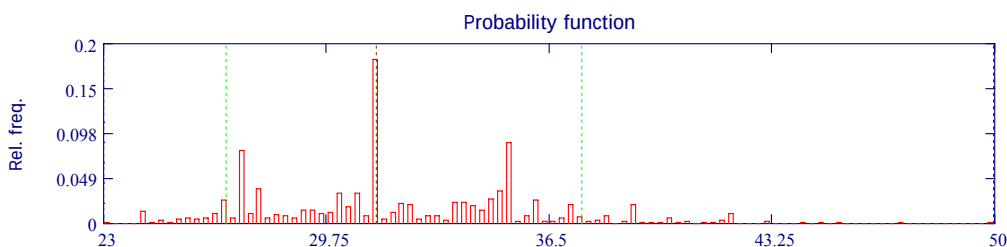


Obr. 8: Rozptyl pracovních diagramů průřezu $M_r(y'')$ pro zvolený počet simulačních kroků

Pravděpodobnostní funkce kritické křivosti y''_{cr} , vypočtená na základě pracovních diagramů průřezu získaných z jednotlivých simulačních kroků (viz Obr. 1), je uvedena na Obr. 9. Polohu neutrálné osy v průřezu reprezentuje histogram uvedený na Obr. 10.

HisName(TableOfHistograms, item) = "n:\results\y''_cr [10-4 m-1].his"

his := HisData(TableOfHistograms, item)



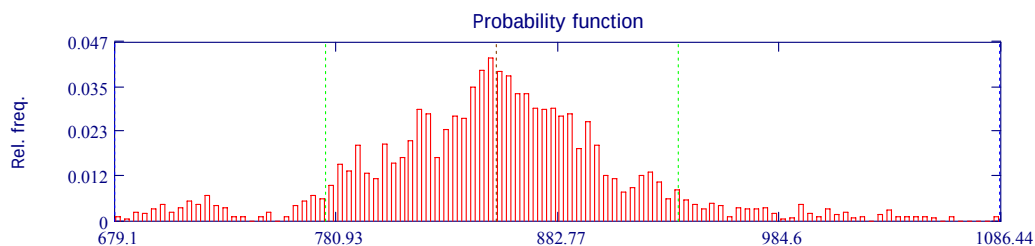
INFO(his, P₁, P₂, Q) =

"minimum"	22.99965	"skewness"	0.473305088
"maximum"	49.996	"concentration coefficient"	3.4053035229
"bins"	100	"kurtosis"	0.4053035229
"simulations"	2578	"probability(0)"	0
"mean"	31.9644697329	"quantile(7e-05)"	23.0158892044
"variance"	15.1774612857	"quantile(0,07)"	26.7395166648
"standard deviation"	3.8958261365	"quantile(0,5)"	31.2901229858
"median"	31.2901229858	"quantile(0,99993)"	49.9797607956
"variance coefficient"	0.1218798926	"quantile(0,93)"	37.4957900717

Obr. 9: Histogram kritické křivosti y''_{cr}

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\x_c_cr [mm].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



INFO(his,P₁,P₂,Q) =

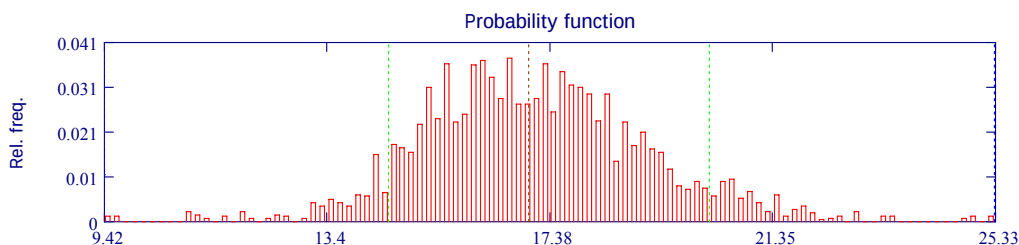
"minimum"	679.0972377	"skewness"	0.1835703213
"maximum"	1086.435035	"concentration coefficient"	4.3471258125
"bins"	100	"kurtosis"	1.3471258125
"simulations"	2578	"probability(0)"	0
"mean"	855.1578612056	"quantile(7e-05)"	679.342264963
"variance"	3604.9879847485	"quantile(0,07)"	776.4401089134
"standard deviation"	60.0415521514	"quantile(0,5)"	854.9784390886
"median"	854.9784390886	"quantile(0,99993)"	1086.190007737
"variance coefficient"	0.0702110743	"quantile(0,93)"	938.3464089397

Obr. 10: Histogram polohy neutrálné osy $x_{c,cr}$

Na základě znalosti hodnoty kritické křivosti y''_{cr} můžeme určit momentovou únosnost průřezu $M_{1,cr}$ a taktéž kritický průhyb prutu $y_{0,cr}$. Vypočtené pravděpodobnostní funkce těchto veličin jsou uvedené na Obr. 11 a 12. Spolehlivost konstrukce v pravděpodobnostním posudku lze ověřit na základě příslušné funkce spolehlivosti $RF = R - E$, kde R představuje odolnost a E účinek zatížení. Příklad vypočtené funkce bezpečnosti, odpovídající ohybové únosnosti prvního řádu, je pro provedený počet simulačních kroků uveden na Obr. 13.

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\M1_cr_opr [MNm].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



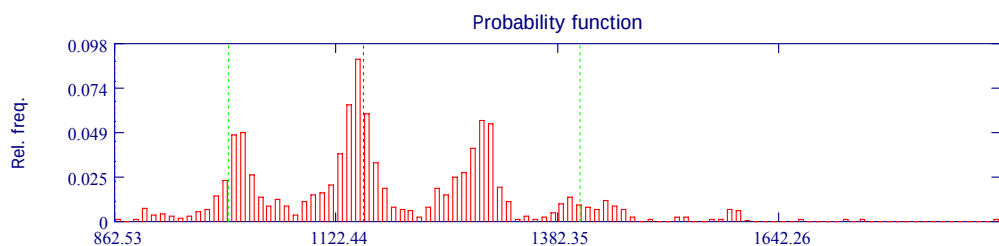
INFO(his,P₁,P₂,Q) =

"minimum"	9.423218706	"skewness"	0.2280415385
"maximum"	25.33109492	"concentration coefficient"	3.9806196997
"bins"	100	"kurtosis"	0.9806196997
"simulations"	2578	"probability(0)"	0
"mean"	17.1075621226	"quantile(7e-05)"	9.4327878238
"variance"	4.1032738273	"quantile(0,07)"	14.5086860044
"standard deviation"	2.0256539258	"quantile(0,5)"	17.0044579988
"median"	17.0044579988	"quantile(0,99993)"	25.3215258022
"variance coefficient"	0.1184069309	"quantile(0,93)"	20.2289617819

Obr. 11: Histogram kritického momentu prvního řádu $M_{1,cr}$

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\y0_cr_opr [mm].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



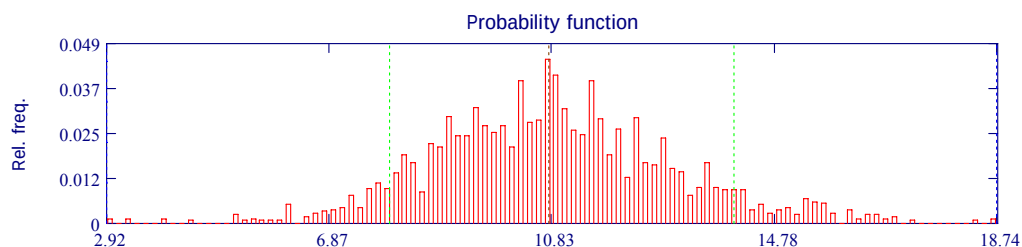
INFO(his,P₁,P₂,Q) =

"minimum"	862.5319272	"skewness"	0.6178611828
"maximum"	1902.175266	"concentration coefficient"	3.7768272867
"bins"	100	"kurtosis"	0.7768272867
"simulations"	2578	"probability(0)"	0
"mean"	1183.4381284607	"quantile(7e-05)"	863.1573073231
"variance"	20869.824653173	"quantile(0,07)"	997.2222815807
"standard deviation"	144.4639216316	"quantile(0,5)"	1155.4787969421
"median"	1155.4787969421	"quantile(0,99993)"	1901.5498858769
"variance coefficient"	0.1220713767	"quantile(0,93)"	1409.7188173526

Obr. 12: Histogram kritického průhybu pilře $y_{0,cr}$

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\RF_M1_cr_opr [MNm].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



INFO(his,P₁,P₂,Q) =

"minimum"	2.91658789	"skewness"	0.1923028421
"maximum"	18.73966113	"concentration coefficient"	3.5925814261
"bins"	100	"kurtosis"	0.5925814261
"simulations"	2578	"probability(0)"	0
"mean"	10.8399089555	"quantile(7e-05)"	2.926105996
"variance"	4.5637025755	"quantile(0,07)"	7.9434463994
"standard deviation"	2.1362824194	"quantile(0,5)"	10.7703358947
"median"	10.7703358947	"quantile(0,99993)"	18.730143024
"variance coefficient"	0.1970756792	"quantile(0,93)"	14.0721297081

Obr. 13: Histogram funkce spolehlivosti ohybové únosnosti průřezu $RF_{M1,cr}$

Z Obr. 13 je zřejmé, že vypočtená pravděpodobnost poruchy je rovna nule (probability(0) = 0). Zde je potřeba poznamenat, že provedený počet simulačních kroků není (s ohledem na návrhovou pravděpodobnost P_d) dostatečný pro posudek v mezním stavu bezpečnosti. Z důvodu velké časové náročnosti výpočtu nebyl potřebný počet simulačních kroků proveden. Na optimalizaci programu pro možnost použití většího počtu simulací v přijatelném čase se pracuje. Obdobně by bylo možno provést výpočet funkce použitelnosti pro maximální kritický průhyb s následným vyčíslením odpovídající pravděpodobnosti poruchy. V tomto případě (odpovídající meznímu stavu použitelnosti) by se použitý počet simulačních kroků mohl považovat za dostačující.

4 ZÁVĚR

V příspěvku je stručně naznačen pravděpodobnostní přístup k řešení spolehlivosti štíhlých železobetonových prutů při uvažování vstupních veličin jako náhodně proměnných. Výpočtový model je založen na metodě náhradního štíhlého prutu, při uvažování výstižných pracovních diagramů materiálů vyjádřených pomocí hyperboly pro tlacený a tažený beton a zvrhlé hyperboly pro ocel výztuže. S ohledem na možnost využití programu pro výpočet v praxi často používaných průřezů, byl průřez prutu uvažován jako složený z dílčích obdélníků s vícero řadami výztuže. Řešení je možno upravit i pro jiné tvary průřezu prutu (např. kruh). Uvedenou základní úlohu je možno rozšířit na řešení systémů tvořených štíhlými železobetonovými pruty (viz např. [4]). Příklad pravděpodobnostního řešení sdružené pilířové soustavy lze nalézt v [17]. Výhodou použití pravděpodobnostního řešení je možnost aplikace přesnějších výpočtových modelů a taktéž možnost přímé kvantifikace spolehlivosti pomocí pravděpodobnosti poruchy vypočtené z odpovídající funkce spolehlivosti.

LITERATURA

- [1] Marek, P., Guštar, M., Anagnos, T. (1995): Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- [2] Marek, P., Guštar, M. a Bathon, L. (1998): Tragwerksbemessung. Von deterministischen zu probabilistischen Verfahren. Academia, Praha.
- [3] Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M., Tikalsky, J. P. (2003): Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Background, Exercises and Software. Second Edition. Institut of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha.
- [4] Janda, L., Křístek, V., Kvasnička, M., Procházka, J. (1983) Štíhlé betonové tlačené pruty. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury.
- [5] CEB-FIP (1978) Model Code for Concrete Structures. Bulletin d'Information No 125-E, Paris.
- [6] CEB (1977) Design Manual on Buckling, Bulletin d'Information No 123, Decembre, Paris.
- [7] ČSN 731401 (1998): Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut.
- [8] Pustka, D., Čajka, R., Marek, P., Kaločová, L. (2008). Multi-Component Loads Effect Analysis on a Slender Reinforced Concrete Column Using Probabilistic SBRA Method. In: Eleventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-11) "Building a Sustainable Environment". Taipei, Taiwan, November 19-21, 2008.
- [9] Teplý, B., Novák, D. (1998): Spolehlivost stavebních konstrukcí. Teorie, numerické metody, navrhování, software. Brno : CERM.
- [10] Holický, M., Marková, J. (2005): Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. Praha : ČVUT.
- [11] ČSN EN 1992-1-1 (2006): Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha : Český normalizační institut.
- [12] Bradáč, J. (1996): Betonové konstrukce - 1.část: Dimenzování prvků ze železového a prostého betonu. Ostrava : EXPERT.
- [13] Martin, L., Purkiss, J. (2006): Concrete Design to EN 1992. 2nd. ed. London : Butterworth-Heinemann..
- [14] Arya, CH. (2003) Design of structural elements. Concrete, steelwork masonry and timber design to British Standards and Eurocodes. Oxon : Spon Press.
- [15] Pavelka, L., Doležalová, J. (1995): Pravděpodobnost a statistika. Ostrava : VŠB-TU.
- [16] Guštar, M. (2002): Moderní metody simulace systémů - metoda SBRA. Disertační práce. VŠB-TUO .

- [17] Pustka, D. (2008): Využití pravděpodobnostní metody SBRA při navrhování štíhlých železobetonových konstrukcí namáhaných statickým zatížením. Habilitační práce. VŠB-TU Ostrava (v tisku).
- [18] Moravčík, M., Zemko, Š. Betónové mosty 1. Všeobecná časť. Mosty zo železobetónu. ŽU Žilina, 2004.
- [19] Menčík, J. Optimální dimenzování s ohledem na spolehlivost a náklady. In: Spolehlivost konstrukcí IX, Praha, 2008.
- [20] Kohoutková, A., Trtík, K., Vašková, J., Vodička, J. Betonové konstrukce 1. Praha: ČVUT, 2005.
- [21] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [22] Bujňák, J., Furtak, K., Vičan, J. Navrhovanie konštrukcií podľa Eurokódov. Žilina: Žilinská univerzita, 2003. ISBN 80-8070-078-8.
- [23] Hájek, J. Pretvorenia betónových konštrukcií. VEDA Bratislava, 1994.
- [24] Haldar A., Mahadevan S. Probability, reliability and statistical methods in engineering design. John Willey & Sons, Inc, New York, 2001, ISBN 0-471-33119-8.
- [25] Harvan, I. Železobetónové nosné sústavy. Navrhovanie podľa Európskych noriem. Bratislava: STU Bratislava, 2006. ISBN 80-227-2414-9.
- [26] Majdúch, D., Harvan, I., Fillo, Ľ. Riešenie betónových konštrukcií v praxi. ALFA Bratislava, 1991.
- [27] Web page www.anthill-sbra.com

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Kamil Burkovič

David PUSTKA¹, Radim ČAJKA², Pavel Marek³

**PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI SDRUŽENÉ PILÍŘOVÉ SOUSTAVY
TVOŘENÉ ŠTÍHLÝMI ŽELEZOBETONOVÝMI PRUTY METODOU SBRA**

Abstract

Modern reinforced concrete structural systems, formed by various slender members (i.e. columns, piers, frame legs, etc.), are used more frequent than ever. Effects of external forces on these structures are significantly dependent on their deformations. Reliability assessment of these structures should be based on equilibrium of internal and external forces acting on deformed structure. Rapidly growing potential of computer technology allows utilize fully probabilistic methods of reliability assessment of structures. Subject of this paper is study demonstrating probabilistic reliability analysis of a continuous reinforced concrete frame exposed to random variable loads. As well, other input quantities (e.g. material and geometrical properties) are considered as random variables. Solution of this problem is based on the fully probabilistic SBRA (Simulation-Based Reliability Assessment) method (see e.g. [1], [2] and [3]) allowing direct determination of structure reliability.

1 ÚVOD

Železobetonové konstrukční systémy, tvořené excentricky zatíženými štíhlými pruty (např. sloupky, pilíři, rámovými stojkami, atd.) se v moderním betonovém stavitelství používají čím dál tím častěji. Při statickém řešení těchto soustav, je třeba přihlédnout ke geometrické a fyzikální nelinearitě. Významnou částí výpočtu je určení kritického zatížení soustavy, tj. zatížení, při němž je na deformované soustavě dosaženo labilní rovnováhy vnitřních a vnějších sil. Nejčastějším tvarem prutových soustav se štíhlými pruty jsou v mostním stavitelství soustavy štíhlých, v patách vetknutých pilířů spojených v horních koncích kloubově připojeným trámem, nebo sdrúžené rámy se štíhlými stojkami. V pozemních a průmyslových stavbách se navrhuji patrové rámy se štíhlými stojkami. Štíhlé pruty jsou tedy v těchto nejvýznamnějších případech svislé pilíře nebo stojky.

Významný rozvoj výpočetní techniky v minulých desetiletích podpořil rozvoj plně pravděpodobnostních metod posudku spolehlivosti stavebních konstrukcí. Současné normy, jež jsou ve velké míře založeny na metodě dílčích součinitelů, mají řadu omezení, přičemž mezi ty nejvýznamnější patří: (a) nemožnost přímé kvantifikace spolehlivosti vyšetřované konstrukce, (b) problémy s nalezením kritické kombinace vícekomponentních účinků zatížení a (c) problematika začlenění různých časově proměnných účinků ovlivňujících bezpečnost, použitelnost a trvanlivost stavebních konstrukcí do posudku spolehlivosti. Tyto a taktéž další, zde nejmenované, nedostatky metody dílčích součinitelů odstraňují plně pravděpodobnostní metody, mezi které patří i metoda SBRA (Simulation-Based Reliability Assessment) - viz. např. [1], [2] a [3], založená na Monte Carlo simulační technice. Přímá kvantifikace spolehlivosti vyšetřované konstrukce je možná pouze za předpokladu popisu náhodných veličin pomocí odpovídajících rozdělení pravděpodobnosti. V metodě SBRA jsou s výhodou používány ohraničené histogramy, jež zpravidla lépe aproximují rozptyl skutečných veličin, než rozdělení parametrická. Výpočetní potenciál této metody je naznačen v

¹ Ing. David Pustka, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 949, e-mail: david.pustka@vsb.cz.

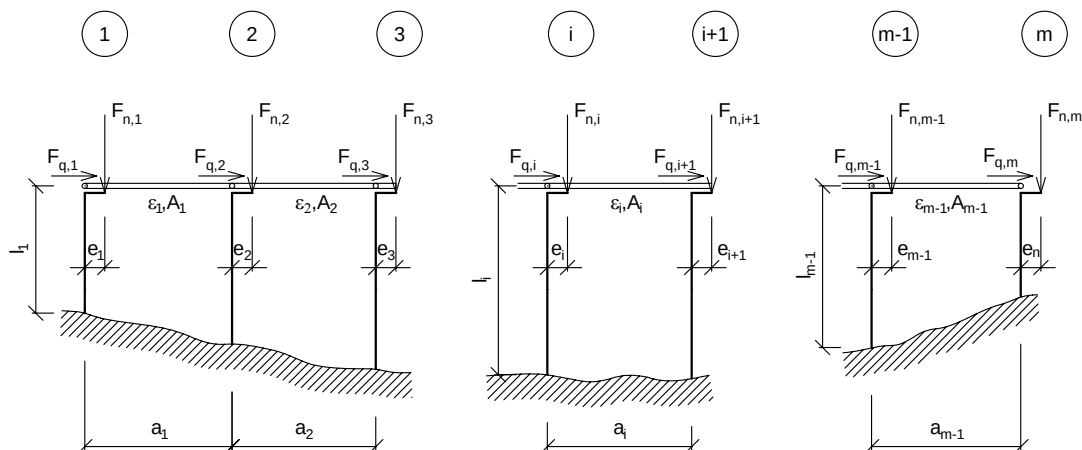
² Doc. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

³ Prof. Ing. Pavel Marek DrSc., Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd ČR, 190 00 Praha, Prosecká 76, tel. +420 283 882 462 e-mail: marekp@itam.cas.cz.

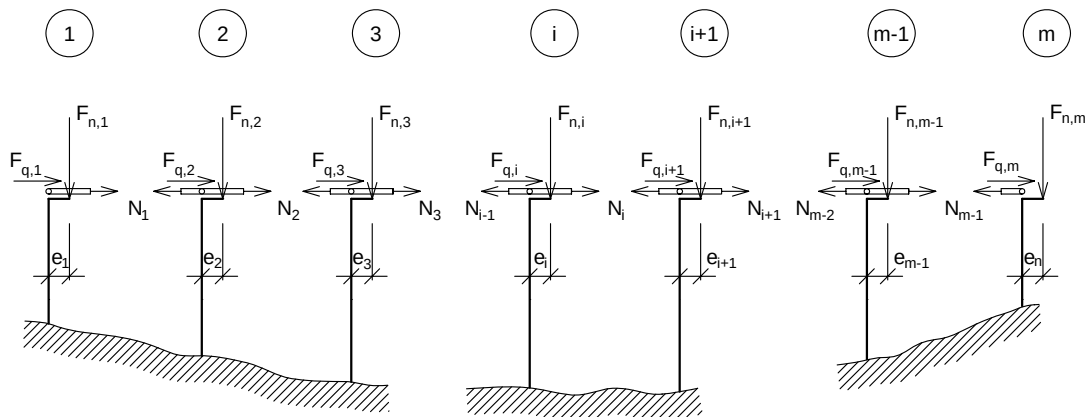
následujících odstavcích, kde je stručně naznačeno řešení rozboru spolehlivosti sdržené pilířové soustavy tvořené štíhlými železobetonovými pruty.

2 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI SDRUŽENÉ PILÍŘOVÉ SOUSTAVY

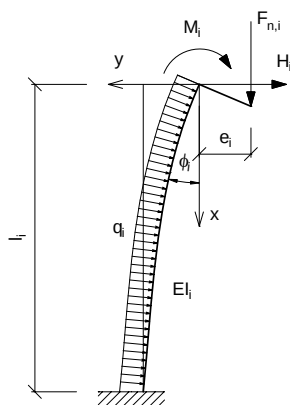
Předmětem řešení je soustava pěti samostatných železobetonových pilířů vetknutých v patách. Pilíře jsou v hlavách kloubově připojené ke spojitému vodorovnému předpjatému železobetonovému trámu (viz Obr. 1). Průřezy jednotlivých pilířů jsou uvažovány jako obdélníkové, vyztužené při každém povrchu jednou řadou výztuže (řešení však lze provést i pro obecný tvar průřezu (viz práce [17])). Každý pilíř je ve svém vrcholu zatížen (viz Obr. 1) shora danou svislou silou $F_{n,i}$ na excentricitě e_i , vodorovnou silou $F_{q,i}$ a vodorovným rovnoměrným zatížením $f_q = w$. V důsledku spolupůsobení pilířů působí v jednotlivých polích trámu normálové síly N_i (viz Obr. 2). Každý pilíř je tedy namáhán ve vrcholu excentricky působící silou $F_{n,i}$ a vodorovnou silou H_i (Obr. 3).



Obr. 1: Sdržená pilířová soustava se štíhlými pilíři - geometrický tvar, zatížení, tuhosti



Obr. 2: Sdržená pilířová soustava se štíhlými pilíři - zatížení základní soustavy



Obr. 3: Zatížení a deformace i-tého pilíře

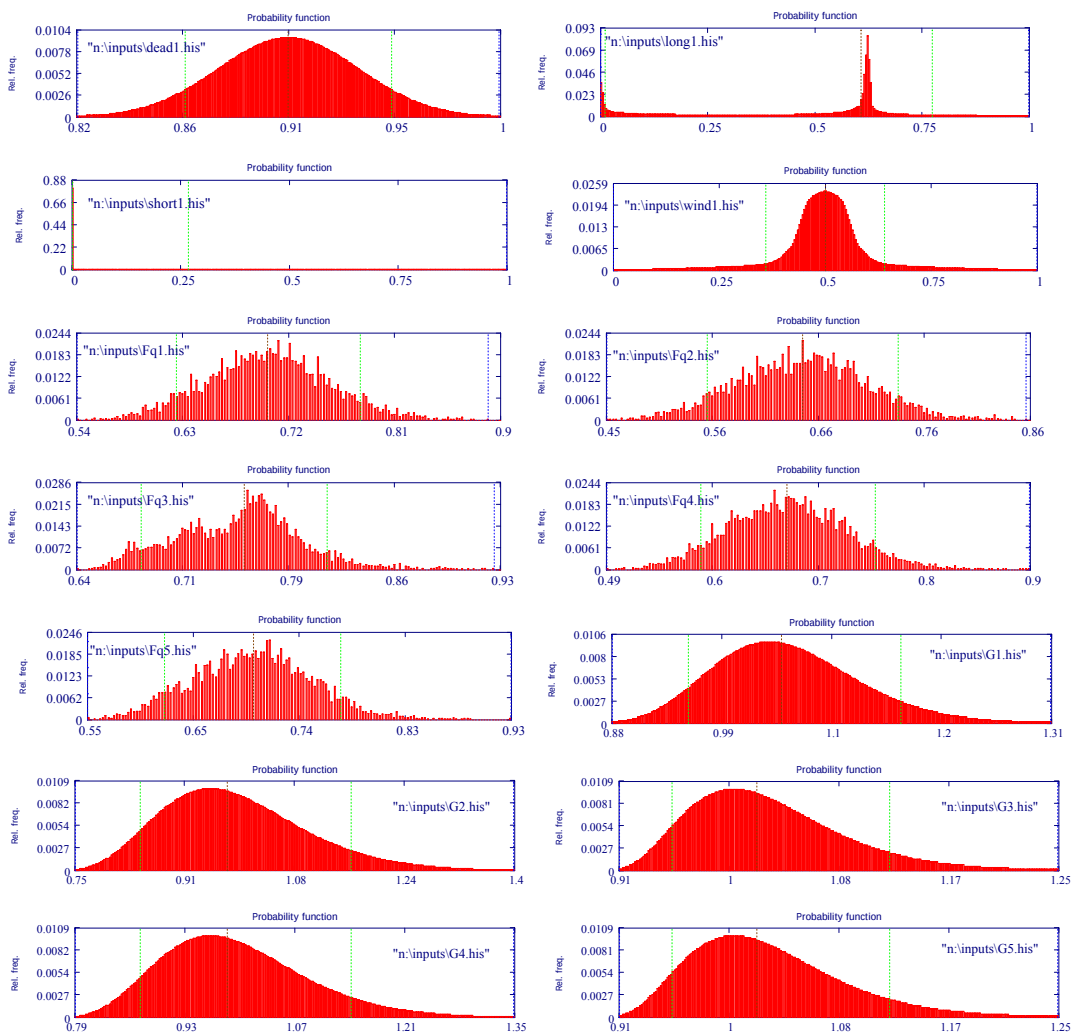
Vstupní veličiny jsou uvažovány jako náhodně proměnné a zavedené do výpočtu ve formě ohraničených histogramů. Jednotlivé hodnoty vstupních veličin, včetně příslušných jednotek, a odpovídající histogramy jsou uvedeny v Tabulce 1. Grafické vyjádření použitých ohraničených histogramů je znázorněno na Obr. 4, 5 a 6. Kompletní statistické vyhodnocení jednotlivých vstupních histogramům je uvedeno v příloze B.1 práce [17].

Tabulka 1: Vstupní náhodné veličiny

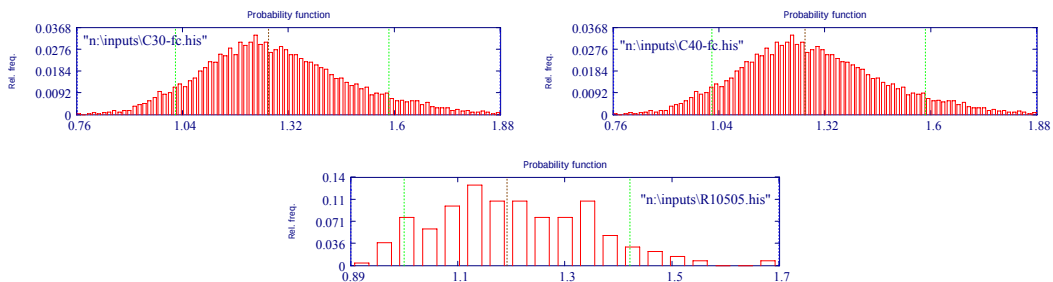
Popis proměnné	Označení	Nominální hodnoty	Jednotka	Histogram
Rozpětí polí trámů	$a_{\text{trám}}$	55; 58; 61; 54	[m]	N1-01; N1-01; N1-01; N1-01
Šířky průřezů trámů	$b_{\text{trám}}$	2,34; 2,34; 2,34; 2,34	[m]	N1-05; N1-05; N1-05; N1-05
Výšky průřezů trámů	$h_{\text{trám}}$	5,05; 5,05; 5,05; 5,05	[m]	N1-05 N1-05; N1-05; N1-05
Pevnost betonu v tlaku	$f_{c,\text{trám}}$	40; 40; 40; 40	[MPa]	C40-fc; C40-fc; C40-fc; C40-fc; C40-fc;
Volné deformace jednotlivých polí trámu od objemových změn	$\varepsilon_{c,\text{trám}}$	-0.00058875; -0.00058875; -0.00058875; -0.00058875	[-]	N1-20; N1-20; N1-20; N1-20
Délky jednotlivých pilířů	$l_{\text{pilíř}}$	24; 27; 32; 29; 26	[m]	N1-01; N1-01; N1-01; N1-01; N1-01
Šířky průřezů jednotlivých pilířů	$b_{\text{pilíř}}$	7; 7; 7; 7; 7	[m]	N1-05; N1-05; N1-05; N1-05; N1-05
Výšky průřezů jednotlivých pilířů	$h_{\text{pilíř}}$	1,8; 1,8; 1,8; 1,8; 1,8	[m]	N1-05; N1-05; N1-05; N1-05; N1-05
Pevnost betonu v tlaku jednotlivých pilířů	$f_{c,\text{pilíř}}$	30; 30; 30; 30; 30	[mm]	C30-fc; C30-fc; C30-fc; C30-fc; C30-fc;

Tabulka 2: Vstupní náhodné veličiny (pokračování)

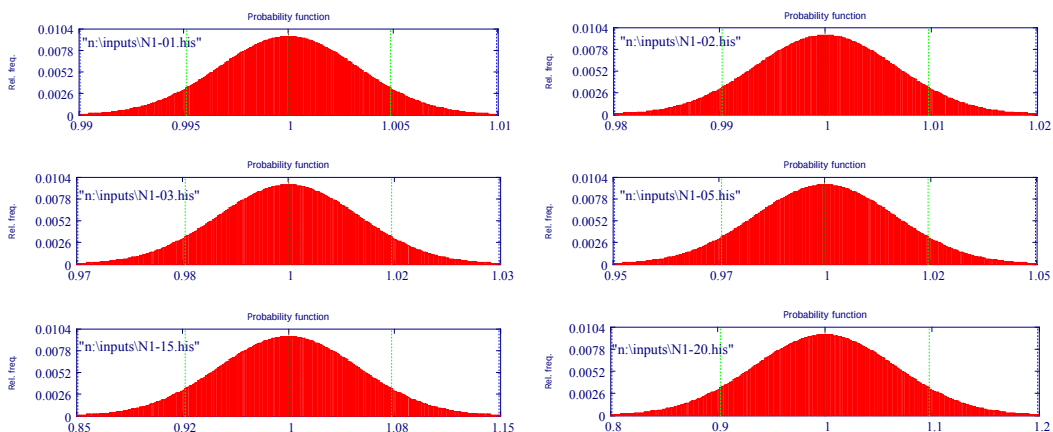
Popis proměnné	Označení	Nominální hodnoty	Jednotka	Histogram
Průměry výztuží v jednotlivých pilířích při dolních površích průřezů	$\phi_{s1,pilir}$	32; 32; 32; 32; 32	[mm]	N1-03; N1-03; N1-03; N1-03; N1-03
Průměry výztuží v jednotlivých pilířích při horních površích průřezů	$\phi_{s2,pilir}$	32; 32; 32; 32; 32	[mm]	N1-03; N1-03; N1-03; N1-03; N1-03
Počet výztužných prutů při obou površích průřezů jednotlivých pilířů	$n_{s,pilir}$	48; 83; 99; 76; 54	[-]	
Tloušťky krytí výztuží při dolních površích průřezů jednotlivých pilířů	$c_{1,pilir}$	50; 50; 50; 50; 50	[mm]	N1-15; N1-15; N1-15; N1-15; N1-15
Tloušťky krytí výztuží při horních površích průřezů jednotlivých pilířů	$c_{2,pilir}$	50; 50; 50; 50; 50	[mm]	N1-15; N1-15; N1-15; N1-15; N1-15
Objemové hmotnosti železobetonů použitých pro jednotlivé pilíře	$\rho_{c,pilir}$	2500; 2500; 2500; 2500; 2500	[kg.m ⁻³]	N1-02; N1-02; N1-02; N1-02; N1-02
Mez kluzu výztuží v jednotlivých pilířích	$f_{y,pilir}$	500; 500; 500; 500; 500	[MPa]	R10505; R10505; R10505; R10505; R10505
Součinitel dotvarování betonu pilířů	ϕ_{cr}	2,5	[-]	N1-20
Velikost normálových sil od stálých zatížení působících na jednotlivé pilíře	F_{dl}	21,914; 20,548; 17,905; 16,023; 14,253	[MN]	dead1; dead1; dead1; dead1; dead1
Velikost normálových sil od dlouhodobých nahodilých zatížení působících na jednotlivé pilíře	F_{ll}	17,531; 16,438; 14,324; 12,818; 11,402	[MN]	long1; long1; long1; long1; long1
Velikost normálových sil od krátkodobých nahodilých zatížení působících na jednotlivé pilíře	F_{sl}	5,478; 5,137; 4,476; 4,006; 3,563	[MN]	short1; short1; short1; short1; short1
Excentricity normálových sil	e'	0,055; 0,092; 0,107; 0,133; 0,167	[m]	G1; G2; G3; G4; G5
Vodorovné spojitě rovnoměrné zatížení působící na každý pilíř	w	6,720	[kN.m ⁻¹]	wind1
Vodorovné síly působící v hlavách jednotlivých pilířů	F_q	0,511; 0,594; 0,865; 1,127; 1,267	[MN]	Fq1; Fq2; Fq3; Fq4; Fq5



Obr. 4: Ohraničené histogramy reprezentující zatížení



Obr. 5: Ohraničené histogramy reprezentující pevnostní charakteristiky použitých materiálů



Obr. 6: Ohraničené histogramy reprezentující ostatní vstupní náhodně proměnné veličiny

Matematický model, implementovaný do výpočetního programu, vychází z metody náhradního štíhlého sloupu (viz např. [6]). Při sestavování modelu pro simulační výpočet sdružené pilířové soustavy bylo čerpáno z knihy [4]. Vytvořený simulační program je tvořen čtyřmi hlavními částmi:

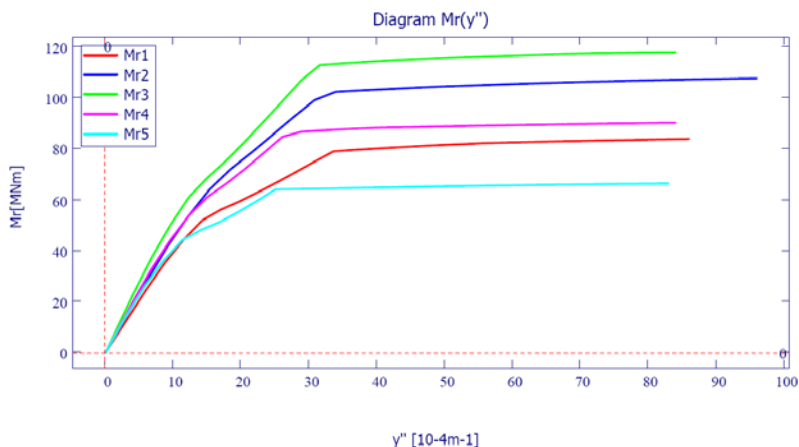
- (a) výpočet vstupních náhodně proměnných veličin,
- (b) výpočet pilířové soustavy za předpokladu geometrické nelinearity při uvažování pružného oboru působení,
- (c) výpočet tuhosti jednotlivých pilířů,
- (d) výpočet soustavy respektující geometrickou i fyzikální nelinearit.

Výpis výpočtu odpovídající vybranému simulačnímu kroku je uveden v příloze B.2 práce [17]. Výpočet je doplněn grafy reprezentující:

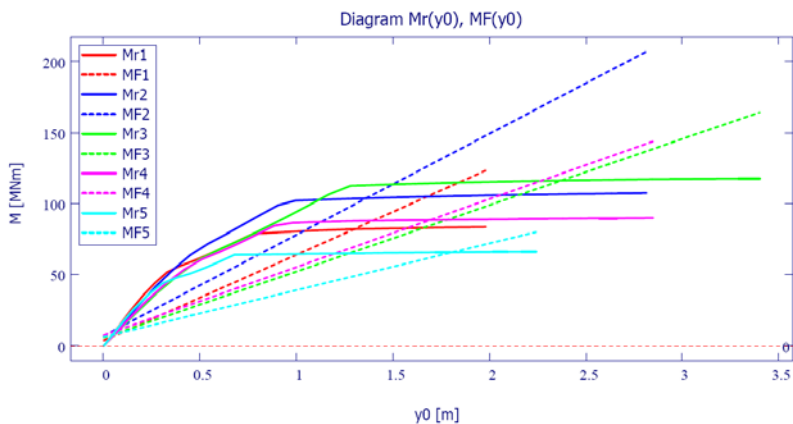
- (a) pracovní diagramy průřezů jednotlivých pilířů $M_r(y'')$ vyjadřující závislost momentů vnitřních sil M_r na křivostech jednotlivých pilířů y'' (viz Obr. 7),
- (b) závislosti momentů vnitřních sil M_r a vnějších sil M_F na průhybech jednotlivých pilířů y_0 (viz Obr.8),
- (c) velikosti vodorovných sil H v závislosti na průhybech pilířů y_0 (viz Obr. 9),
- (d) velikosti součtových čar H_{sum} v závislosti na průhybu y_0 (viz Obr. 10).

Výsledky simulačního výpočtu jsou uvedeny v příloze B.3 práce [17], kde jsou zobrazeny (z hlediska rozboru spolehlivosti) významné vypočtené náhodně proměnné veličiny ve formě ohraničených histogramů. Nejdůležitější veličiny jsou uvedeny dále i v tomto článku. Velikost maximální celkové vodorovné síly $\Sigma H_{cr,tot}$, již lze zatížit soustavu (viz Obr. 10), je vyjádřena histogramem „H_cr_tot“ uvedeným na Obr. 11. Histogram „H_plast_tot“ (viz Obr. 12) udává součet vodorovných sil v hlavách pilířů při skutečném zatížení soustavy a za předpokladu geometrické i fyzikální nelinearity. Funkce bezpečnosti je vyjádřena histogramem „RF_H_cr_tot“ uvedeným na Obr. 13. Z grafu tohoto histogramu je zřejmé, že hodnoty této funkce se vyskytují pouze s kladným znaménkem, tzn. pro provedený počet simulačních kroků se vypočtená pravděpodobnost poruchy rovná nule. (Zde by mělo být upozorněno na fakt, že pro ověření mezních stavů bezpečnosti s uvažováním malých hodnot návrhových pravděpodobností, by počet provedených simulací měl být výrazně větší – viz např. [9], [3]. S ohledem na časovou náročnost výpočtu byla prozatím provedena

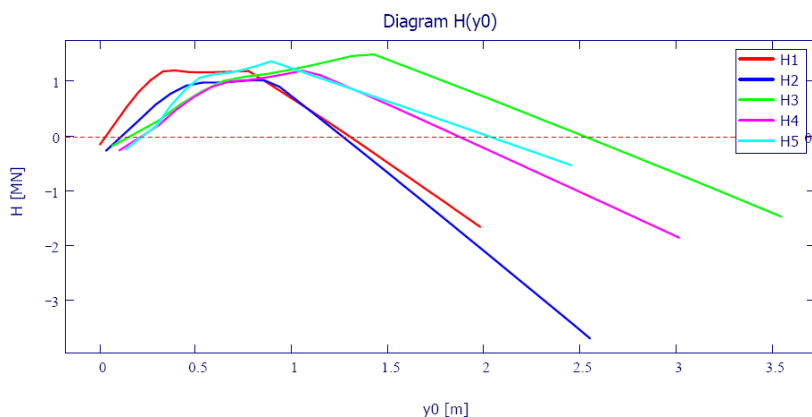
simulace s omezeným počtem simulačních kroků. Na vývoji urychlení simulace se v současnosti pracuje).



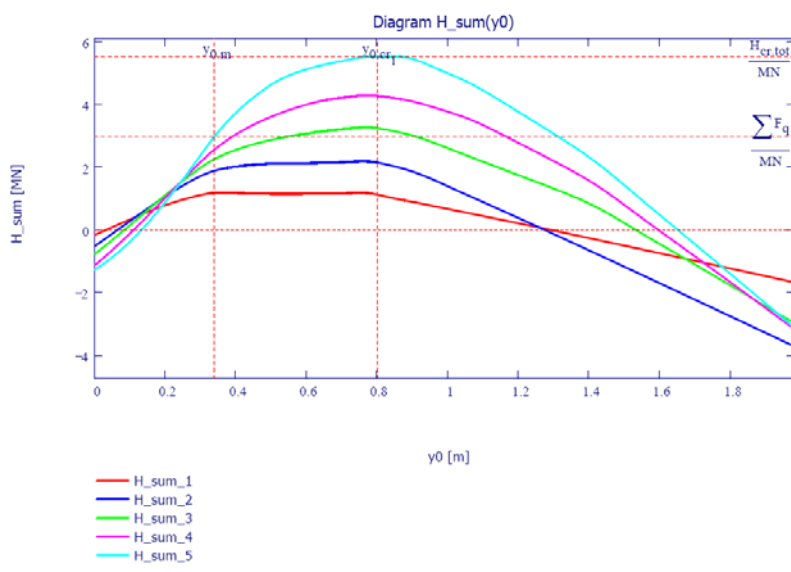
Obr. 7: Pracovní diagramy průřezů jednotlivých pilířů



Obr. 8: Závislost momentů vnitřních sil M_r a momentů vnějších sil M_r na průhybech y_0



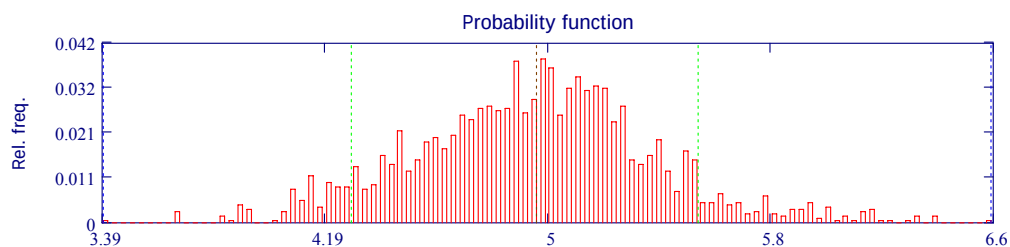
Obr. 9: Závislost vodorovných sil působících na pilíře a průhybů vrcholů pilířů (s respektováním stlačení příčle)



Obr. 10: Graf součtových čar H_{sum}

`HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\H_cr_tot [MN].his"`

`his := HisData(TableOfHistograms,item)`



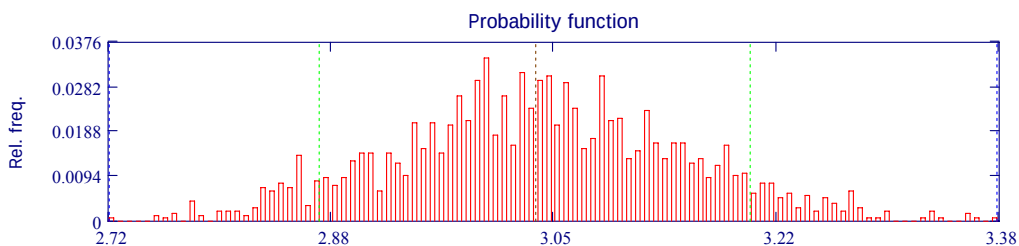
`INFO(his,P1,P2,Q) =`

"minimum"	3.393764665	"skewness"	0.134645704
"maximum"	6.597471001	"concentration coefficient"	3.4595887997
"bins"	100	"kurtosis"	0.4595887997
"simulations"	1900	"probability(0)"	0
"mean"	4.9441224691	"quantile(7e-05)"	3.3980255944
"variance"	0.190229184	"quantile(0,07)"	4.2908024391
"standard deviation"	0.4361527072	"quantile(0,5)"	4.9589208332
"median"	4.9589208332	"quantile(0,99993)"	6.5932100716
"variance coefficient"	0.0882164044	"quantile(0,93)"	5.5391037293

Obr. 11: Histogram maximální celkové vodorovné síly $\Sigma H_{\text{cr,tot}}$

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\H_plast_tot [MN].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



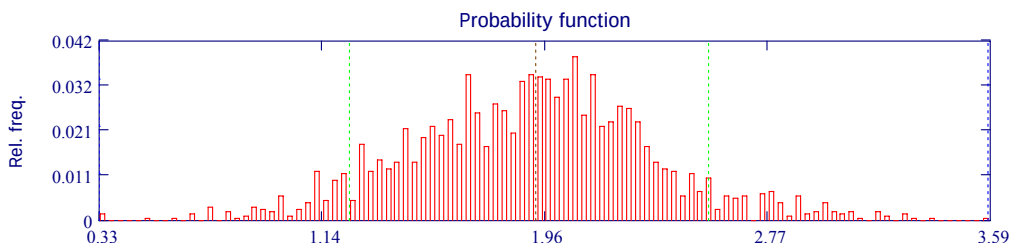
INFO(his,P₁,P₂,Q) =

"minimum"	2.71574815	"skewness"	0.0712169945
"maximum"	3.38487256	"concentration coefficient"	2.8640875071
"bins"	100	"kurtosis"	-0.1359124929
"simulations"	1900	"probability(0)"	0
"mean"	3.0387133725	"quantile(7e-05)"	2.7166380855
"variance"	0.0115550382	"quantile(0,07)"	2.8746651974
"standard deviation"	0.1074943633	"quantile(0,5)"	3.0376447858
"median"	3.0376447858	"quantile(0,99993)"	3.3839826245
"variance coefficient"	0.0353749598	"quantile(0,93)"	3.1981260201

Obr. 12: Histogram součtu vodorovných sil v hlavách pilířů při skutečném zatížení soustavy a za předpokladu geometrické i fyzikální nelinearity

HisName(TableOfHistograms,item) = "n:\results\RF_H_cr_tot [MN].his"

his := HisData(TableOfHistograms,item)



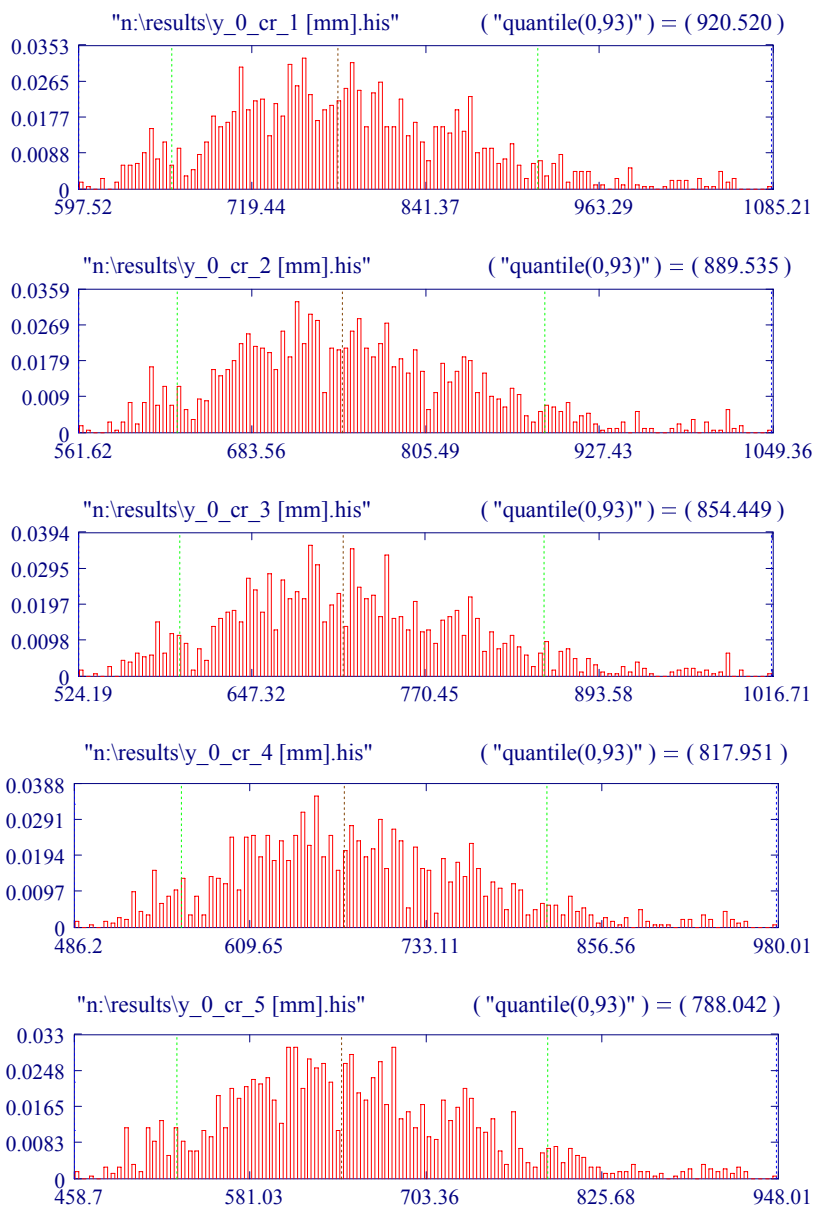
INFO(his,P₁,P₂,Q) =

"minimum"	0.3277980368	"skewness"	0.0627025505
"maximum"	3.589283767	"concentration coefficient"	3.3965846897
"bins"	100	"kurtosis"	0.3965846897
"simulations"	1900	"probability(0)"	0
"mean"	1.9098246045	"quantile(7e-05)"	0.3292439621
"variance"	0.2027623651	"quantile(0,07)"	1.2446379143
"standard deviation"	0.4502914224	"quantile(0,5)"	1.9264356517
"median"	1.9264356517	"quantile(0,99993)"	3.584945991
"variance coefficient"	0.2357763228	"quantile(0,93)"	2.5593409048

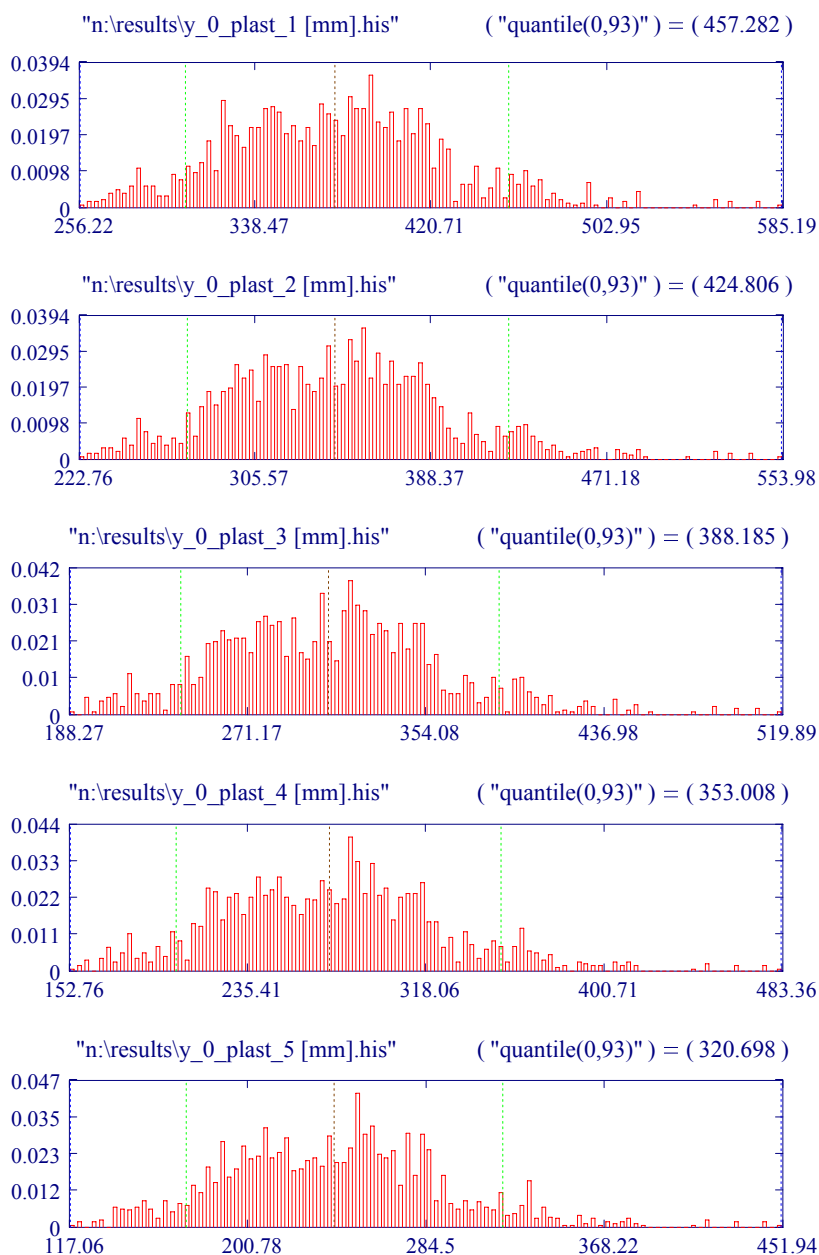
Obr. 13: Histogram funkce bezpečnosti RF_{Hcr,tot} [MN]

Velikosti průhybů vrcholů pilířů při kritickém zatížení soustavy celkovou vodorovnou silou $H_{cr,tot}$ a při respektování geometrické i fyzikální nelinearity jsou reprezentovány histogramy „y_0_cr_i“ (viz Obr. 14), kde i představuje pořadová čísla jednotlivých pilířů. Velikosti průhybů vrcholů pilířů při skutečném zatížení soustavy (při respektování geometrické i fyzikální nelinearity) jsou vyjádřeny histogramy „y_0_plast_i“ na Obr. 15. Pro možnost srovnání s výpočtem za

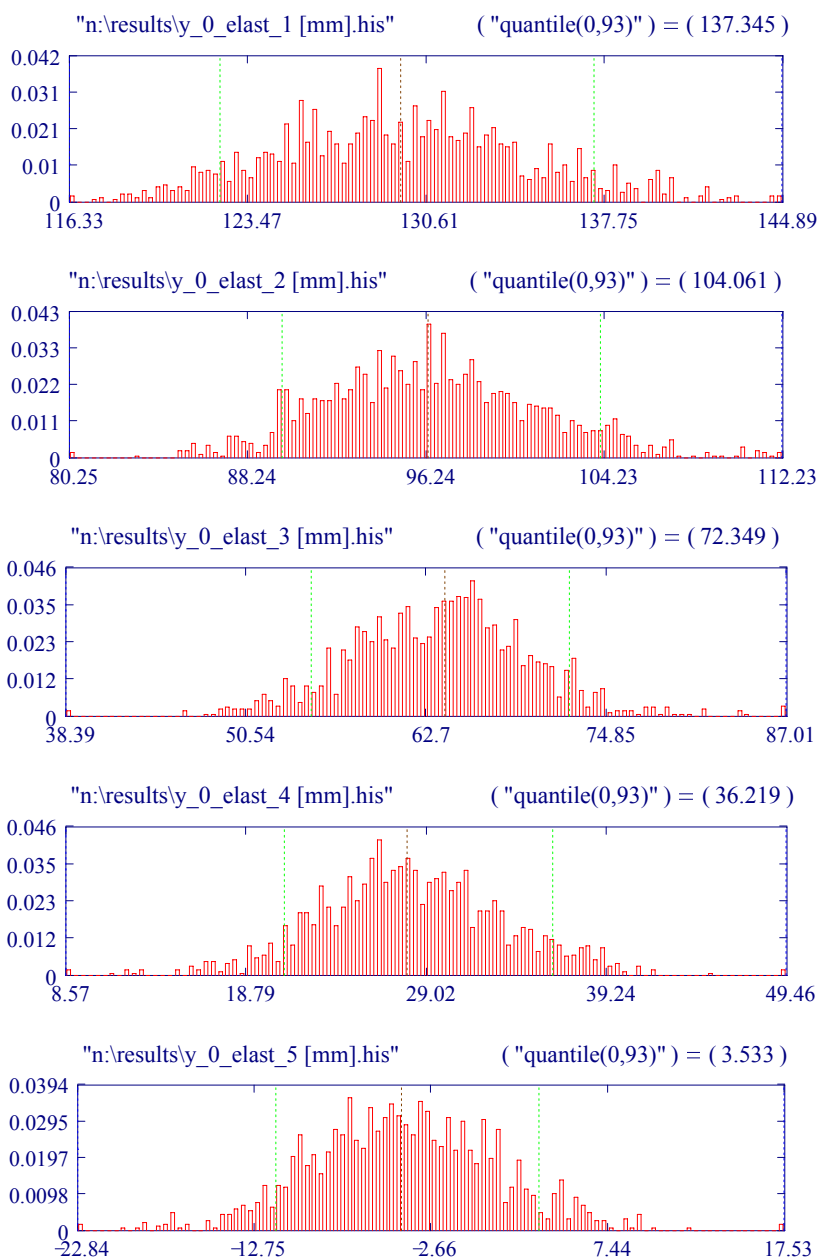
předpokladu geometrické nelinearity, avšak při pružném oboru působení materiálů, jsou uvedeny histogramy průhybů vrcholů pilířů s označením „y_{0_elast_i}“ – viz Obr. 16. Jak je zřejmé z porovnání Obr. 15 a 16, maximální průhyb prvního pilíře při uvažovaném zatížení (jehož průhyb je největší ze všech pilířů) je při respektování fyzikální nelinearity více než trojnásobný proti případu, kdy se předpokládá chování konstrukce v pružném oboru.



Obr. 14: Velikosti průhybů vrcholů pilířů $y_{0,cr,i}$ [mm] při kritickém zatížení soustavy a při respektování geometrické i fyzikální nelinearity



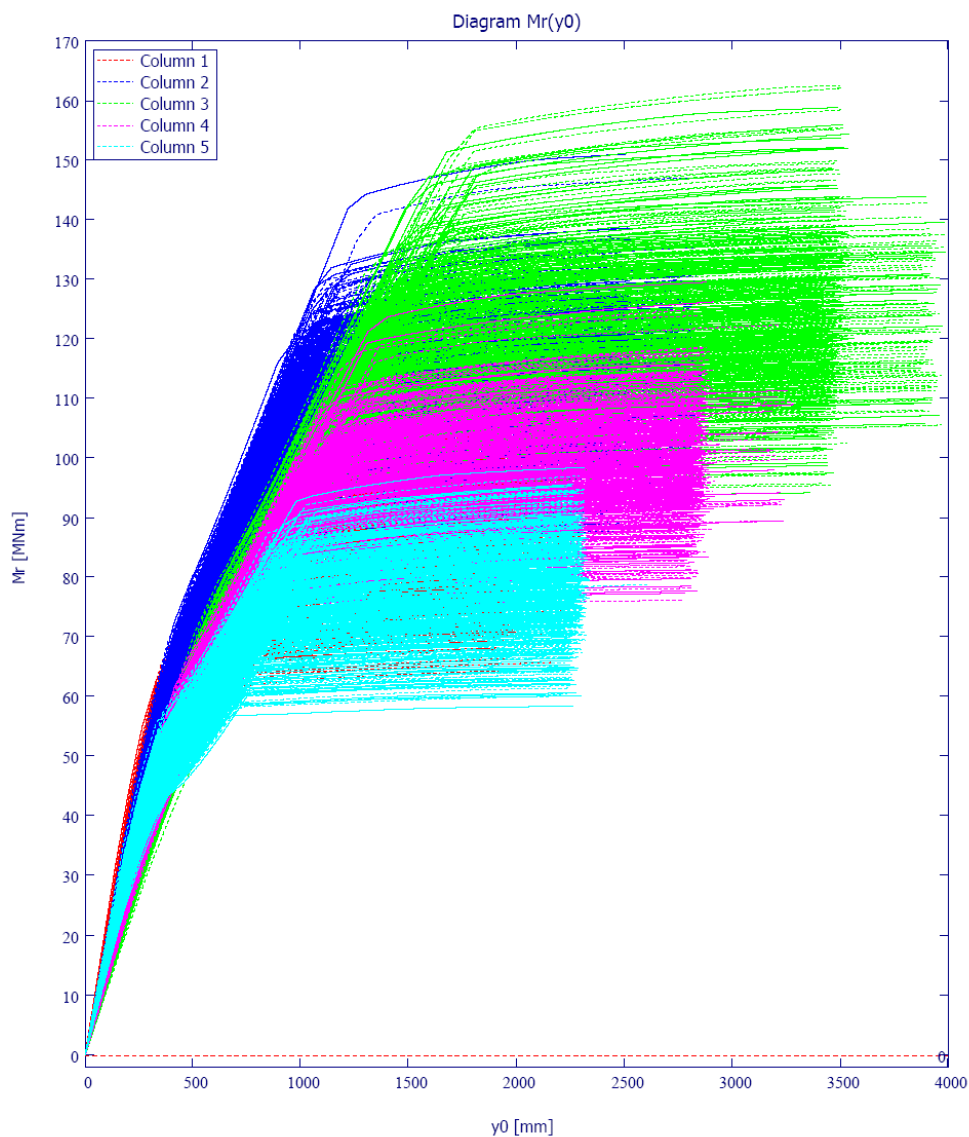
Obr. 15: Velikosti průhybů vrcholů pilířů $y_{0,plast,i}$ [mm] při uvažovaném zatížení soustavy a při respektování geometrické i fyzikální nelinearity



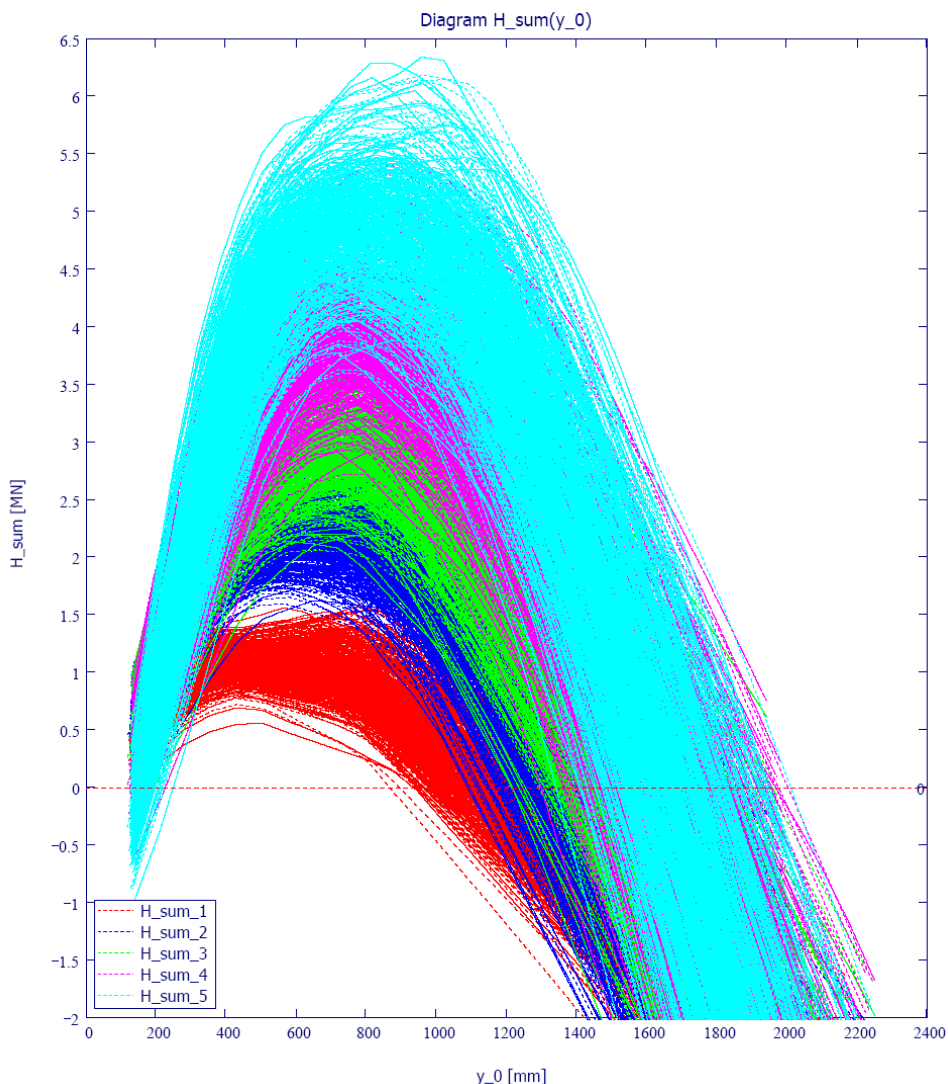
Obr. 16: Velikosti průhybů vrcholů pilířů $y_{0,elast,i}$ [mm] při uvažovaném zatížení soustavy a při respektování geometrické nelinearity s elastickým oborem působení materiálů

Pro získání více informací o řešeném problému, byly sestaveny grafy rozptylů některých náhodných veličin (funkcí). Na Obr. 17 je to graf reprezentující rozptyl momentů vnitřních sil M_r v závislosti na průhybu pilířů y_0 . Rozptyl součtových čar H_{sum} v závislosti na průhybu pilířů y_0 je pak uveden na Obr. 18. Z těchto dvou obrázků si lze vytvořit představu o mezích, v kterých se tyto závislosti pohybovaly. Počet vykreslených čar pro jednotlivé pilíře (odlišených barevně) odpovídá

provedenímu počtu simulačních kroků, jež byl z důvodů již dříve uvedených proveden pouze s omezeným rozsahem.



Obr. 17: Rozptyl momentů vnitřních sil M_r v závislosti na průhybech y_0



Obr. 18: Průběh součtových čar H_{sum} v závislosti na průhybu y_0

4 ZÁVĚR

V příspěvku je stručně naznačen pravděpodobnostní přístup při řešení spolehlivosti sdružených pilířových soustav tvořených štíhlými železobetonovými pruty. Výpočtový model vychází z metody náhradního štíhlého prutu, při uvažování výstižných pracovních diagramů materiálů vyjádřených pomocí hyperboly pro tlacený a tažený beton a zvrhlé hyperboly pro ocel výztuže (viz příspěvek [27] nebo práce [17]). Naznačené pravděpodobnostní řešení dovoluje důsledné zavedení náhodných vstupních veličin do výpočtu a to buď pomocí ohraničených histogramů nebo v případě potřeby je možno použít i histogramů parametrických. S ohledem na nedostatek publikovaných měření byly histogramy vstupních veličin v tomto příkladu odhadnuty. V případě posuzování stávajících konstrukcí je však možno řadu těchto histogramů stanovit na základě měření na těchto konstrukcích (např. odchylky, apod.).

Řešení zadané úlohy vychází z předpokladu geometrické a fyzikální nelinearity. Jednotlivé pilíře soustavy jsou uvažovány s konstantním obdélníkovým průřezem po celé jejich výšce. Řešení těchto soustav je možno provést i pro pilíře tvořené průřezy složenými, jak je naznačeno v příspěvku

[27] nebo práci [17]. S ohledem na velký rozsah řešení této úlohy jsou uvedeny pouze jeho vybrané části. Kompletně řešený příklad lze nalézt v práci [17]. Pravděpodobnostní přístup k řešení těchto soustav vede k možnosti přímého vyjádření spolehlivosti uvažované soustavy a to jak v mezních stavech bezpečnosti, tak i mezních stavech použitelnosti. Potenciál použité pravděpodobnostní metody SBRA dovoluje efektivní rozbor funkce spolehlivosti i v případě použití komplexnějších matematických modelů (například při zavedení různých časově proměnných účinků - např. koroze výztuže, karbonatace betonu, dotvarování a smršťování betonu, aj.). V následujících krocích bude proto pozornost věnována taktéž rozšíření řešené problematiky o tyto vlivy. Současné normy založené na metodě dílčích součinitelů mají pouze omezené výpočetní možnosti a neumožňují důslednou analýzu spolehlivosti v případě použití komplexnějších výpočetních modelů (jmenovitě například problém s řešením vícekomponentních účinků zatížení, již zmíněné různé časově proměnné účinky a taktéž otázka výpočtu zbytkové životnosti konstrukcí není v těchto normách dostatečně řešena s ohledem na potenciál dostupných výpočetních technologií). Uplatnění pravděpodobnostního přístupu bude proto autory nadále rozvíjeno zejména v těchto (pro metodu dílčích součinitelů) problematických oblastech.

LITERATURA

- [1] Marek, P., Guštar, M., Anagnos, T. (1995): Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- [2] Marek, P., Guštar, M. a Bathon, L. (1998): Tragwerksbemessung. Von deterministischen zu probabilistischen Verfahren. Academia, Praha.
- [3] Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M., Tikalsky, J. P. (2003): Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Background, Exercises and Software. Second Edition. Institut of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha.
- [4] Janda, L., Křístek, V., Kvasnička, M., Procházka, J. (1983) Štíhlé betonové tlačené pruty. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury.
- [5] CEB-FIP (1978) Model Code for Concrete Structures. Bulletin d'Information No 125-E, Paris.
- [6] CEB (1977) Design Manual on Buckling, Bulletin d'Information No 123, Decembre, Paris.
- [7] ČSN 731401 (1998): Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut.
- [8] Pustka, D., Čajka, R., Marek, P., Kaločová, L. (2008). Multi-Component Loads Effect Analysis on a Slender Reinforced Concrete Column Using Probabilistic SBRA Method. In: Eleventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-11) "Building a Sustainable Environment". Taipei, Taiwan, November 19-21, 2008.
- [9] Teplý, B., Novák, D. (1998): Spolehlivost stavebních konstrukcí. Teorie, numerické metody, navrhování, software. Brno : CERM.
- [10] Holický, M., Marková, J. (2005): Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. Praha : ČVUT.
- [11] ČSN EN 1992-1-1 (2006): Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha : Český normalizační institut.
- [12] Bradáč, J. (1996): Betonové konstrukce - 1.část: Dimenzování prvků ze železového a prostého betonu. Ostrava : EXPERT.
- [13] Martin, L., Purkiss, J. (2006): Concrete Design to EN 1992. 2nd. ed. London : Butterworth-Heinemann..
- [14] Arya, CH. (2003) Design of structural elements. Concrete, steelwork masonry and timber design to British Standards and Eurocodes. Oxon : Spon Press.
- [15] Pavelka, L., Doležalová, J. (1995): Pravděpodobnost a statistika. Ostrava : VŠB-TU.

- [16] Guštar, M. (2002): Moderní metody simulace systémů - metoda SBRA. Disertační práce. VŠB-TUO .
- [17] Pustka, D. (2008): Využití pravděpodobnostní metody SBRA při navrhování štíhlých železobetonových konstrukcí namáhaných statickým zatížením. Habilitační práce. VŠB-TU Ostrava (v tisku).
- [18] Moravčík, M., Zemko, Š. Betónové mosty 1. Všeobecná časť. Mosty zo železobetónu. ŽU Žilina, 2004.
- [19] Menčík, J. Optimální dimenzování s ohledem na spolehlivost a náklady. In: Spolehlivost konstrukcí IX, Praha, 2008.
- [20] Kohoutková, A., Trtík, K., Vašková, J., Vodička, J. Betonové konstrukce 1. Praha: ČVUT, 2005.
- [21] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [22] Bujňák, J., Furtak, K., Vičan, J. Navrhovanie konštrukcií podľa Eurokódov. Žilina: Žilinská univerzita, 2003. ISBN 80-8070-078-8.
- [23] Hájek, J. Pretvorenia betónových konštrukcií. VEDA Bratislava, 1994.
- [24] Haldar A., Mahadevan S. Probability, reliability and statistical methods in engineering design. John Willey & Sons, Inc, New York, 2001, ISBN 0-471-33119-8.
- [25] Harvan, I. Železobetónové nosné sústavy. Navrhovanie podľa Európskych noriem. Bratislava: STU Bratislava, 2006. ISBN 80-227-2414-9.
- [26] Majdúch, D., Harvan, I., Fillo, E. Riešenie betónových konštrukcií v praxi. ALFA Bratislava, 1991.
- [27] Pustka, D., Čajka, R., Marek, P. Pravděpodobnostní analýza spolehlivosti štíhlého železobetonového prutu namáhaného vícekomponentním účinkem zatížení metodou SBRA. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava , číslo 1, rok 2008, ročník VIII, řada stavební.
- [28] Web page www.anthill-sbra.com

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vladimír Gřunděl

Miloš RIEGER¹, Pavel MAREK²

ÚNAVOVÁ ŽIVOTNOST TRAMVAJOVÉHO PROVIZORIA PARTYZÁNSKÁ - TROJSKÁ

Abstract

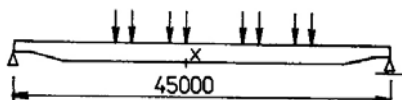
The article presents recalculation of the fatigue life estimate of a temporary, high strength steel bridge for tram traffic built in 1977 in Prague. Fatigue life assessment is now based on fully probabilistic concept. The loading as well as response history was considered and a fatigue criterion, based on the stress-range concept, was applied. Crack growth was modelled using LEFM procedures and compared with observed real cracks in the bottom flanges after about three and a half years of use. In the end the bridge had to be removed.

1 ÚVOD

Tramvajové mostní provizorium Partyzánská – Trojská, přemostující řeku Vltavu v Praze, bylo uvedeno do provozu v květnu roku 1977. Na nosnou konstrukci bylo tehdy atypicky použito dílců vojenského mostního provizoria ŽBM-30 a ŽTM-30. Projekt mostu měl umožnit dvojkoľejné převedení tramvajové tratě přes Vltavu, současně nemělo dojít k omezení plavební cesty. Z těchto důvodů bylo navrženo dispoziční řešení, které předpokládalo, že z dílců budou složeny nosníky až na rozpětí téměř 46 m. Navržená a smontovaná konstrukce sice byla před uvedením do provozu prověřena statickou a dynamickou zatěžovací zkouškou pro ověření únosnosti, zcela však zůstalo opominuto posouzení z hlediska únavové životnosti.

Vojenská provizoria jsou zpravidla navrhována pouze pro krátkodobé účely s důrazem na skladebnost, vzájemnou zaměnitelnost jednotlivých dílců, nízkou hmotnost a rychlou montovatelnost a rozebíratelnost. Taktéž napětíové využití průřezů bývá vyšší než u běžných konstrukcí. V souladu s požadavky armády však u těchto provizorních mostů nebývá vyžadováno posouzení z hlediska kumulace únavového poškození. Je proto zřejmé, že použití tohoto typu konstrukce pro dlouhodobé civilní využití bez patřičného posouzení únavové životnosti by mohlo vést až k fatálním důsledkům. V daném případě se jednalo o zajištění dlouhodobého provozu tramvajové linky s denním provozem více než 200 souprav denně.

Na kritickou situaci bylo naštěstí včas upozorněno a následně tehdejšími kompetentními orgány rozhodnuto o vypracování podrobného posouzení mostní konstrukce na únavu a stanovení bezpečné životnosti v souladu s tehdejšími normativními postupy, viz [6]. Doprava však byla v plném rozsahu ponechána, omezena byla pouze rychlost přejezdu. Jak se potvrdilo později, bylo toto opatření velice riskantní.



Obr. 1: Schéma 1824 mm vysokého plnostěnného nosníku (X – lokalizace místa posuzovaného z hlediska únavové životnosti).

¹ Ing. Miloš Rieger, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 349, e-mail: milos.rieger@vsb.cz.

² Prof. Ing. Pavel Marek DrSc., Ústav teoretické a aplikované mechaniky, Akademie věd ČR, 190 00 Praha, Prosecká 76, tel. +420 283 882 462 e-mail: marekp@itam.cas.cz.

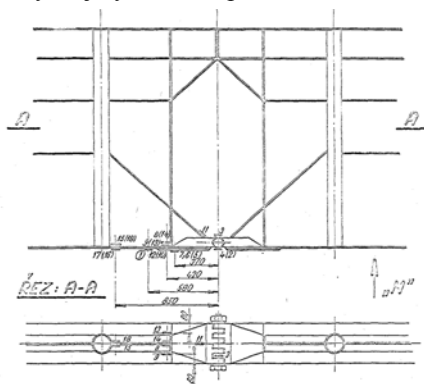
Předkládaný příspěvek se zaměřuje na opětovné posouzení zmiňovaného mostního provizoria, tentokrát v souladu s dnešními normativními předpisy a s využitím plně pravděpodobnostního přístupu reprezentovaného metodou SBRA.



Obr. 2: Tramvajové mostní provizorium Partyzánská – Trojská přes Vltavu.

2 ÚČINKY ZATÍŽENÍ

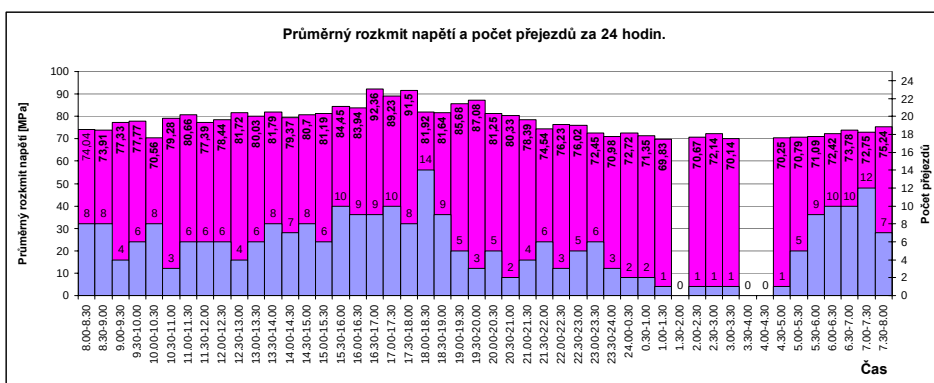
Před zahájením teoretických prací na posouzení ocelové konstrukce z hlediska únavy byly specifikovány požadavky na experimentální vyšetření konstrukce. Cílem těchto zkoušek bylo ověření výstižnosti teoretických modelů a vyšetření skutečných rozkmitů napětí od nahodilého zatížení reálnými tramvajovými soupravami. Sledovanými místy byla kritická místa v oblasti čepových styků ve středu rozpětí nejdelších polí. Jednalo se o místo označené jako „X“ – oblast příčného svaru přivařené zesilující příločky u čepového styku (čelní svar proveden v pozvolném sklonu a zabroušen) a místo „Z“ – oblast připojení duté výztuhy stojiny na dolní pásnici.



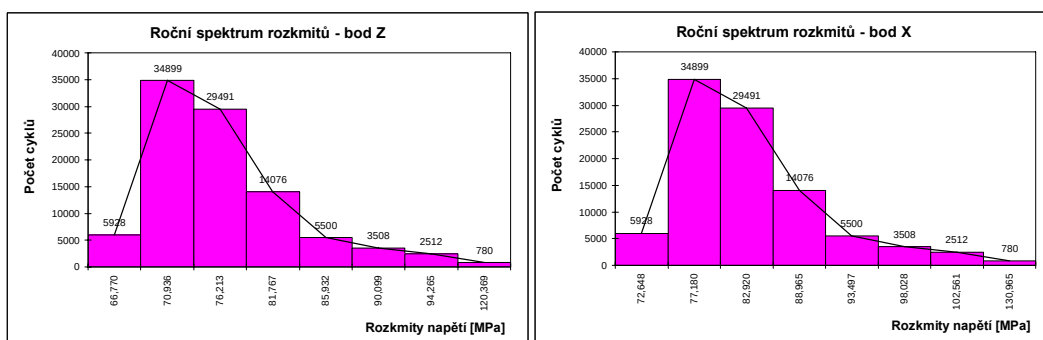
Obr. 3: Sledovaná místa – bod „X“ a „Z“.



Obr. 4: Čepový styk.



Obr. 5: Průměrný rozkmit napětí a počet přejezdů za 24 hodin.



Obr. 6: Reprezentativní roční spektra rozkmitů pro bod „X“ a „Z“.

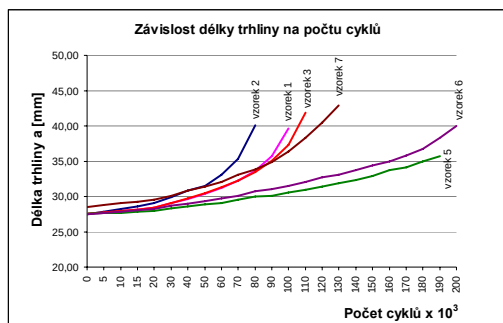
Složité časový průběh zatížení mostu byl převeden na 8 základních kategorií, které charakterizovaly uvažovanou vytíženost tramvají. Podrobně byla zjišťována denní spektra rozkmitů charakterizující běžný den měsíce září – červen, běžné dny v období prázdnin, provoz během víkendů a také v období zesíleného provozu. Ze získaných podkladů byla pak sestavena reprezentativní roční spektra rozkmitů vztažená pro bod „X“ a „Z“.

3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

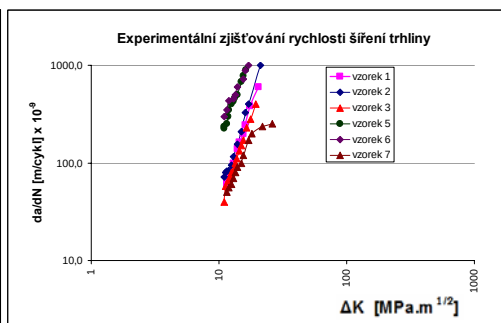
V návaznosti na prováděné zatěžovací zkoušky, sledování průhybů a experimentální zjišťování reprezentativních rozkmitů napětí bylo taktéž přistoupeno k laboratorním zkouškám [8], které měly za úkol zjistit základní charakteristiky použitého materiálu a rychlost šíření únavové trhliny včetně stanovení její kritické velikosti. Z dodaných ocelových pásů vysokopevnostní bainitické oceli materiálu ČSN 15 222 byla vyrobena normová trhací tělíska a vrubová tělesa. U šesti vrubových těles byla provedena iniciace trhliny při cyklickém zatížení $1 \div 10$ kN při frekvenci 30 Hz. Tělesa byla zkoušena za běžných teplot, při teplotě 0°C a při nízkých teplotách pod cca -25°C . Zjištěné hodnoty meze kluzu se pohybovaly v rozmezí $f_y = 585 \div 599$ MPa, $K_{IC} = 28,9 \div 37,4$ MN.m^{-3/2}, rozměr kritické trhliny zkušebních vzorků byl stanoven: $a_{cr} = 17 \div 18$ mm.

Použitou bainitickou ocel 15 222 lze z tehdejšího pohledu charakterizovat jako moderní, vysokopevnostní materiál jemnozrnné struktury legovaný chromem, molybdenem a bórem. Pro uvažovanou tloušťku 12 mm byla stanovena minimální mez kluzu hodnotou 500 MPa, pevnost v tahu $600 \div 800$ MPa, tažnost 18%. U bainitických ocelí se všeobecně předpokládala vyšší odolnost proti korozi a také dobré vlastnosti z hlediska únavy a křehkého lomu. Pro svoji vyšší tvrdost a pevnost se však obtížněji zpracovávaly. Pro svařování pak byla doporučována zvláštní opatření k zabránění

vzniku trhlin ve svaru a jeho okolí (např. přehřev, elektrody s nízkým obsahem vodíku apod.) – nevhodný technologický postup při svařování by pak mohl být původcem primárních iniciačních trhlin. Bainitické oceli s ohledem na vyšší poměr meze kluzu k mezi pevnosti vykazují také nižší rezervu bezpečnosti.



Obr. 7: Závislost délky trhliny na počtu cyklů.



Obr. 8: Rychlost šíření únavové trhliny.

Z vynesení grafu rychlosti šíření únavové trhliny, obr. 8, lze odvodit potřebné materiálové konstanty:

$$C = 3,645605 \cdot 10^{-13}$$

$$m = 4,8432272$$

4 POSOUZENÍ ÚNAVOVÉ ŽIVOTNOSTI

Posouzení únavové životnosti s využitím plně pravděpodobnostního přístupu vychází ze zjištěných reprezentativních ročních rozkmitů napětí představovaných histogramy podle obr. 6 a z laboratorně zjištěných materiálových charakteristik. Finální posouzení spolehlivosti, případně stanovení počtu cyklů do lomu, může být provedeno s využitím:

- ekvivalentního rozkmitu napětí, např. pro jednotný sklon odpovídající Wöhlerovy křivky;
- kumulativní hypotézy poškození, např. Palmgren-Minerovy, a odpovídající Wöhlerovy křivky;
- přístupu podle LEFM při sledování růstu trhliny z počáteční velikosti a_0 do kritické velikosti a_{cr} , koncepce založené na ΔK s použitím Paris-Erdoganovy rovnice;
- definice náhodné iniciační trhliny.

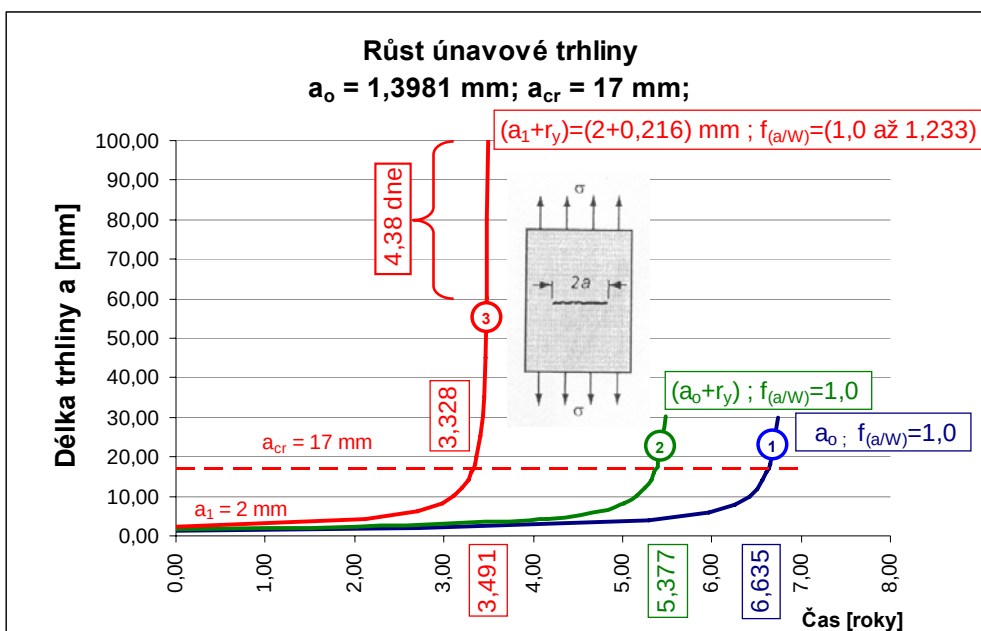
4.1 Posouzení únavové životnosti pomocí ekvivalentního rozkmitu napětí

V souladu s dnešními normativními přístupy byl ekvivalentní rozkmit napětí určen pro jednotný sklon Wöhlerovy křivky se sklonem $m = 3$.

$$\Delta\sigma_E = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^m}{N_{VZTAŽ.}} \right]^{1/m} \quad (1)$$

$$\Delta\sigma_E = 30,599 \text{ MPa} \quad \text{pro } N_{VZTAŽ.} = 2 \cdot 10^6 \text{ cyklů (detail kategorie 56), případně}$$

$$\Delta\sigma_E = 83,997 \text{ MPa} \quad \text{pro } N_{VZTAŽ.} = \sum n_i = 96694 \text{ cyklů, což plně koresponduje s použitým „reprezentativním“ rozkmitem } \Delta\sigma_{RMS} \text{ dle [6].}$$



Obr. 9: Růst únavové trhliny při ekvivalentním rozkmitu napětí $\Delta\sigma_E = 83,997 \text{ MPa}$.

Křivka „1“ na obr. 9 popisuje růst centrální příčné trhliny v pásu nekonečné šířky ($f_{(a/W)}=1,0$) s iniciační trhlinou $a_0=1,3981 \text{ mm}$ při zatížení ekvivalentním rozkmitem napětí $\Delta\sigma_E = 83,997 \text{ MPa}$. Křivka „2“ navíc počítá s korekcí iniciační trhliny s ohledem na plastickou zónu v kořeni trhliny. Křivka „3“ byla určena „zpětnou“ konstrukcí, a to od termínu ukončení provozu v 11/1980, kdy byly zjištěny nadměrné trhliny velikosti až cca $2a=200 \text{ mm}$. Při tomto výpočtu byl již pás uvažován o konečné šířce a zohledněn poměr (a/W) pomocí Brownovy korekční funkce, následně byla dopočítána počáteční velikost počáteční trhliny na $2a_1=4,0 \text{ mm}$, což mohlo odpovídat reálnému stavu. Z průběhu křivky „3“ dále vyplývá, že po dosažení kritické velikosti trhliny $a_{cr} = 17 \text{ mm}$ dochází k rychlému nárůstu trhliny s tím, že k dolomení prvku může dojít každým dalším přejezdem tramvajové soupravy.

4.2 Posouzení únavové životnosti pomocí kumulativní hypotézy poškození

Poškození odpovídající jednomu bloku zatížení (dopravní provoz za 1 rok) lze za použití Palmgren-Minerovy hypotézy kumulace poškození vyjádřit:

$$D_b = \frac{\sum a_i}{N_D} = \frac{\sum n_i \left(\frac{\Delta\sigma_{ef,i}}{\Delta\sigma_D} \right)^m}{N_D} \quad \text{kde} \quad (2)$$

$\Delta\sigma_{ef,i} = [1 - \text{pos}(\Delta\sigma_L - \Delta\sigma_i)] \cdot \Delta\sigma_i$ je rozkmit efektivního napětí a N_D počet cyklů pro konstantní amplitudu;

$$m = 3 + 2 \cdot \text{pos}(\Delta\sigma_D - \Delta\sigma_{ef,i}).$$

Počet opakování uvažovaného bloku do porušení potom bude

$$b = \frac{D_M}{D_b} = \frac{D_M \cdot N_D}{\sum a_i} = \frac{D_M \cdot N_D}{a} \quad \text{kde} \quad (3)$$

D_M je mezní poškození.

Rezerva spolehlivosti vztažená k celkové délce života pak může být vyjádřena

$$R - S = D_M - b \cdot D_b \quad (4)$$

Pro aplikaci metody SBRA byly vstupní veličiny uvažovány následovně:

uvažována kategorie detailu 56 (bod „X“ - přivaření zesilující příločky) s konstantním rozkmitem $\Delta\sigma_D = 41$ MPa; trilineární křivka životnosti s konstantními exponenty $m = 3$ a $m = 5$; N_D je uvažováno s normálním rozdělením; prahový rozkmit $\Delta\sigma_L$ je vyjádřen pomocí $\Delta\sigma_L = 0,05^{1/m} \cdot \Delta\sigma_D$ a proto je také náhodnou veličinou; mezní poškození D_M má normální rozdělení s min. hodnotou 0,8 a max. hodnotou 1,2.

4.3 Přístup podle LEFM

V rámci lineární lomové mechaniky lze k popisu růstu trhliny použít koncepci založenou na ΔK s použitím Paris-Erdoganovy rovnice ve tvaru:

$$\frac{dA}{dN} = C \cdot (\Delta K)^m \quad \text{kde} \quad (5)$$

N je počet kmitů,

C a m jsou materiálové konstanty a

ΔK rozkmit součinitele intenzity napětí.

Rozkmit součinitele intenzity napětí je obecně vyjádřený ve tvaru

$$\Delta K = \Delta\sigma(\pi \cdot a)^{0,5} \cdot f_{(a)} \quad \text{kde} \quad (6)$$

a je rozměr trhliny a

$f_{(a)}$ korekční funkce závislá na tvaru trhliny a tělesa.

Pokud jsou známy materiálové konstanty C a m , je možno vyjádřit potřebný počet kmitů N ke zvětšení rozměru a_i na rozměr a_j pomocí

$$N_{i,j} = \int_{a_i}^{a_j} \frac{da}{C \cdot (\Delta K)^m} \quad (7)$$

V případě, že je možno korekční funkci $f_{(a)}$ považovat za konstantní, a po zavedení $\alpha = \left[\frac{m}{2} - 1 \right]$,

lze celkový počet kmitů vyjádřit:

$$N_{i,j} = \frac{1}{C \cdot \alpha \cdot \pi^{m/2} \cdot (f_{(a)})^{m/2}} \cdot \frac{1}{(\Delta\sigma)^m} \cdot \frac{1}{a_i^\alpha} \left[1 - \left(\frac{a_i}{a_j} \right)^\alpha \right] \quad (8)$$

Lineární lomová mechanika, reprezentovaná rovnicí (5) je definovaná pouze pro střední lineární část celkového rozsahu. Při nízkých hodnotách ΔK rychlost růstu trhliny prudce klesá k prahové hodnotě součinitele intenzity napětí ΔK_{th} , při kterém se již trhlina nešíří.

Při vícestupňovém namáhání, je-li známo spektrum namáhání, je možno taktéž využít Palmgren-Minerovu hypotézu kumulace poškození a definovat poškození odpovídající jednomu bloku zatížení, např. ve zjednodušeném tvaru

$$D_b = \sum \frac{n_i}{N_i} = \sum \frac{n_i}{N_{i,cr}} = \sum \frac{n_i}{\int_{a_{o,i}}^{a_{cr,i}} \frac{da}{C \cdot (\Delta K)^m}} \quad \text{kde} \quad (9)$$

$N_{i,cr}$ je počet kmitů potřebný k nárůstu iniciační trhliny a_o do velikosti a_{cr} pro diskrétní rozkmit $\Delta\sigma_i$ při počtu kmitů n_i .

Efektivní hodnota počáteční trhliny by měla být určena se započítáním korekce s ohledem na plastickou zónu. Efektivní délku počáteční trhliny pro centrální defekt pásu nekonečné šířky lze vyjádřit jako

$$a_{i,eff} = a_i + r_y \quad (10)$$

$$r_y = \frac{1}{6\pi} \left(\frac{K_{IC}}{R_y} \right)^2 \quad \text{kde} \quad (11)$$

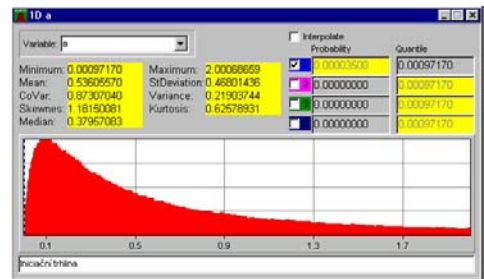
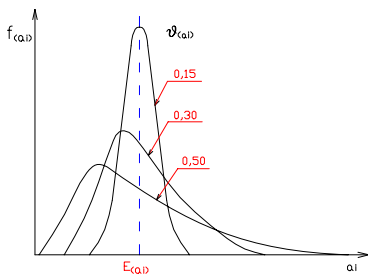
Pokud velikost trhliny přesáhne určitou mez, je nutno zohlednit i pás s konečnou šířkou pomocí korekční funkce, ve zmiňovaném případě pro centrální trhlínu např. podle Browna:

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = 1 + 0,256\left(\frac{a}{W}\right) - 1,152\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 12,200\left(\frac{a}{W}\right)^3 \quad (12)$$

Hodnota K_{IC} charakterizuje odolnost materiálu proti statické iniciaci křehkého porušení v elastické oblasti při rovinné deformaci. Aby na špičce trhliny existoval stav rovinné deformace, musí být

$$t_d \geq 2,5 \left(\frac{K_{IC}}{R_y} \right)^2 \quad (13)$$

Počet opakování uvažovaného bloku do porušení, tzn. nárůst trhliny z uvažovaného defektu $a_0 = 2,7962/2 = 1,3981$ mm do $a_{cr} = 17$ mm, potom bude



Obr. 10: Rozdělení pravděpodobnosti výskytu iniciační trhliny a_i (bez useknutí zleva).

$$b = \frac{D_M}{D_b} \quad \text{kde} \quad (14)$$

D_M je mezní poškození.

Rezerva spolehlivosti vztažená k celkové délce života pak může být opět vyjádřena

$$R - S = D_M - b \cdot D_b \quad (15)$$

Kritický rozměr trhliny může být uvažován se započítáním korekce s ohledem na plastickou zónu; poškození odpovídající jednomu bloku víceetapového namáhání je uvažováno dle (9), počet bloků do poškození b dle (14); mezní poškození D_M má normální rozdělení s min. hodnotou 0,8 a max. hodnotou 1,2. Mez kluzu oceli a vstupní geometrické veličiny jsou uvažovány pomocí odpovídajících histogramů.

4.4 Přístup podle LEFM s využitím definice náhodné iniciační trhliny

Iniciační trhlina a_i je předpokládána jako náhodná veličina pomocí useknutého histogramu s log-normálním rozdělením (interval pro a_i od 0,2 až 2,0 mm), viz obr. 10. Efektivní délka počáteční centrální trhliny pásu nekonečné šířky je vyjádřena jako $a_{i,\text{eff}} = a_i + r_y$.

Kromě definice náhodné iniciační trhliny je výpočet a posouzení provedeno postupem již popsaným v kap. 4.3.

5 SOUHRN A ZÁVĚRY

Posouzení únavové životnosti bylo provedeno v souladu s doporučeními podle [15], případně s využitím přístupu podle LEFM. Bylo konstatováno, že rozhodujícím místem z hlediska únavové životnosti bylo sledované místo „X“ (příčný svar přivařeně zesilující příločky na dolním pásu), kterému byla při výpočtu přisouzena kategorie detailu 56; pro sledované místo „Z“ (příčný svar duté výztuhy stojiny na dolní pásnici pro $l > 50$ mm) byla předpokládána kategorie detailu 71. Součinitel únavové pevnosti při porovnáních nebyl aplikován ($\gamma_{Mf} = 1,0$). Zde je však nutno poznamenat, že dle [15] je doporučován součinitel v hodnotě až $\gamma_{Mf} = 1,35$. Provedená posouzení opětovně prokázala nevhodnost použití tohoto typu konstrukce v daných podmínkách.

Zjištěné hodnoty únavové životnosti a následná porovnání poměrně dobře korespondují se zapsaným chováním mostu a znovu potvrzují nebezpečnost a kritičnost tehdy vzniklé situace. Zpětnou konstrukcí získaná růstová křivka trhliny (křivka „3“ na obr. 9) poukazuje na reálnou možnost existence primární iniciační trhliny v blízkosti příčného svaru (místo „X“) o velikosti $2 \cdot a_i = 4,0$ mm a následné nebezpečí dolomení pásnice v poměrně krátkém čase. Po 3,5 letech provozu by toto nebezpečí hrozilo již při každém dalším přejezdu tramvajové soupravy. Z porovnání, které je provedeno v tab. 1 vyplývá, že rozvoj sledovaných trhlín a jejich nárůst je závislý především na velikosti primární iniciační trhliny. Poměrně výstižnou modelaci v tomto ohledu poskytuje přístup podle LEFM s využitím definice náhodné iniciační trhliny.

Z příslušné dobové dokumentace vyplývá, že mostní provizorium, uvedené do provozu v květnu roku 1977, mělo zůstat, navzdory závěrům provedených expertíz, v provozu až do června 1983. Bohužel, i přes zavedená opatření, kterými bylo snížení rychlosti přejezdů a pravidelné prohlídky, byly již v roce 1980 lokalizovány v kritických místech dolního pásu trhliny nepřipustných délek až do cca 200 mm, viz obr. 11. Dne 10.11.1980 byla doprava zastavena, konstrukce byla snesena a nahrazena novým příhradovým provizoriem, které slouží dodnes, obr. 13. Demontované dílce

nevyhovujícího mostního provizoria, které nevykazovaly kumulovaná poškození únavou, byly pak následně použity pro zastřešení zimního stadionu v Lounech [7], viz obr. 12.

Proměnné účinky pohyblivého zatížení na mostech mohou způsobit únavová poškození, která výrazně ovlivní spolehlivost a bezpečnost mostů. Velice nebezpečná situace může nastat při použití ocelových mostních provizií, která byla primárně určena pro armádní účely. V těchto případech je nutné, aby konstrukce byla detailně posouzena i na účinky kumulovaného poškození únavou. S narůstajícími poznatky o této problematice se konzervativní deterministické metody posouvají k pravděpodobnostním, které jsou výstižnější, ale náročnější na teoretická řešení a aplikační uplatnění.

Tabulka 1: Porovnání dosažených životností.

Použitý přístup	Použité kritérium	Dosažená únavová životnost [roky]	
		deterministický přístup při $\gamma_{Mf} = 1,0$	pravděpodob- nostní přístup pro $P_d=0,00007$
ekvivalentní rozkmit napětí	$\Delta\sigma_E = \left[\frac{\sum n_i (\Delta\sigma_i)^m}{N_{VZTAŽ.}} \right]^{1/m}$	6,635 (a_o ; $f_{(a/W)}=1,0$) příp. 6,129 (S-N křivka)	4,458 (a_o ; $f_{(a/W)}=1,0$) -
Palmgren-Minerova hypotéza kumulace poškození	$D = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \geq 1$	6,013	4,255
Přístup podle LEFM	$D_b = \sum \frac{n_i}{\int_{a_{o,i}}^{a_{cr,i}} \frac{da}{C \cdot (\Delta K)^m}}$	6,268	4,551 (a_o ; $f_{(a/W)}=1,0$)
Přístup podle LEFM s využitím definice náhodné iniciační trhliny	$D_b = \sum \frac{n_i}{\int_{a_{o,ini,i}}^{a_{cr,i}} \frac{da}{C \cdot (\Delta K)^m}}$	3,562	2,931 ($a_{ini,var}$; $f_{(a/W)}=1,0$)



Obr. 11: Zjištěné únavové trhliny nepřípustných délek na dolním pásu.



Obr. 12 Montáž zastřešení zimního stadionu v Lounech z demontovaných dílců provizoria.



Obr. 13 Současné příhradové mostní provizorium.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/07/0557.

LITERATURA

- [1] MAREK, P., GUŠTAR, M., ANAGNOS, T., Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1995, ISBN 0-8493-8286-6.
- [2] MAREK, P., GUŠTAR, M., Computer program AnthillTM (Copyright), Distr. ARTech, Nad Vinicí 7, 143 00 Praha 4, 1989-2001.
- [3] MAREK, P., Prediction of Fatigue Life in a Steel Bridge, IABSE Colloquium, Lousanne, 1982.
- [4] MAREK, P., HÁŠA, P., KOTTOVÁ, J., K životnosti ocelové mostní konstrukce z pohledu únavové pevnosti, Inženýrské stavby, 1981/2, Alfa, Bratislava.
- [5] MAREK, P., KROUSKÝ, J., Únavová pevnost ocelových mostů, Inženýrské stavby, 1981/2, Alfa, Bratislava.
- [6] MAREK, P., a kol., Výpočetní kontrola mostní konstrukce Partyzánská–Trojská v Praze z hlediska pevnosti na únavu, Praha, 1980.
- [7] MAREK P., Životnost tramvajového provizoria. DOPRAVA 5/2007, Min. dopravy, str. 19
- [8] Zmrhal, V., Zpráva č. 78080008 o experimentálním zjištění šíření trhliny a velikosti kritického defektu, Praha, 1980.
- [9] HUDÁK, J., at all, Comparison of Single-Cycle Versus Multiple- Cycle Proof Testing Strategies – Report no. 4318 Washington, D.C., NASA.
- [10] HUDÁK, J., Únavové namáhání ocelových konstrukcí, ManaCon Prešov, 2003.
- [11] VLK, M., Uplatnění metody SBRA při řešení únavových problémů, Sborník konference Spolehlivost konstrukcí, DT Ostrava, březen 2001, Ostrava.
- [12] VLK, M., Posouzení únavové životnosti metodou dílčích součinitelů a metodou SBRA, Sborník konference Spolehlivost konstrukcí, DT Ostrava, duben 2005, Ostrava.
- [13] RIEGER, M., MAREK, P., LOKAJ, A., Dlouhodobé sledování dynamické odezvy mostního objektu, Sborník příspěvků česko-slovenské konference EXPERIMENT '07, 25. – 26. říjen 2007, Brno, s. 395-400, ISBN 978-80-7204-543-3
- [14] JANSSEN, M., ZUIDEMA, J., WANHILL, R.J.H., Fracture mechanics, Netherlands, 2002. ISBN 90-407-2221-8
- [15] EUROCODE 3: Design of steel structures – Part 1.9: Fatigue strength of steel structures..

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. Leo Václavek, CSc.

Miroslav ROSMANIT¹, Monique C. M. BAKKER²

ELASTIC POST-BUCKLING BEHAVIOR OF UNIFORMLY COMPRESSED PLATES

Abstract

In this paper it is discussed how existing analytical and semi-analytical formulas for describing the elastic-post-buckling behavior of uniformly compressed square plates with initial imperfections, for loads up to three times the buckling load can be simplified and improved. For loads larger than about twice the buckling load the influence of changes in the buckling shape, assumed sinusoidal, cannot be neglected anymore. These changes can be taken into account by using the perturbation approach. The existing and improved formulas are compared to the results of finite element simulations.

1 INTRODUCTION

In this paper the post-buckling behavior of square plates, as shown in fig. 2. is studied. All edges of the plate are simply supported ($u_z = 0$). The edges loaded by the compression force are forced to remain straight, but free to experience Poisson's contraction. The other two edges are free to wave in-plane, thus membrane stresses in the y -direction are equal to zero. These boundary conditions correspond to the boundary conditions usually used for the modeling of compression flanges in thin-walled steel deck sections. These boundary conditions correspond to the boundary conditions usually used for the modeling of compression flanges. The concentrated load causes deformations of the compression flange which may be quite large [1]. Therefore it was decided to study the behavior of uniformly compressed plates for loads up to three times the buckling load, and for initial imperfections up to two times the plate thickness.

When a perfectly flat simply supported plate is subjected to uniaxial compression, the stress distribution is uniform over the plate, until the buckling load is reached. After buckling the stress distribution becomes non-uniform, both over the width b and the length a of the plate. Plate with unloaded edges forced to remain straight but free to move in-plane have the same buckling load, but differ in their post-buckling behavior, see Fig. 1.

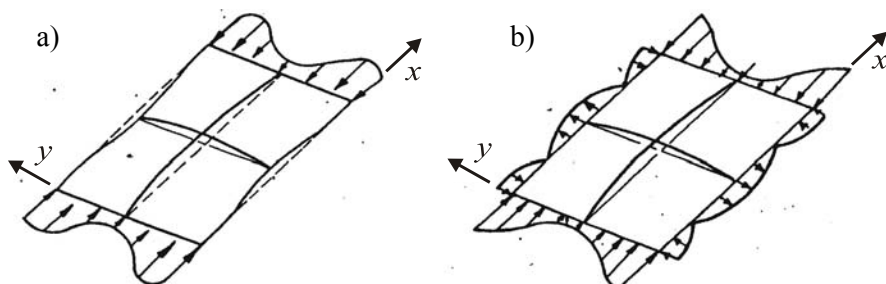


Fig. 1: a) Plate with unloaded edges stress free and able to wave.
b) Plate with all edges kept straight.

¹ Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvika Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 364, e-mail: miroslav.rosmanit@vsb.cz.

² Associate Professor, dr., ir., Technische Universiteit Eindhoven, Department of Architecture, Building and Planning, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, tel.: +31 402 472 331, e-mail: m.c.m.bakker@bwk.tue.nl.

For plates with initial imperfections the stress distribution is non-uniform from the onset of loading. In this paper, it is assumed that the plate has a sinusoidal initial imperfection, with the maximum imperfection w_0 occurring at the center of the plate, see Fig. 3.

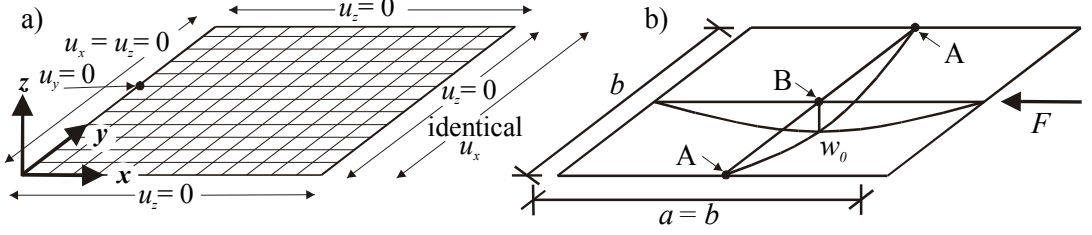


Fig. 2: Schematic view of numerical model: a) Boundary conditions; b) Initial imperfection, load, measures and location of points A and B.

In this paper the following results will be discussed as functions of the out-of-plane deflection w at the center of the plate, where w is the total out-of-plane deflection at the center of the plate, including the initial imperfection w_0 :

- the load F or average stress in x -direction: $\sigma_{x,av} = F/(bt)$;
- the axial shortening u or the average strain in x -direction: $\varepsilon_{x,av} = u/a$;
- membrane stresses $\sigma_{x,A}$ and $\sigma_{x,B}$ in the x -direction at points A and B;
- membrane stress $\sigma_{y,B}$ in the y -direction at point B;

These results can be made dimensionless, by using the buckling stress

$$\sigma_{cr} = \frac{K\pi^2 D}{b^2 t} \quad (1)$$

from which we can define the critical strain

$$\varepsilon_{cr} = \frac{\sigma_{cr}}{E} \quad (2)$$

the critical axial shortening

$$u_{cr} = \varepsilon_{cr} a = \frac{\sigma_{cr} a}{E} \quad (3)$$

and the critical load

$$F_{cr} = bt\sigma_{cr} \quad (4)$$

In these equations D is the plate flexural rigidity factor:

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (5)$$

t is the plate thickness, a and b are the length and width of the plate (for a square plate $a = b$), E is the modulus of elasticity and K is the buckling coefficient.

In the following first a small-deflection solution summarized by Rhodes [2] and a large-deflection solution given by Williams and Walker [3] are discussed. Then two new solutions are proposed: a modified large-deflection solution which is consistent with the small-deflection solution and a modified strip model based on the strip model of Calladine [4]. The results of these four different solutions are compared to the results of a parameter study with the finite element program ANSYS. Final results can be used to determine the failure loads of compressed square plates. Finally some remarks are made on the effective width method which is often used in the analysis of plate – see Appendix.

2 SMALL-DEFLECTION SOLUTION

The elastic post-buckling behavior of thin plates with initial imperfections is governed by Marguerre's equations [5]. Approximate analytical solutions for these equations can be found by postulating a form for the out-of-plane deflections w . At loads below about twice the buckling load the assumption of an unchanging buckled form gives results of engineering accuracy. According to Rhodes [2] the solution based on an unchanging sinusoidal buckling shape can be described by the following equations:

$$\frac{F}{F_{cr}} = \frac{\sigma_{x;av}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_F \eta \quad \text{with} \quad A_F = \frac{A}{K} \frac{E^*}{E} \quad (6)$$

$$\frac{u}{u_{cr}} = \frac{\varepsilon_{x;av}}{\varepsilon_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_u \eta \quad \text{with} \quad A_u = \frac{A}{K} \quad (7)$$

$$\frac{\sigma_{x;A}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_{\sigma x;A} \eta \quad \text{with} \quad A_{\sigma x;A} = \frac{A}{K} \frac{E^*}{E} \left/ \frac{\partial \sigma_{x;av}}{\partial \sigma_{x;A}} \right. \quad (8)$$

where:

$$\eta = \left(\frac{w}{t}\right)^2 - \left(\frac{w_0}{t}\right)^2 \quad (9)$$

A is a coefficient, E^* is an effective Young's modulus and the ratio $\frac{\partial \sigma_{x;av}}{\partial \sigma_{x;A}}$ is a partial variation of the average stress $\sigma_{x;av}$.

Rhodes gives values for the coefficients K , A , $\frac{E^*}{E}$ and $\frac{\partial \sigma_{x;av}}{\partial \sigma_{x;A}}$ depending on the ratio $e = a/b$

of the buckle half width a and the plate width b of the plate. For the case $e = 1$ (square plates), he gives the following values for a simply supported plate with stress-free unloaded edges – Table 1. These values are valid for Poisson's ratio $\nu = 0.3$. The resulting A_F , A_u and $A_{\sigma x;A}$ values are given in Table 4.

Table 1: Coefficients given by Rhodes:

$K = 4$	$A = 2.31$	$\frac{E^*}{E} = 0.408$	$\frac{\partial \sigma_{x;av}}{\partial \sigma_{x;A}} = 0.26$

Rhodes did not give solutions for the membrane stresses $\sigma_{x;B}$ and $\sigma_{y;B}$. Using the solution of the Marguerre equations given in Murray [6] it can be derived [7] that:

$$\frac{\sigma_{x;B}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_{\sigma x;B} \eta \quad (10)$$

$$\frac{\sigma_{y;B}}{\sigma_{cr}} = A_{\sigma y;B} \eta \quad (11)$$

The thus determined $A_{\sigma x;B}$ and $A_{\sigma y;B}$ values are given in Table 4.

3 LARGE-DEFLECTION SOLUTION

For loads larger than about twice the buckling load the changes in the buckling form must be accounted for. Williams and Walker [3] gave an explicit solution for the elastic large-deflection analysis of compressed plates. The two-term format of their expressions is based on the perturbation approach, but the value of the constants in these expressions has been determined from numerical simulations (using the finite difference method).

Their solution takes the following form:

$$A_w^{W\&W} \phi + B_w^{W\&W} \phi^3 = \sqrt{\eta} \quad (12)$$

in which

$$\phi = \sqrt{\frac{F}{F_{cr}} - 1 + \frac{w_0}{w}} \quad (13)$$

$$\frac{u}{u_{cr}} = \frac{F}{F_{cr}} + A_u^{W\&W} \eta + B_u^{W\&W} \eta^2 \quad (14)$$

$$\frac{\sigma_{x,A}}{\sigma_{cr}} = \frac{F}{F_{cr}} + A_{\alpha x;A}^{W\&W} \eta + B_{\alpha x;A}^{W\&W} \eta^2 \quad (15)$$

$$\frac{\sigma_{x,B}}{\sigma_{cr}} = \frac{F}{F_{cr}} + A_{\alpha x;B}^{W\&W} \eta + B_{\alpha x;B}^{W\&W} \eta^2 \quad (16)$$

$$\frac{\sigma_{y;B}}{\sigma_{cr}} = A_{\alpha y;B}^{W\&W} \eta + B_{\alpha y;B}^{W\&W} \eta^2 \quad (17)$$

For a square plate with simply supported edges, subjected to uniaxial compression with the unloaded edges stress free, Williams and Walker [3] give the following values for the coefficients (valid for $\nu = 0.3$):

Table 2: Coefficients given by Williams and Walker – large deflections:

$A_w^{W\&W} = 2.157$ and $B_w^{W\&W} = 0.010$	
$A_u^{W\&W} = 0.341$ and $B_u^{W\&W} = 0.013$	$A_{\alpha x;A}^{W\&W} = 0.628$ and $B_{\alpha x;A}^{W\&W} = 0.010$
$A_{\alpha y;B}^{W\&W} = -0.201$ and $B_{\alpha y;B}^{W\&W} = 0.016$	$A_{\alpha x;B}^{W\&W} = -0.383$ and $B_{\alpha x;B}^{W\&W} = 0.011$

It was found that eqs. (12) to (16) can be rewritten in a format similar to eqs. (6) to (10).

$$\frac{F}{F_{cr}} = \frac{\sigma_{x;av}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_F \eta + B_F \eta^2 \quad (18)$$

$$\frac{u}{u_{cr}} = \frac{\varepsilon_{x;av}}{\varepsilon_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_u \eta + B_u \eta^2 \quad (19)$$

$$\frac{\sigma_{x,A}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_{\alpha x;A} \eta + B_{\alpha x;A} \eta^2 \quad (20)$$

$$\frac{\sigma_{x,B}}{\sigma_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_{\alpha x;B} \eta + B_{\alpha x;B} \eta^2 \quad (21)$$

$$\frac{\sigma_{y;B}}{\sigma_{cr}} = A_{\alpha y;B} \eta + B_{\alpha y;B} \eta^2 \quad (17) \approx (22)$$

The resulting A and B values are given in Table 4.

Williams and Walker [3] also gave a one-term perturbation solution which is accurate enough for design loads up to about 1.5 times the critical load. The general form of the explicit expressions is the same as given in eqs. (12) – (17), except that the second term involving coefficient B is omitted. Unfortunately the coefficients A have to be changed as follows:

Table 3: Coefficients given by Williams and Walker – small deflections:

$A_w^{W\&W} = 2.158$	
$A_u^{W\&W} = 0.347$	$A_{\alpha;A}^{W\&W} = 0.633$
$A_{\alpha;B}^{W\&W} = -0.193$	$A_{\alpha;B}^{W\&W} = -0.378$

Because the results from the one-term perturbation solution are less accurate than the small-deflection solution we will follow only the two-term perturbation solution in this paper. Nevertheless the resulting A and B values are given in Table 4.

4 MODIFIED LARGE-DEFLECTION SOLUTION

In the perturbation approach by Williams and Walker [3], both the coefficients $A^{W\&W}$ and $B^{W\&W}$ were determined from the results of numerical solutions. In this paper it is proposed to take the coefficients A equal to the coefficients determined in the small-deflection solution of the Marguerre equations, and fitting the coefficient B to the results of numerical simulations, using the format of eqs. (18) to (22) instead of (12) to (17). The resulting coefficients are given in Table 4. The coefficients B were fitted for $w_0 = t$ and $F/F_{cr} = 3.0$, because it was found that these specific values yield the best results [7].

5 MODIFIED STRIP MODEL

Calladine [4] used a simple two-element model to represent the behavior of the plate (see Fig. 3). In this model there are two edge strips with a total width b_{ed} that always remain straight, and one central strip with a width $b_{ce} = b - b_{ed}$ which behaves like a classical Euler column (i.e. it buckles at constant stress, equal to the buckling stress σ_{cr} of the plate).

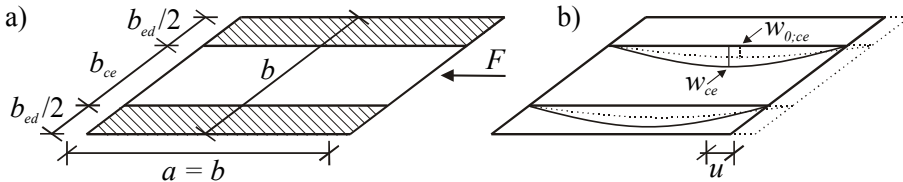


Fig. 3: a) Strip model of the compressed plate by Calladine [4].
b) Deformed strip model of the compressed plate by Calladine [4].

According to this model the total load carried by the plate can be calculated as:

$$F = b_{ed}\sigma_{ed}t + (b - b_{ed})\sigma_{ce}t \quad (23)$$

This formula can also be written as:

$$\frac{F}{F_{cr}} = \frac{\sigma_{x,av}}{\sigma_{cr}} = \frac{b_{ed}}{b} \frac{\sigma_{ed}}{\sigma_{cr}} + \frac{b - b_{ed}}{b} \frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{cr}} \quad (24)$$

The strain of the central strip can be calculated as the sum of the elastic compressive strain and the geometric strain ε_g :

$$\frac{\varepsilon_{ce}}{\varepsilon_{cr}} = \frac{\sigma_{ce}}{E\varepsilon_{cr}} + \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon_{cr}} = \frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{cr}} + \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon_{cr}} \quad (25)$$

where ε_g is calculated from the shortening u of the central strip due to out-of-plane deflections:

$$\varepsilon_g = \frac{u}{a} = \frac{\pi^2(w_{ce}^2 - w_{0,ce}^2)}{4a^2} \quad (26)$$

The central strip behaves like an Euler column, so that the imperfection amplification factor $\xi = w_{ce}/w_{0,ce}$ can be determined as:

$$\xi = \frac{n}{n+1} \quad \text{with} \quad n = \frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{cr}} \quad (27)$$

Eq. (27) can be used to calculate the stress in the central strip as a function of the out-of-plane deflection of the plate:

$$\frac{\sigma_{ce}}{\sigma_{cr}} = (1 - 1/\xi) = 1 - \frac{w_{0,ce}}{w_{ce}} \quad (28)$$

Calladine [4] assumed that the maximum lateral deflections w and w_0 of the plate are equal to the maximum lateral deflections w_{ce} and $w_{0,ce}$ of the central strip. In this paper it will be assumed that the maximum deflection of the central strip can be written as:

$$w_{ce} = \sqrt{C_w} w \quad (29)$$

and the maximum initial deformation of the central strip can be written as:

$$w_{0,ce} = \sqrt{C_w} w_0 \quad (30)$$

Using eqs. (23) and (28) to (30), eq. (25) can be rewritten to give:

$$\frac{\varepsilon_{ce}}{\varepsilon_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + \frac{C_w 3 \cdot (1 - \nu^2) b^2}{a^2 K} \eta \quad (31)$$

It can be shown [7] that for elastic edge strip and elastic central strip behavior the modified strip model and the small-deflection model give identical strains if:

$$C_w = \frac{Aa^2}{3(1 - \nu^2)b^2} \quad (32)$$

Compatibility requires that the strain in the edge strip equals the strain in the central strip:

$$\varepsilon_{ed} = \varepsilon_{ce} = \varepsilon_{x,av} \quad (33)$$

The stress in the edge strip can be calculated as:

$$\sigma_{ed} = E\varepsilon_{ed} \quad (34)$$

Using eqs. (28) to (34), eq. (24) can be written as:

$$\frac{F}{F_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + \frac{b_{ed}}{b} \frac{A}{K} \eta = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + A_F \eta \quad (35)$$

Comparing eq. (34) with eq. (6) it can be seen that these two equations give identical results when:

$$\frac{b_{ed}}{b} = \frac{E^*}{E} = \frac{A_F}{A_u} \quad (36)$$

where the coefficients A_F and A_u should be taken from the small-deflection solution.

The modified strip model can also be used in the large-deflection range by using eq. (19) instead of eq. (7) to determine the strains, resulting in:

$$\frac{F}{F_{cr}} = \left(1 - \frac{w_0}{w}\right) + \frac{b_{ed}}{b} (A_u \eta + B_u \eta^2) \quad (37)$$

Eqs. (37) and (18) give identical results if:

$$\frac{b_{ed}}{b} = \frac{A_F \eta + B_F \eta^2}{A_u \eta + B_u \eta^2} \quad (38)$$

where the coefficients A and B should be taken from the modified large-deflection solution.

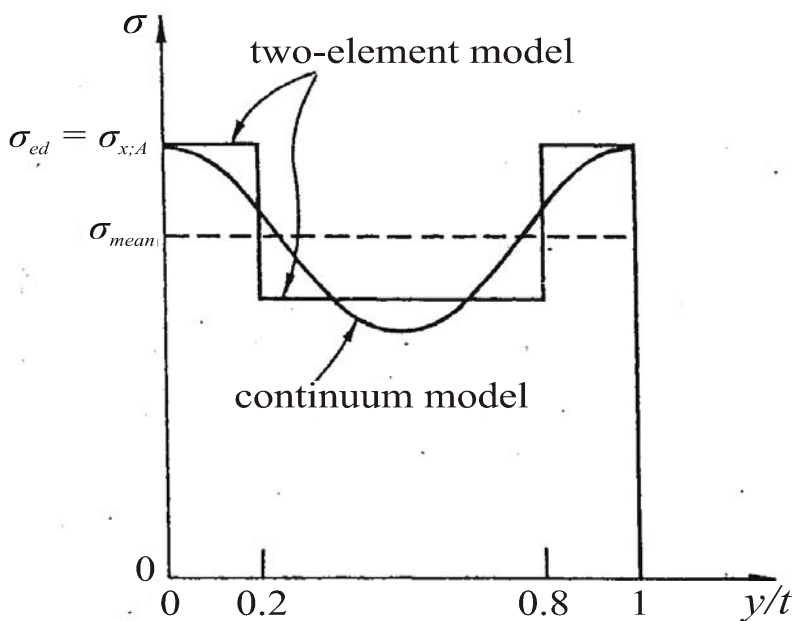


Fig. 4: Model of stress distribution over the central cross section (Calladine [4]).
The stresses at the edges of the plate, and the mean stress in the plate, are the same for both continuum and two-element models.

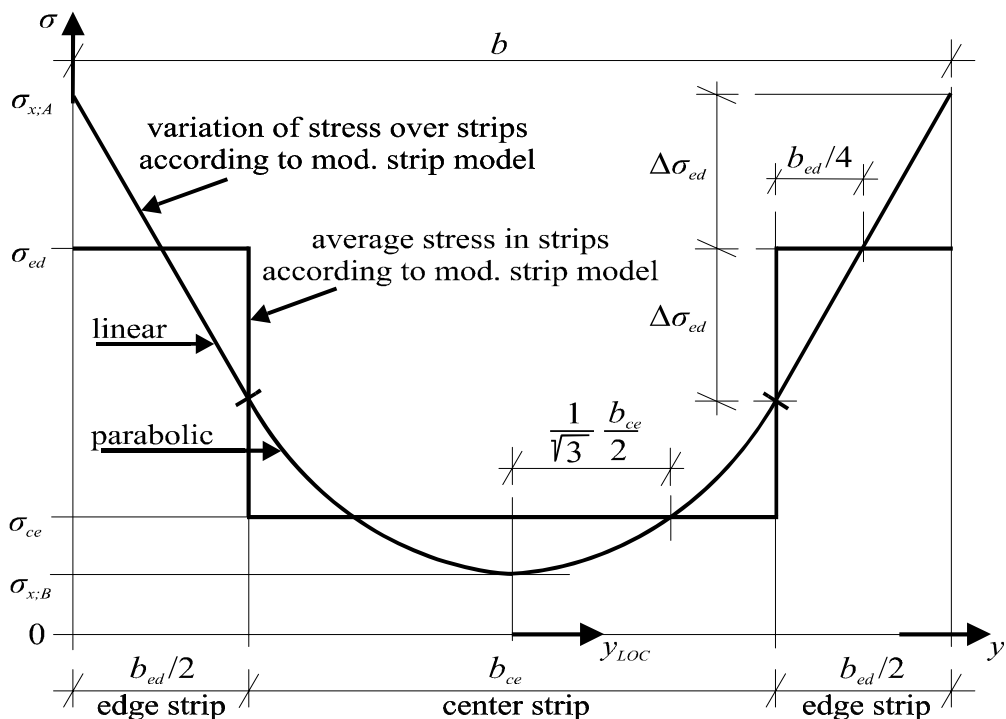


Fig. 5: Two models of stress distribution (idealized) over the central cross section.

Calladine assumed that the stress in the edge strip equals the stress at the edges of the plate ($\sigma_{ed} = \sigma_{x,A}$), Fig. 4. A more accurate edge stress can be calculated by assuming a linear stress distribution over the edge strip and a parabolic stress distribution in the central strip. By taking σ_{ed} and σ_{ce} equal to the average stress over edge and central strip and requiring that the stresses and the stress gradients are continuous at the border between central strip and edge strip (see Fig. 5), the membrane stresses at the edge and center of the plate can be calculated as [7]:

$$\sigma_{x,A} = \sigma_{ed} + \Delta\sigma_{ed} \quad (39)$$

$$\sigma_{x,B} = \sigma_{ce} - \frac{1}{3} \frac{b_{ce}}{b_{ed}} \Delta\sigma_{ed} \quad (40)$$

with

$$\Delta\sigma_{ed} = (\sigma_{ed} - \sigma_{ce}) \left(1 + \frac{2}{3} \frac{b_{ce}}{b_{ed}} \right) \quad (41)$$

Note that by using this method the stresses can be calculated without knowing the small-deflection solution for stresses, and without curve fitting on stresses. Eqs. (39) and (40) can also be written in the format of the equations for the stresses according to the modified large-deflection model (eqs. (18) and (19)). The resulting A and B values are given in Table 4.

Table 4: The resulting coefficients A and B ; comparison of the methods:

variable	coefficients	small-def. eqs. (6) - (11), resp. (18) - (22)	large-def. eqs. (18) - (22)	mod. large-def. eqs. (18) - (22)	mod. strip eqs. (18), (19), (39) and (40)
F/F_{cr}	A_F	0.2356 (0.2147)*	0.2149	0.2356	
	B_F	0	$-0.4283 \cdot 10^{-3}$	$-0.3137 \cdot 10^{-2}$	
u/u_{cr}	A_u	0.5775 (0.5617)*	0.5559	0.5775	
	B_u	0	$0.1257 \cdot 10^{-1}$	$0.7799 \cdot 10^{-2}$	
$\sigma_{x,A}/\sigma_{cr}$	$A_{\sigma_{x,A}}$	0.9062 0.9025** (0.8477)*	0.8429	0.9062	0.8710
	$B_{\sigma_{x,A}}$	0	$0.9572 \cdot 10^{-2}$	$-0.2608 \cdot 10^{-2}$	$0.5223 \cdot 10^{-2}$
$\sigma_{x,B}/\sigma_{cr}$	$A_{\sigma_{x,B}}$	-0.1676^{**} (-0.1633)*	-0.1681	-0.1676	-0.1420
	$B_{\sigma_{x,B}}$	0	$0.1057 \cdot 10^{-1}$	$0.4489 \cdot 10^{-2}$	$-0.5189 \cdot 10^{-2}$
$\sigma_{y,B}/\sigma_{cr}$	$A_{\sigma_{y,B}}$	-0.2218^{**} (-0.1930)*	-0.2010	-0.2218	-
	$B_{\sigma_{y,B}}$	0	$-0.1600 \cdot 10^{-1}$	$-0.1213 \cdot 10^{-1}$	-

* For completeness' sake - brackets values are coefficients according to William and Walker [3] for one-term perturbation solution.

** The coefficients derived from Marguerre's equations for a rectangular plate with initial dishing, according to Murray [7].

6 FINITE ELEMENT SIMULATIONS

With the finite element program ANSYS 8.1 a numerical parameter study has been carried out. Using eqs. (1), (2), (3), (4), (27) and (28) it can be showed that for elastic calculations only one specific geometry of compressed plate (with one critical stress) is needed. Therefore the plate length and width, plate thickness, Young's modulus and Poisson's coefficient were kept constant in the parameter study: $a = b = 99.8$ mm, $t = 0.7$ mm, $E = 210000$ N/mm², $\nu = 0.3$; resulting in a critical stress $\sigma_{cr} = 37.5$ N/mm².

All boundary conditions, axis convention and the specific points on the plate are presented in fig.3. The used initial imperfections were $0.01t$, $0.1t$, $0.25t$, $0.5t$, $1.0t$, $1.5t$ and $2.0t$. In the model rectangular elements Shell43 were used. The element has six degrees of freedom at each node: translations in the nodal x -, y -, and z -directions and rotations along the nodal axes. The deformation shapes are linear in both in-plane directions. The mesh density for each plate was 40×40 elements. In the calculations the effect of large deformations was included. The numerical analyses were performed for loads up to three times the buckling load.

7 DISCUSSION

Graphical and numerical comparisons a representative selection of results is shown in Fig. 6 to 9 and at Table 5; for more results see [7]. The comparison of results shows that the modified large-deflection method gives the most accurate results for the ratio's F/F_{cr} and u/u_{cr} . For small imperfections the small-deflection solution gives results within 5 % error for loads up to about twice the buckling load, but for large initial imperfections the 5 % error occurs at lower loads. With respect to the membrane stresses $\sigma_{x,A}$, it is surprising to see that the small-deflection solution gives better results than the large-deflection solution, even for large initial imperfections and/or large deflections. The modified large-deflection solution does not really improve the small-deflection solution; the modified strip method is slightly less accurate. The accuracy of the membrane stress $\sigma_{x,B}$ is less than the accuracy of the membrane stress $\sigma_{x,A}$, for all models, and deteriorates with increasing initial imperfection.

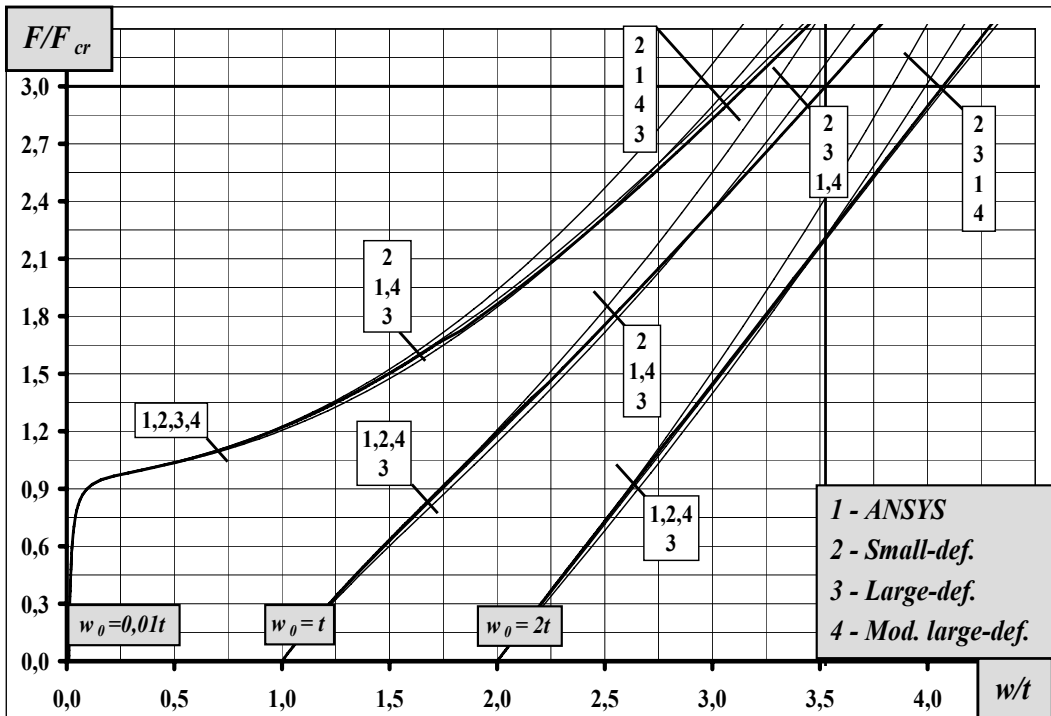


Fig. 6: Comparison of theories: F/F_{cr} and w/t relation.

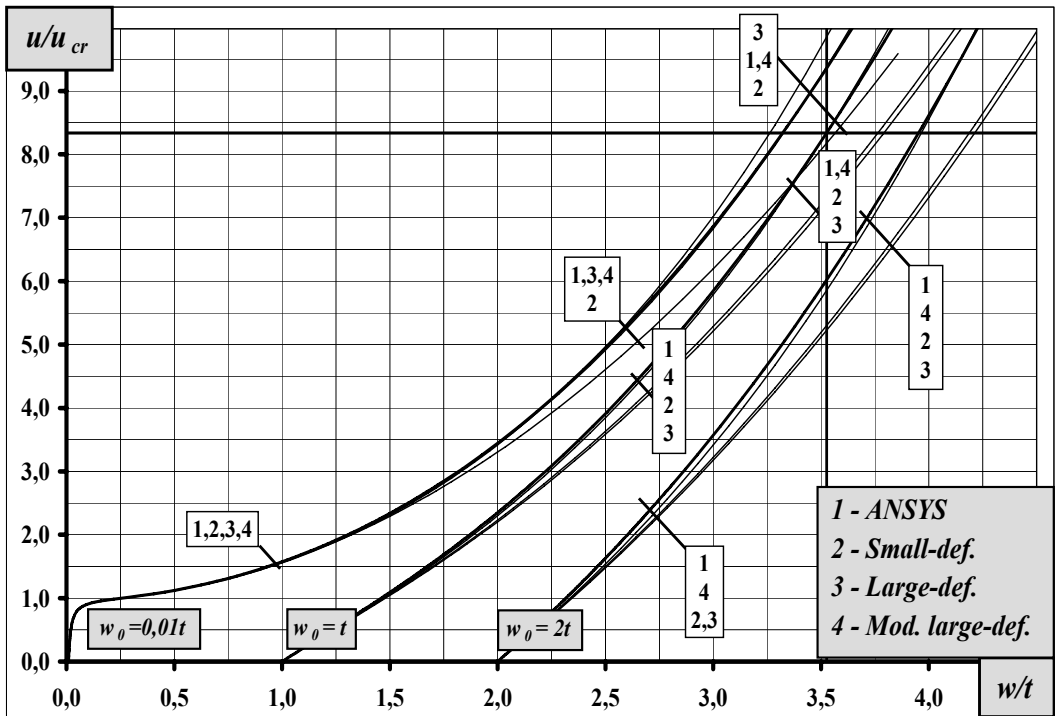


Fig. 7: Comparison of theories: $\sigma_{x;A}/\sigma_{cr}$ and w/t relation.

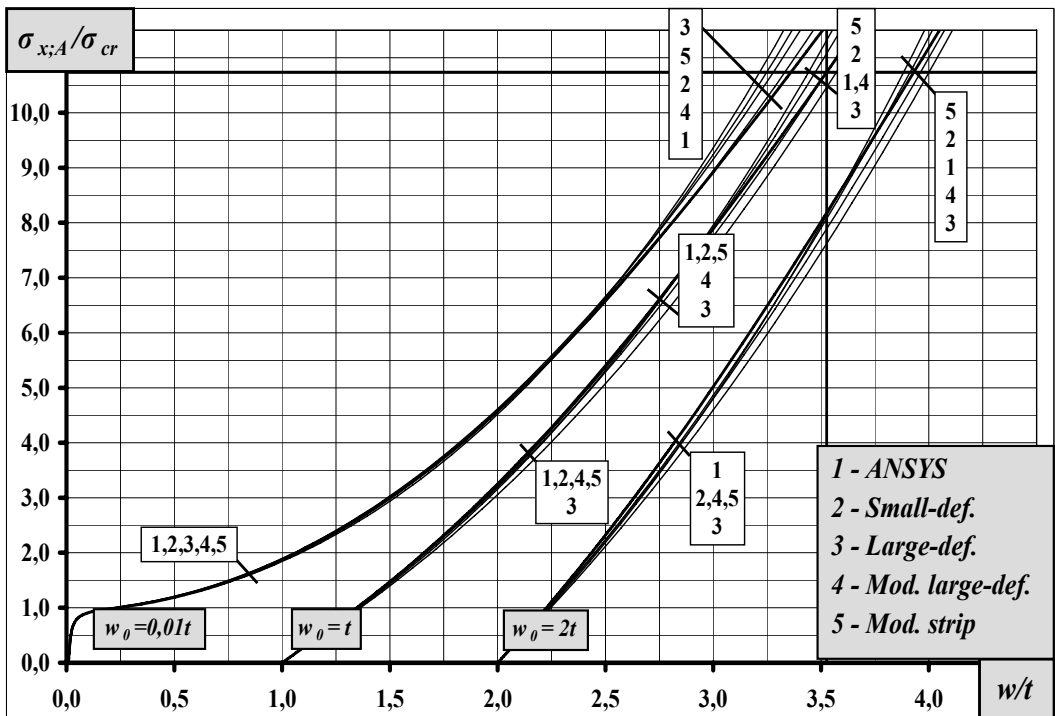


Fig. 8: Comparison of theories: F/F_{cr} and w/t relation.

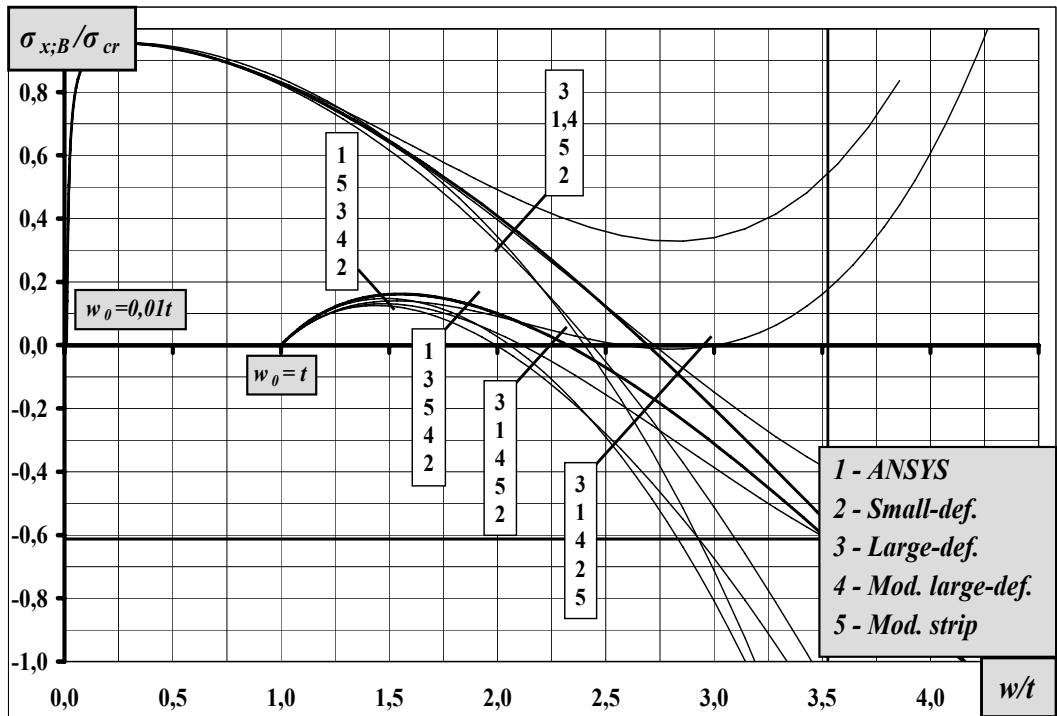


Fig. 9: Comparison of theories: $\sigma_{x;B}/\sigma_{cr}$ and w/t relation.

Table 5: Comparison of theories: The ratio's F/F_{cr} when the first 5 % error occurs – safe validity of the theory.

variable		theory method	initial deflection						
			0.01t	0.10t	0.25t	0.50t	1.00t	1.50t	2.00t
F/F _{cr} according to first 5 % error	F/F _{cr}	small-def.	2.16	2.14	2.09	2.03	1.90	1.77	1.63
		large-def.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		mod. large-def.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00*	3.00*	3.00*
	u/u _{cr}	small-def.	2.10	2.05	1.95	1.76	1.20	0.35	0.00
		large-def.	3.00	1.77	1.66	1.42	0.80	0.00	0.00
		mod. large-def.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00*
	σ _{x;A} /σ _{cr}	small-def.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		large-def.	2.91	3.00	3.00	3.00	0.48	0.00	0.00
		mod. large-def.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		mod. strip	3.00	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96*
	σ _{x;B} /σ _{cr}	small-def.	1.49	1.39	1.20	0.82	0.00	0.00	0.00
		large-def.	1.54	1.48	1.40	1.30	0.00	0.00	0.00
		mod. large-def.	2.38	2.38	1.58	1.02	0.00	0.00	0.00
		mod. strip	1.71	1.63	1.48	1.21	0.50	0.00	0.00

When the first 5 % error does not occur in the ratio $F/F_{cr} = 3.0$, then it is 3.0.

* Although errors are more than 5 % during the first part of the range observed, they are less than 5 % for the most relevant part (at least $1.14 < F/F_{cr} < 3.00$).

8 CONCLUSIONS

By rewriting the equations of the large-deflection solution given by Williams and Walker [3] in a format similar to the format of the small-deflection solution given by Rhodes [2] these equations become easier to use. A more consistent large-deflection solution can be found by using the coefficients A from the small-deflection model, and fitting only the coefficients B to the results of finite element simulations. The thus determined modified large-deflection solution is more accurate than the large-deflection solution and gives results of engineering accuracy for the ratios F/F_{cr} , u/u_{cr} and $\sigma_{x;A}/\sigma_{cr}$ for loads up to three times the buckling load, and initial imperfections up to two times the plate thickness. For the ratios $\sigma_{x;B}/\sigma_{cr}$ and $\sigma_{y;B}/\sigma_{cr}$ engineering accuracy is obtained for smaller load ranges, which rapidly decrease with increasing initial imperfection.

The modified strip model, based on the strip model by Calladine [4] is identical to the modified large-deflection solution, in the prediction of the ratios F/F_{cr} and u/u_{cr} . Using this model membrane stresses in point A and B can be calculated without fitting coefficients to stress results from numerical simulations. As such, the modified strip model can presumably play an important role in future web-crippling design rules. Note that this method does not give results for moments and for stresses $\sigma_{y;B}$. However, in the small-deflection range moments can be calculated from the small-deflection solution. Membrane stresses $\sigma_{y;B}$ are very small compared to $\sigma_{x;B}$ and do not influence the failure behavior of the plate very much.

It should be checked whether the proposed modified large-deflection method and modified strip model can also be used for other plate geometries, and other boundary conditions.

NOTATION

A_i, B_i	coefficients
D	plate flexural rigidity factor
E	Young's modulus of elasticity
E^*	effective Young's modulus of elasticity by Rhodes [2]
F	load – compression longitudinal force
F_{cr}	critical load
K	buckling coefficient
a, b	plate length/width; for a square plate $a = b$
b_{ce}, b_{ed}	width of the centre respectively edge strip
t	plate thickness
u, u_{cr}	axial shortening respectively critical axial shortening
w, w_0	total respectively initial out-of-plane deflection at the centre of the plate
$\epsilon_{ce}, \epsilon_{ed}$	average strain at centre respectively edge strip according to σ_{ce}, σ_{ed}
ϵ_{cr}	critical strain of the plate
ϵ_g	geometric strain
$\epsilon_{x;av}$	average strain in x-direction
η	second degree relation of w_0 and w
ν	Poisson's ratio
ζ	imperfection amplification factor
σ_{ce}, σ_{ed}	average membrane stress at centre respectively edge strip
σ_{cr}	critical stress of the plate
$\sigma_{i;j}$	membrane stress on direction i at point j
$\sigma_{x;av}$	average stress in x-direction

APPENDIX - EFFECTIVE WIDTH APPROACH

Von Karman's approach

The term 'effective width' has been used for many years in the description of plate post-buckling behavior. A large series of compression tests on plates of various materials showed that after buckling a plate behaves as if only part of its width is effective in carrying load. The maximum stress occurs at the plate edges while the membrane stresses near the heavily buckled plate centre are relatively small. This phenomenon was investigated theoretically by von Karman [8] who obtained the first effective expression:

$$\int_0^b \sigma dx = b_{eff} \sigma_{max} \quad (42)$$

Fig. 10: Effective width of stiffened compression plate – model of von Karman [8].

In this approach it is assumed that the total load is carried by a fictitious effective width b_{eff} , subjected to a uniformly distributed stress equal to the edge stress σ_{max} , as shown in Fig. 10. In this scheme the edge zones became narrowed as the total load increased, and the central zone carried zero stress. Von Karman assumed that the effective width b_{eff} represents a particular width of the plate which just buckles when the compressive stress reaches the yield point. This assumption resulting in (valid for plates without initial imperfections):

$$b_{eff} = Ct \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.9t \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (43)$$

where f_y is the yield strength of the material and

$$C = \frac{\pi}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} = 1.9 \quad (44)$$

Eq. (43) can also be written as:

$$\frac{b_{eff}}{b} = \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{f_y}} \quad (45)$$

Winter's approach

Later Winter [9] indicated that eq. (42) is equally applicable to the plates in which the stress is below the yield point, therefore it could be written as:

$$b_{eff} = Ct \sqrt{\frac{E}{\sigma_{max}}} \quad (46)$$

where σ_{max} is the maximum edge stress of the plate.

Winter [10] also found that a straight-line relationship exists between the non-dimensional parameter $(t/b)\sqrt{E/\sigma_{\max}}$ and the term C. The following equation has been developed:

$$C = 1.9 \left[1 - 0.475 \left(\frac{t}{b} \right) \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \right] \quad (47)$$

For $(t/b)\sqrt{E/\sigma_{\max}} = 0$, which represent the particular case of extremely large b/t ratio with relatively high stress, this formula correspond to von Karman's eq. (43). Using eq. (47), eq. (46) resulting in:

$$b_{eff} = 1.9t \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \left[1 - 0.475 \left(\frac{t}{b} \right) \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \right] \quad (48)$$

It should be noted that formula (48) implicitly included average influence of initial imperfections.

A long time accumulated experience has indicated that a more realistic equation may be used in the determination of the effective width (Winter [11]):

$$b_{eff} = 1.9t \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \left[1 - 0.415 \left(\frac{t}{b} \right) \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \right] \quad (49)$$

This equation corresponds to the following relationship:

$$\frac{b_{eff}}{b} = \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{\max}}} \left[1 - 0.22 \sqrt{\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{\max}}} \right] \quad (50)$$

Rhodes' approach [2]

Rhodes defined the term effective width in two different forms according to the required purpose – effective width for strength, which describe the maximum stress-deformation behavior, and effective width for stiffness, which describes the load-deformation behavior.

Rhodes defined the effective width for strength $b_{eff, str}$ for uniaxially compressed plates as that width of the fully effective (unbuckled) plate which sustains the same maximum membrane stress as the buckled plate under a given load:

$$\frac{b_{eff, str}}{b} = \frac{\sigma_{av}}{\sigma_{\max}} \quad (51)$$

where σ_{av} is the average membrane stress for a perfect plate. Rhodes assumes the maximum load a plate can withstand is very close to that which causes first membrane yield to occur. Therefore the effective width theory based on the maximum membrane stress is useful in predicting the ultimate strength of a plate.

The effective width for stiffness $b_{eff, stiff}$ for uniaxially compressed plates Rhodes defined as that width of unbuckled plate which sustains the same average strain as the buckled plate for a given load.

$$\frac{b_{eff, stiff}}{b} = \frac{\sigma_{av}}{\sigma_E} \quad (52)$$

where σ_E is an average edge stress. Since the edges of plate do not buckle it can be shown that Hook's rule relates the average edge stress to the average strain and the displacement in the region of the edges. For a uniaxially compressed plate the relationship are:

$$\sigma_E = E \varepsilon_{x, av} = E \frac{u}{a} \quad (53)$$

where $\varepsilon_{x, av}$ is the average strain in the x-direction and u is the end displacement. Rhodes' expressions for the effective widths explicitly included the influence of initial imperfections, eqs. (6) to (8).

Calladine's approach [4]

Although von Karman concept is inadequate for discussion of the effects of, for example, an initial imperfection, his simple idea does indeed provide a tool for understanding elastic-plastic buckling phenomena of compressed plates. The division of the plate into two distinct regions is closely related to that of von Karman, but the Calladine strip model is differing to von Karman model in one significant detail. Contrary to the von Karman model the edge strips have constant width and the centre of the plate carries the classical buckling stress.

Calladine's expressions also explicitly included the influence of initial imperfections, as was shown in eqs. (26), (28) and (37).

REFERENCES

- [1] HOFMEYER, H., ROSMANIT, M., BAKKER, M.C.M.: Parameter study for first-generation sheeting failure using a theoretical and a FE model, 18th International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, Orlando, Florida, p. 250-65, 2006.
- [2] RHODES, J.: Effective Widths in Plate Buckling, In: Developments in Thin-Walled Structures-I, Edited by Rhodes, J. and Walker, A.C., Applied Science publishers, London, 1982.
- [3] WILLIAMS, D.G., WALKER, A.C.: Explicit Solutions for the Design of Initially Deformed Plates Subjected to Compression, Proc. Instn. Civ. Engrs. Part 2.59, pages 763-787, 1975.
- [4] Calladine, C.R.: The Strength of Thin Plates in Compression. In: Aspects of the Analysis of the Plate Structures: a volume in honour of Wittrick, W.H. Edited by Dawe, D.J., Horsinton, R.W., Little, A.G., Clarendon Press, Oxford, 1985.
- [5] MARGUERRE, K.: Zur Theorie der gekrümmter Platte grosser Form-änderung. Proc. 5th Int. Congress for Applied Mechanics, Cambridge, UK, 1938.
- [6] MURRAY, N.W.: Introduction to the Theory of Thin-Walled Structures, Oxford Engineering Science Series 13., Clarendon Press, Oxford, 1986.
- [7] ROSMANIT, M. - BAKKER, MCM.: Report on Elastic Post-Buckling Behavior of Uniformly Compressed Plates, Research Report O-2006.02, TU/e Eindhoven, 2006.
- [8] Von KARMAN, T., SECHLER, E.E., DONNELL, L.H.: The Strength of Thin Plates in Compression, Transactions ASME, vol. 54, APM 54-5, 1932.
- [9] WINTER, G.: Strength of Thin Steel Compression Flanges, (with Appendix), bulletin 35/3, Cornell University Engineering Experiment Station, Ithaca, NY, 1947.
- [10] WINTER, G.: Performance of Steel Compression Flanges, preliminary publication, 3rd Congress, The International Association of Bridge and Structural Engineering, Liege, 1948.
- [11] WINTER, G.: Commentary on the 1968 Edition of the Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, American Iron and Steel Institute, 1970 ed.

Reviewer: doc. Ing. Tomáš Vraný, CSc.

Vladimír TOMICA¹⁾, Martin KREJSA²⁾, Jozef GOCÁL³⁾

PŘÍPUSTNÁ ÚNAVOVÁ TRHLINA - TEORIE

Abstract

This article provides an introduction to the characteristics of the acceptable fatigue crack size in steel structures and bridges. This crack size plays a key role in degradation of an element designed for an extreme loading combination but in fact is exposed to variable service loads.

1. ÚVOD

Problém únavového poškození stavebních ocelových konstrukcí a mostů je řešen dlouhodobě. Přestože byla snaha nepřipustit vznik a šíření se únavových trhlin po celou návrhovou životnost, trhliny byly a jsou prohlídkami objevenovány. Přejít na EC normy umožňuje, jednou z normových metodik, šíření těchto trhlin. Norma stanovuje dodržování určitých podmínek všeobecně. Chybí však potřebné postupy pro jejich naplnění.

Pro podchycení šíření únavových trhlin jsou důležité tři jejich rozměry. Prvním je iniciační rozměr, který představuje nahodilou závadu na prvku namáhaném proměnnými účinky zatížení. Nahodilost jeho výskytu a hlavně rozměr jsou stále celosvětově, a to nejen na stavebních konstrukcích, otevřený problém. Existenci iniciační trhliny ve stádiu šíření, mají podchytit prohlídky a to při změřitelné délce trhliny. Třetím významným rozměrem je doposud označovaný kritický rozměr. Tento rozměr je konečným zaznamenaným rozměrem před porušením formou křehkého lomu. Vzhledem k tomu, že za poslední mnohá desetiletí nebyl na stavebních konstrukcích tento defekt zaznamenán, bude vhodné stanovit největší konečný rozměr jiným způsobem. Stavební konstrukce a mosty se navrhují na extrémní účinky zatížení. Únavové účinky se ověřují pouze na detailech náchylných na únavové poškození od proměnných účinků zatížení provozního. Pokud by celý nosný prvek byl navržen přesně na účinky extrémního zatížení, samozřejmě s příslušnou rezervou spolehlivosti návrhu, pak oslabení trhlinou negativně ovlivní jeho návrhový stav.

Poškození únavovou trhlinou je závislé na počtech cyklů rozkmitu napětí, což představuje časový faktor v průběhu spolehlivosti po celou návrhovou životnost. Předpokládá se, že poruchovost narůstá s časem (evidentně např. při korozi) a tedy spolehlivost klesá. Zahrne-li se do poruchovosti i možné šíření únavové trhliny, pak je ho potřebné sledovat a ohraničit největším přípustným oslabením. Toto oslabení je odvozeno od přípustného rozměru únavové trhliny. Příčinou tohoto typu degradace nosného prvku v čase je nahodilá existence

¹⁾ Prof. Ing. Vladimír Tomica, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: vladimir.tomica@vsb.cz.

²⁾ Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TUO, FAST, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz.

³⁾ Ing. Jozef Gocál, Ph.D., Oddelenie kovových konštrukcií a mostov, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita v Žiline.

iniciační trhliny a její růst vlivem proměnných účinků zatížení. Následkem je oslabení prvku navrženého na účinky extrémního zatížení, v průběhu stabilního narůstání trhliny až po přípustný rozměr, který v čase jeho dosažení je limitním pro zachování požadované spolehlivosti.

Vzhledem k nejistotě, zda vůbec iniciační trhlina existuje a dalším nepřesnostem, které vstupují do výpočtu sledování jejího růstu je významná cílená, časově stanovená kontrola velikosti už zaměřitelné trhliny. Rozměr přípustné trhliny ovlivňuje stanovení času prohlídky.

Problematika je rozvedená ve dvou vzájemně se ovlivňujících částech: pravděpodobnostním řešení šíření únavové trhliny a nejistotách při stanovení veličin vstupujících do výpočtu.

2. ŠÍŘENÍ ÚNAVOVÉ TRHLINY

Únavová trhlina, oslabující konstrukční prvek o určitou plochu, je při sledování růstu popisovaná jen jedním celkovým rozměrem a . Pro popis růstu trhliny se nejčastěji používá metoda lineárně pružné lomové mechaniky, která definuje vztah mezi rychlostí šíření trhliny $\frac{da}{dN}$ a rozkmitem koeficientu intenzity napětí ΔK v čele trhliny Paris-Erdoganovou rovnicí

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m, \quad (1)$$

kde C , m jsou materiálové konstanty, a je rozměr trhliny a N je počet zatěžovacích cyklů. Předpokladem pro stabilní šíření únavové trhliny je existence iniciační trhliny a_0 v místě koncentrace napětí, které se může nacházet na okraji nebo na povrchu prvku.

Při výchozím předpokladu, že prvotní je návrh konstrukce na účinky extrémního zatížení s následným posudkem únavové odolnosti, pak je rezerva spolehlivosti v inženýrské pravděpodobnostní metodě vyjádřena ve tvaru

$$g_{(R,S)} = G = R - S, \quad (2)$$

kde R je náhodně proměnná odolnost prvku a S představuje náhodně proměnné účinky extrémního zatížení. V případě, že na takto navržený prvek působí provozní zatížení, mohou nastat následující případy (obr.1):

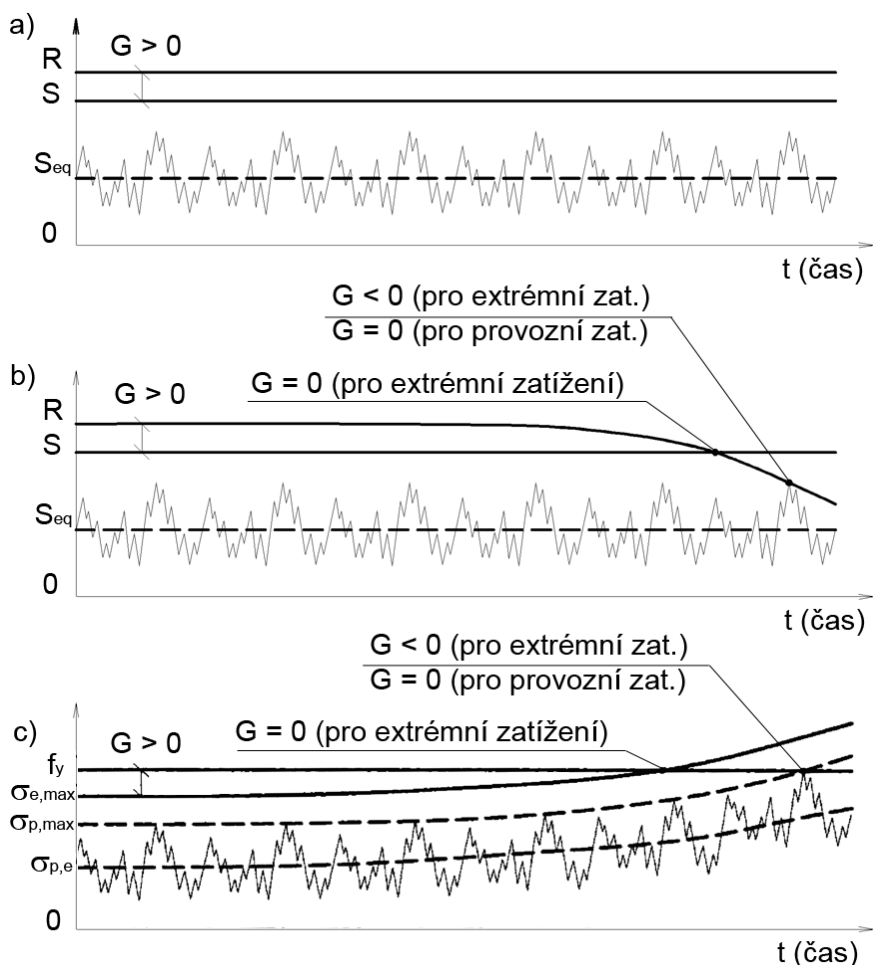
- a) bezpečná životnost - únavové účinky nedegradují prvek únavovou trhlinou;
- b) přípustná poruchovost - únavové účinky degradují prvek a snižují jeho únosnost;
- c) přípustná poruchovost – únavové účinky vyjádřené změnami napětí.

Ve výpočtovém modelu šíření únavové trhliny je sledováno napětí, přičemž při vzniku největší přípustné trhliny je odolnost konstrukce R reprezentována napětím na mezi kluzu f_y , která je neměnná. Tento názornější přístup byl upřednostněn před přístupem b), jelikož vyjadřuje nelineární nárůst obou napětí na oslabovaném prvku.

Podmínka pro stanovení přípustné délky trhliny a_{cr} se s použitím (1) vyjádří:

$$N = \frac{1}{C} \int_{a_0}^{a_{ac}} \frac{da}{\Delta K^m} > N_{cel} \quad (3)$$

kde N je počet cyklů pro zvětšení trhliny z iniciační a_0 do přípustné a_{ac} , N_{cel} je počet cyklů za dobu celé životnosti. Vztah (3) je nepoužitelný, neboť iniciační rozměr není znám.



Obr.1: Rezerva spolehlivosti ve vztahu k návrhovým a provozním účinkům zatížení

Vztah pro rychlost šíření únavové trhliny (1) se musí pro sledovaný účel upravit. Rozkmit koeficientu intenzity napětí ΔK se při konstantním rozkmitu napětí $\Delta\sigma$ vyjádří vztahem:

$$\Delta K = \Delta\sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \cdot F_{(a)} \quad (4)$$

Kalibrační funkce $F_{(a)}$ sleduje průběh šíření trhliny, která se při změně počtu cyklů z N_1 na N_2 rozšíří z délky a_1 na a_2 . Úpravou (1) s využitím (4) lze pak získat:

$$\int_{a_1}^{a_2} \frac{da}{\left(\sqrt{\pi \cdot a} \cdot F_{(a)}\right)^m} = \int_{N_1}^{N_2} C \cdot \Delta\sigma^m \cdot dN \quad (5)$$

Pokud se délka trhliny a_1 rovná počáteční velikosti trhliny a a_2 sledované délce trhliny, levou stranu rovnice (5) lze pak považovat za odolnost konstrukce R :

$$R_{(a)} = \int_{a_1}^{a_2} \frac{da}{\left(\sqrt{\pi \cdot a} \cdot F_{(a)}\right)^m} \quad (6)$$

Obdobně lze definovat akumulaci účinků zatížení, která se rovná pravé straně (5):

$$S = \int_{N_1}^{N_2} C \Delta \sigma^m \cdot dN = C \Delta \sigma^m \cdot (N_2 - N_1) \quad (7)$$

kde N je celkový počet rozkmitů špiček napětí $\Delta \sigma$ při nárůstu velikosti trhliny z a_1 na a_2 .

Lze definovat funkci spolehlivosti, jejíž analýzou je možno získat pravděpodobnost poruchy P_f :

$$G_{fail(Z)} = R_{(a_2)} - S \quad (8)$$

kde Z je vektor náhodných fyzikálních vlastností – mechanických vlastností materiálu, geometrie konstrukce, účinků zatížení a také rozměrů únavové trhliny. Pravděpodobnost poruchy je pak rovna:

$$P_f = P(G_{fail(Z)} < 0) = P(R_{(a_2)} < S) \quad (9)$$

V našem případě bude $a_1 = a_0$, což je předpokládaný rozměr iniciační trhliny v pravděpodobnostním pojetí, a $a_2 = a_{ac}$, kde a_{ac} je rozměr přípustné trhliny nahrazující rozměr kritický a_{cr} v případě, kdy trhlina končí křehkým lomem.

3. METODIKA PRAVDĚPODOBNOSTNÍHO VÝPOČTU

Definujeme-li následující náhodné jevy, související s růstem únavové trhliny, které mohou nastat v libovolném čase „ t “ během životnosti konstrukce, pak:

$F(t)$ - Zjištění poruchy v čase „ t “ – velikost únavové trhliny $a(t)$ dosáhla přípustnou velikost a_{ac} , takže platí:

$$a(t) \geq a_{ac} \quad (10)$$

$D(t)$ - Zjištění trhliny v čase „ t “ – velikost únavové trhliny $a(t)$ nedosáhla přípustnou velikost, takže platí:

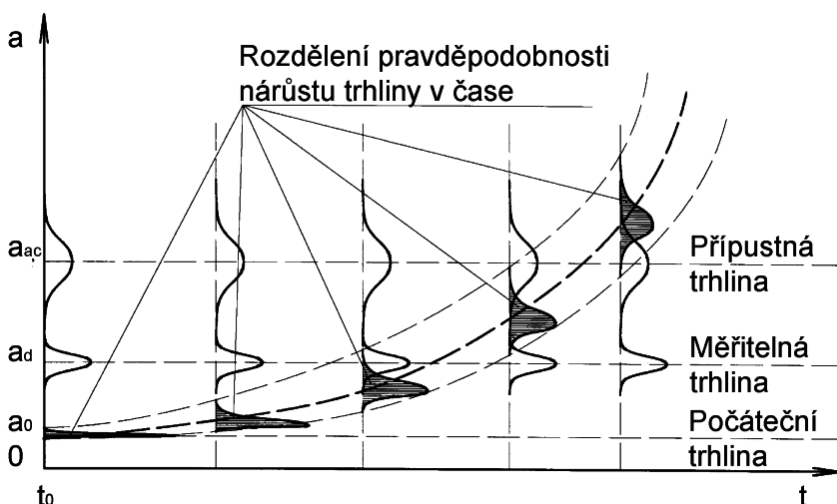
$$a_d \leq a(t) < a_{ac} \quad (11)$$

kde a_d je minimální měřitelná velikost trhliny;

$U(t)$ - Trhlina nebyla v čase „ t “ zjištěná – velikost únavové trhliny $a(t)$ nedosáhla měřitelnou velikost, takže platí:

$$a(t) < a_d \quad (12)$$

Nezjištění trhliny v čase „ t “ může znamenat i případ, že v sledovaném konstrukčním prvku se nešíří žádná únavová trhlina, resp. se jedná o počáteční stadium nukleace únavové trhliny, s čímž lomová mechanika neuvažuje. V případě nezjištění únavové trhliny lze předpokládat, že trhlina v daném prvku ve skutečnosti je, avšak její velikost je natolik malá, že ji není možné za daných podmínek detekovat. Pravděpodobný průběh nárůstu únavové trhliny je znázorněn na obr.2.



Obr.2: Pravděpodobnostní průběh nárůstu únavové trhliny v čase

Na základě výše definovaných jevů je možno určit následující pravděpodobnosti:

- pravděpodobnost poruchy v čase „ t “, tj. pravděpodobnost, že velikost únavové trhliny $a(t)$ dosáhla přípustnou velikost a_{ac}

$$P(F(t)) = P(a(t) \geq a_{ac}) \quad (13)$$

- pravděpodobnost detekování trhliny v čase „ t “ o velikosti $a(t)$ menší než je přípustná velikost a_{ac}

$$P(D(t)) = P(a_d \leq a(t) < a_{ac}) \quad (14)$$

- pravděpodobnost nezjištění trhliny v čase „ t “, tj. pravděpodobnost, že velikost únavové trhliny $a(t)$ nedosáhla měřitelnou velikost a_d

$$P(U(t)) = P(a(t) < a_d) \quad (15)$$

Tyto tři jevy tvoří úplný prostor jevů, které mohou nastat v čase „ t “, a platí tedy:

$$P(F(t)) + P(D(t)) + P(U(t)) = 1 \quad (16)$$

Pravděpodobnosti v rovnicích (13) – (15) je možno vyčíslit v libovolném čase „ t “ s využitím simulačních metod MONTE CARLO nebo Přímého Determinovaného Pravděpodobnostního Výpočtu [3] (dále jen PDPV, např. [1]). Výpočet probíhá ve zvolených časových krocích, přičemž jeden časový krok se obvykle rovná jednomu roku životnosti konstrukce. V okamžiku, kdy pravděpodobnost poruchy $P(F(t))$ dosáhne předepsanou návrhovou hodnotu P_{fd} , je navržena prohlídka, která je zaměřena na zjištění únavové trhliny v příslušném konstrukčním prvku. Výsledek prohlídky poskytuje informaci o skutečném stavu konstrukce, který může být zakomponován do dalšího pravděpodobnostního výpočtu. Výsledkem prohlídky v čase „ t_I “ může být jeden ze tří uvedených jevů, a to s následujícími pravděpodobnostmi:

$$P(F(t_I)) = P(a(t_I) \geq a_{ac}) \quad (17)$$

$$P(D(t_I)) = P(a_d \leq a(t_I) < a_{ac}) \quad (18)$$

$$P(U(t_I)) = P(a(t_I) < a_d) \quad (19)$$

Na základě výsledků prohlídky v čase „ t_I “ je možno vyjádřit pravděpodobnost vzniku těchto jevů v čase $T > t_I$ s využitím věty o podmíněné pravděpodobnosti následovně:

Za předpokladu, že v čase „ t_I “ nastal jev F , je možno definovat:

$$\left. \begin{aligned} P(F(T)/F(t_I)) &= \frac{P(F(T) \cap F(t_I))}{P(F(t_I))} = \frac{P(F(t_I))}{P(F(t_I))} = 1,0 \\ P(D(T)/F(t_I)) &= \frac{P(D(T) \cap F(t_I))}{P(F(t_I))} = \frac{P(\{\emptyset\})}{P(F(t_I))} = 0 \\ P(U(T)/F(t_I)) &= \frac{P(U(T) \cap F(t_I))}{P(F(t_I))} = \frac{P(\{\emptyset\})}{P(F(t_I))} = 0 \end{aligned} \right\} \sum = 1,0 \quad (20)$$

Za předpokladu, že v čase „ t_I “ nastal jev D , je možno definovat:

$$\left. \begin{aligned} P(F(T)/D(t_I)) &= \frac{P(F(T) \cap D(t_I))}{P(D(t_I))} \\ P(D(T)/D(t_I)) &= \frac{P(D(T) \cap D(t_I))}{P(D(t_I))} \\ P(U(T)/D(t_I)) &= \frac{P(U(T) \cap D(t_I))}{P(D(t_I))} = \frac{P(\{\emptyset\})}{P(D(t_I))} = 0 \end{aligned} \right\} \sum = 1,0 \quad (21)$$

Za předpokladu, že v čase „ t_I “ nastal jev U , je možno definovat:

$$\left. \begin{aligned} P(F(T)/U(t_I)) &= \frac{P(F(T) \cap U(t_I))}{P(U(t_I))} \\ P(D(T)/U(t_I)) &= \frac{P(D(T) \cap U(t_I))}{P(U(t_I))} \\ P(U(T)/U(t_I)) &= \frac{P(U(T) \cap U(t_I))}{P(U(t_I))} = \frac{P(U(T))}{P(U(t_I))} \end{aligned} \right\} \sum = 1,0 \quad (22)$$

Podle věty o úplné pravděpodobnosti platí rovněž:

$$\begin{aligned} P(F(T)) &= P(F(t_I)) \cdot P(F(T)/F(t_I)) + P(D(t_I)) \cdot P(F(T)/D(t_I)) + P(U(t_I)) \cdot P(F(T)/U(t_I)) \\ P(D(T)) &= P(F(t_I)) \cdot P(D(T)/F(t_I)) + P(D(t_I)) \cdot P(D(T)/D(t_I)) + P(U(t_I)) \cdot P(D(T)/U(t_I)) \\ P(U(T)) &= P(F(t_I)) \cdot P(U(T)/F(t_I)) + P(D(t_I)) \cdot P(U(T)/D(t_I)) + P(U(t_I)) \cdot P(U(T)/U(t_I)) \end{aligned} \quad (23)$$

Po dosazení za podmíněné pravděpodobnosti, které lze jednoznačně určit (viz vztahy (20) – (22)), se vztahy (23) zjednoduší:

$$P(F(T)) = P(F(t_I)) + P(D(t_I)) \cdot P(F(T)/D(t_I)) + P(U(t_I)) \cdot P(F(T)/U(t_I)) \quad (24)$$

$$P(D(T)) = P(D(t_I)) \cdot P(D(T)/D(t_I)) + P(U(t_I)) \cdot P(D(T)/U(t_I)) \quad (25)$$

$$P(U(T)) = P(U(t_I)) \cdot \frac{P(U(T))}{P(U(t_I))} = P(U(T)) \quad (26)$$

Pro stanovení doby následující prohlídky je podstatné určit podmíněné pravděpodobnosti $P(F(T)/F(t_I))$, resp. $P(F(T)/D(t_I))$, které je možno vyjádřit z rovnice (24):

$$P(F(T)/U(t_i)) = \frac{P(F(T)) - P(F(t_i)) - P(D(t_i)) \cdot P(F(T)/D(t_i))}{P(U(t_i))} \quad (27)$$

$$P(F(T)/D(t_i)) = \frac{P(F(T)) - P(F(t_i)) - P(U(t_i)) \cdot P(F(T)/U(t_i))}{P(D(t_i))} \quad (28)$$

Podobně lze vyjádřit z rovnice (25) podmíněné pravděpodobnosti $P(D(T)/U(t_i))$, resp. $P(D(T)/D(t_i))$:

$$P(D(T)/U(t_i)) = \frac{P(D(T)) - P(D(t_i)) \cdot P(D(T)/D(t_i))}{P(U(t_i))} \quad (29)$$

$$P(D(T)/D(t_i)) = \frac{P(D(T)) - P(U(t_i)) \cdot P(D(T)/U(t_i))}{P(D(t_i))} \quad (30)$$

V případě vzniku jevu $U(T > t_i)$ má smysl pouze určení podmíněné pravděpodobnosti $P(U(T)/U(t_i))$, která je uvedena v rovnicích (22):

$$P(U(T)/U(t_i)) = \frac{P(U(T))}{P(U(t_i))} \quad (31)$$

Pokud není brána v úvahu možná redistribuce napětí z místa oslabeného trhlinou, je v praktických případech rychlost nárůstu trhliny v rozsahu měřitelných hodnot obvykle již poměrně vysoká. V případě nalezení únavové trhliny během prohlídky se zvolí buď sledování bezpečného růstu trhliny nebo zásah, který další růst únavové trhliny zpomalí nebo zastaví. Pro potřeby efektivního načasování termínů následujících prohlídek má největší význam vztah (27), který určuje pravděpodobnost poruchy v čase $T > t_i$ za předpokladu, že během poslední prohlídky nebyla na sledovaném místě nalezena únavová trhlina. Z tohoto vztahu je zřejmé, jaký vliv na výsledek pravděpodobnostního výpočtu mají vzájemné poměry mezi třemi uvažovanými velikostmi trhliny – počáteční, měřitelnou a přípustnou. Zvyšováním měřitelné velikosti trhliny a_d , resp. zmenšováním přípustné velikosti trhliny a_{ac} , se zmenšuje oblast detekce trhliny s velikostí menší než je přípustný rozměr a_{ac} , přičemž se zmenšuje i pravděpodobnost vzniku tohoto jevu v čase prohlídky $P(D(t_i))$. Ve speciálním mezním případě, kdy se měřitelná velikost trhliny bude shodovat s přípustnou velikostí, pak bude pravděpodobnost zjištění trhliny

$$P(D(t_i)) = P(a_d \leq a(t_i) < a_{ac}) = 0 \quad (32)$$

a vztah (27) se změní na

$$P(F(T)/U(t_i)) = \frac{P(F(T)) - P(F(t_i)) - P(D(t_i)) \cdot P(F(T)/D(t_i))}{P(U(t_i))} = \frac{P(F(T)) - P(F(t_i))}{P(U(t_i))} \quad (33)$$

a s využitím rovnice (16) bude mít tvar

$$P(F(T)/U(t_i)) = \frac{P(F(T)) - P(F(t_i))}{1 - P(F(t_i))} \quad (34)$$

Tento vztah, který bývá často aplikovaný v podobných případech sledování vývoje spolehlivosti konstrukce nebo její části, je pouze speciálním případem vztahu (27), který je obecnější a pro sledovaný případ vhodnější k použití.

Pravděpodobnosti v rovnici (27) lze vyčíslit v libovolném čase „ $T > t_l$ “ opět s využitím simulačních metod MONTE CARLO nebo PDPV [3]. Pokud pravděpodobnost poruchy $P(F(t) / U(t_l))$ dosáhne předepsanou návrhovou hodnotu P_{fd} , je navržena další prohlídka, zaměřená na zjištění únavové trhliny v příslušném konstrukčním prvku. Výsledkem prohlídky může být opět jeden ze tří uvedených jevů s odpovídající pravděpodobností. Celý výpočet lze tímto způsobem opakovat za účelem správného načasování dalších prohlídek.

4. ZÁVĚR

Článek uvádí teoreticky zpracovaný přístup k řešení šíření únavových trhlin se zaměřením na její největší přípustný rozměr. Takto sledovaný konečný rozměr únavové trhliny může přispět k rozlišení jejího kritického a přípustného rozměru. Přípustný rozměr v sobě zahrnuje bezpečnostní požadavky na dosažení kritické trhliny, která může být odvozená od křehkého lomu, ale pro ocelové konstrukce významněji od lomu houževnatého. Druhá část této problematiky, označená jako část aplikovaná, je zpracovaná v následujícím článku sborníku.

OZNÁMENÍ

Tento článek je příspěvkem k celosvětovým komplexním hodnocením bezpečnosti a rizik technických systémů a byl dosažen za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/05/2467.

LITERATURA

- [1] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V. Structural Reliability Assessment Using Direct Determined Fully Probabilistic Calculation. In: *proceedings of 3rd International ASRANet Colloquium 2006* (abstract p.8, full paper on CD). 10 – 12th July 2006, Glasgow, UK. ISBN 0-9553550-0-1 / 978-0-9553550-0-4 (In English).
- [2] TALLIN, A. G., CESARE, M. Inspection Based Reliability Updating for Fatigue of Steel Bridges. In: *Proceedings of Bridge Management Conference*, London 1990.
- [3] TOMICA, V., KREJSA, M. Optimal Safety Level of Acceptable Fatigue Crack. In: *5th International Probabilistic Workshop*. Ghent, Belgium, 28-29 November 2007. Edited by Luc Taerwe & Dirk Proske. ISBN 978-3-00-022030-2.
- [4] TOMICA, V., KREJSA, M. Možnost pravděpodobnostního výpočtu únavové trhliny metodou PDPV. In: *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, číslo 1, rok 2007, ročník VII. pp.211-220. ISSN 1213-1962 ; ISBN 978-80-248-1661-6.
- [5] TOMICA, V. Effect of Local Plasticity on Fatigue Resistance. In: *Building Research Journal*, SAP Ltd., Vol. 44, Nr. 4, Bratislava 1996, pp.253-263.

Oponentní posudek vypracoval: Prof. Ing. Zdeněk Kala, Ph.D.

Vladimír TOMICA¹⁾, Martin KREJSA²⁾, Jozef GOCÁL³⁾
PŘÍPUSTNÁ ÚNAVOVÁ TRHLINA - APLIKACE

Abstract

This article provides an introduction to the characteristics of the acceptable fatigue crack size in steel structures and bridges. This crack size plays a key role in degradation of an element designed for an extreme loading combination but in fact is exposed to variable service loads.

1. ÚVOD

Tento článek přímo navazuje na úvodní teoretickou stať, publikovanou v předchozím článku tohoto sborníku, a orientovanou na teoretické řešení předmětné problematiky. Aplikačně se zaměřuje na konkrétní detaily prvků ocelových konstrukcí a mostů a jejich vytipování pro podrobnější sledování. Vzhledem k nejistotám při zadávání vstupních údajů do teoretických vztahů a také požadované spolehlivosti po dobu návrhové životnosti, byly použity plněpravděpodobnostní metody řešení. Při porovnávání metod, zaměřených na praktické použití formou stanovení časů prohlídek sledujících růst únavových trhlin, byly využity vlastní experimentálně získané vstupní údaje.

2. POUŽITÉ PRAVDĚPODOBNOSTNÍ METODY

V aplikační části byly použity dvě pravděpodobnostní metody:

- metoda Monte Carlo
- metoda Přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu (dále jen PDPV)

První z nich již byla několikrát prezentována. Pro tento případ byla dopracována a přizpůsobená pro sledovaný účel. Druhou metodu bylo nutno nově aplikovat pro stejný účel.

2.1 METODA MONTE CARLO

Metoda Monte Carlo je numerickou metodou statistického modelování náhodných veličin. Teoretické principy této metody byly odvozeny již před rokem 1944 a nejčastěji jsou spojovány se jmény Stanislaw Ulam, John von Neumann, Nicholas Metropolis a Enrico Fermi, praktické uplatnění ale metoda našla až s rozvojem výpočetní techniky. Dnešní osobní

¹⁾ Prof. Ing. Vladimír Tomica, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: vladimir.tomica@vsb.cz.

²⁾ Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TUO, FAST, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz.

³⁾ Ing. Jozef Gocál, Ph.D., Oddelenie kovových konštrukcií a mostov, Stavebná fakulta. Žilinská univerzita v Žiline.

počítače umožňují provádět desítky tisíc simulačních kroků během několika vteřin až minut.

Předností metody je jednoduchá struktura výpočtového algoritmu, jež je vytvořen pro uskutečnění jednoho náhodného výběru, který se N -krát opakuje. Každý pokus je nezávislý na ostatních, díky čemuž je metoda často nazývána metodou statistických pokusů (Simple Random Sampling). Počet opakování může být libovolný a závisí na požadované přesnosti výpočtu. Chyba výsledných veličin se přirozeně snižuje se zvyšujícím se počtem simulací N a je zpravidla úměrná hodnotě $\sqrt{\frac{B}{N}}$, kde B je konstanta vyjadřující povahu konkrétního případu.

Je zřejmé, že při snaze snížit chybu výpočtu desetkrát je nutno zvýšit počet simulačních kroků N stonásobně.

První operací v procesu uskutečňování náhodného výběru je generování rovnoměrně rozdělených náhodných čísel například s využitím standardních procedur softwarových aplikací, které generují náhodná čísla z intervalu $\langle 0;1 \rangle$. Následuje převedení čísla z tohoto intervalu na náhodnou veličinu s příslušným rozdělením pomocí standardních transformačních vztahů nebo s využitím distribuční funkce. Tyto výpočetní procesy lze aplikovat v libovolném modelování procesů, závislých na několika náhodných veličinách.

Použitý programový systém využívá metodu Monte Carlo pro určení pravděpodobnosti jevů definovaných vztahy (13) až (15) a podmíněných pravděpodobností dle (27), uvedených v části 1. Pravděpodobnost vzniku jednotlivých jevů přitom vyplývá z elementární definice pravděpodobnosti:

$$P = \frac{N_p}{N} \quad (1)$$

kde N je celkový počet simulací a N_p počet příznivých případů, tj. kdy nastal vyšetřovaný jev.

2.2 METODA PŘÍMÉHO DETERMINOVANÉHO PRAVDĚPODOB- NOSTNÍHO VÝPOČTU - PDPV

Metoda přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu (PDPV) [1] byla původně vyvíjena jako alternativa simulační techniky Monte Carlo v metodě SBRA [2]. PDPV je tedy alternativou metody Monte Carlo a může být obdobně využívána. Stejně jako v metodě SBRA jsou i u PDPV vstupní proměnlivé náhodné veličiny (zatížení, geometrické a materiálové charakteristiky, imperfekce ad.) vyjádřeny histogramy s tzv. neparametrickým nebo parametrickým rozdělením, přičemž metoda není omezena ani pro přímé použití naměřených dat. Postup PDPV vychází ze základních pojmů a postupů teorie pravděpodobnosti. Pro aplikaci PDPV lze v současné době využít programový systém ProbCalc, jenž je stále rozvíjen. Lze do něj implementovat relativně jednoduše analytický transformační model dané konkrétní řešené pravděpodobnostní úlohy. Analyzovaná funkce spolehlivosti může být v tomto programu vyjádřena analyticky formou aritmetického výrazu ve znakové podobě (s využitím tzv. kalkulačky) nebo pomocí tzv. dynamické knihovny DLL (stejně jako např. v programu Freet viz [3]), která může být vytvořena v kterémkoliv programovacím jazyce (např. Borland Delphi).

Náhodný charakter veličin vstupujících do pravděpodobnostního výpočtu při posuzování spolehlivosti konstrukcí se často vyjadřuje histogramy vycházejícími z pozorování a měření často i dlouhodobých. Histogramy vstupních hodnot využívané v metodě SBRA i PDPV mohou být vytvořeny pro diskrétní (discrete) nebo čistě diskrétní (pure discrete) veličiny. Veličiny, vstupující do statických výpočtů (zatížení, materiálové charakteristiky, průřezové charakteristiky), lze považovat jejich povahou jako veličiny spojité. S histogramy je možno v rámci pravděpodobnostních výpočtů provádět základní matematické operace. Např. v případě kombinování zatížení se z těchto matematických úkonů využívá sčítání histogramů

jednotlivých typů zatížení. Sčítání obou histogramů probíhá v programových cyklech, kdy se postupně sčítají hodnoty zatížení (vodorovná osa) a jejich pravděpodobnosti se vynásobí a přičtou do odpovídajícího intervalu výsledného histogramu. Aritmetické operace s histogramy lze tedy realizovat přímo deterministicky při využití základních principů teorie pravděpodobnosti. Lze pracovat s jakýmkoliv histogramem, vyjadřující jakoukoliv náhodnou veličinu, vstupující do výpočtu. Významným faktorem, ovlivňujícím průběh pravděpodobnostního výpočtu, je počet intervalů histogramů, vstupujících do výpočtu.

Metodou PDPV je možno řešit řadu pravděpodobnostních výpočtů. Počet náhodných veličin vstupujících do výpočtu pravděpodobnosti poruchy je však omezen možnostmi danou úlohu numericky zvládnout. Při velkém počtu náhodně proměnných je totiž úloha časově velmi náročná i při dostupné výkonné výpočetní technice. Má-li se uvedená metoda využívat při posuzování spolehlivosti konstrukcí případně i při jiných pravděpodobnostních výpočtech, pak musí být snadno aplikovatelná a to nejen pro relativně jednoduché výpočty, kdy transformační vztahy lze vyjádřit analyticky, ale také pro složitější dnes však běžně využívané výpočetní modely, při jejichž aplikaci se dnes posuzuje spolehlivost konstrukcí pravděpodobnostně [4]. Z tohoto důvodu je do programu ProbCalc implementována řada optimalizačních postupů, které možnosti aplikace metody podstatně rozšiřují při zachování korektnosti postupu řešení:

1. **Grupování složek zatížení** – je využíváno např. pokud je zatížení tvořeno řadou náhodných veličin, které působí ve stejném místě, pak je lze vyjádřit jediným společným histogramem.

2. **Snižování počtu intervalů v histogramech vstupujících do výpočtu** - počet intervalů histogramů vstupních veličin je možno snižovat pouze do té míry, aby nebyla ovlivněna korektnost výsledku. Při tomto postupu se proto nejdříve testuje váha počtu intervalů každé náhodné veličiny na výsledek řešení a následně se počet intervalů minimalizuje.

3. **Vylučování intervalů jednotlivých histogramů vstupujících do výpočtu** - týká se pouze intervalů, které se na poruše jednoznačně nepodílejí. V případě, kdy porucha je dána rozdílem dvou „useknutých“ histogramů, je tento postup relativně jednoduchý a snadno zvládnutelný. Vstupuje-li do výpočtu pravděpodobnosti poruchy větší počet náhodných veličin vyjádřených histogramy, pak je algoritmus řešení podstatně složitější. V každém histogramu mohou vznikat až tři typy intervalů lišící se svým podílem na pravděpodobnosti vzniku poruchy, a to:

- a) Typ I se podílí na pravděpodobnosti poruchy vždy,
- b) Typ II se na pravděpodobnosti poruchy může a nemusí podílet,
- c) Typ III se na pravděpodobnosti poruchy nepodílí.

2.3 SROVNÁNÍ OBOU POUŽITÝCH METOD

Uvedený pravděpodobnostní výpočet šíření únavové trhliny poukazuje na možnost využití metody PDPV, aplikované ve vyvíjeném programovém systému ProbCalc, i pro pravděpodobnostní výpočet předmětné přípustné únavové trhliny. Hlavní výhodou využití metody PDPV pro pravděpodobnostní výpočty se ukazuje kvalitativně vyšší přesnost dosažených výsledků. Narozdíl od výpočetních způsobů založených na simulační technice Monte Carlo vede vždy k jednoznačnému a srovnatelnému výsledku, který je zatížen pouze numerickou chybou a chybou danou diskretizací vstupních veličin. Provede-li se metodou Monte Carlo stejný výpočet opakovaně, budou se výsledky i při relativně velkém počtu simulací poněkud lišit. Důvodem je generování náhodných čísel nebo přesněji řečeno pseudonáhodných čísel, který je vždy omezený a při každé sérii simulací se vždy poněkud liší. U přímého pravděpodobnostního výpočtu je při stejné volbě intervalů výsledek vždy stejný.

V prvních krocích pravděpodobnostního výpočtu únavové trhliny s využitím metody PDPV posloužil podélník železničního mostu, který již byl v minulosti analyzován metodou využívající simulační techniku Monte Carlo (viz např. [5] a [6]). V případě stanovení doby první prohlídky mostu se výsledky dosažené těmito metodami shodovaly. U stanovení doby dalších prohlídek už ale byly rozdíly výraznější (metoda Monte Carlo se stává nepřesnější), jelikož se začal projevovat počet simulačních kroků, který byl u metody Monte Carlo zadán hodnotou 10000 a byl pro daný případ nedostatečný.

Se stávajícím programovým vybavením ProbCalc a metodikou PDPV lze modelovat a pravděpodobnostním způsobem řešit i velmi složité numerické úlohy, které lze definovat v rámci dynamické knihovny DLL. Tyto výhody slouží k přesnějšímu stanovení pravděpodobnosti poruchy konstrukcí způsobené šířením únavových trhlin s přihlédnutím k podmíněné pravděpodobnosti jejich vzniku a k jejich vlivu na statické chování nosného systému.

3. VSTUPNÍ ÚDAJE PRAVDĚPODOBNOSTNÍHO ŘEŠENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA PÁSNICE

Pro aplikace teoretického řešení byla po provedených studiích vybrána pásnice převážně tažená. Podle polohy iniciační trhliny je možné šíření trhliny sledovat z okraje nebo povrchu (obr.1). Tyto případy co do četnosti, významu i koncentrace napětí jsou nejvýznamnější lokalitou nebezpečí vzniku únavového poškození na ocelových konstrukcích a mostech.

3.1. ŠÍŘENÍ TRHLINY Z OKRAJE A POVRCHU

Pro porovnání obou případů podle místa iniciace trhliny poslouží pásnice bez koncentrace napětí. Případy se odlišují kalibrační funkcí $F_{(a)}$ a vytvářením oslabující plochy při šíření trhliny.

Pro trhlínu z okraje je

$$F_{(a)} = 1,12 - 0,231 \left(\frac{a}{b} \right) + 10,55 \left(\frac{a}{b} \right)^2 - 21,72 \left(\frac{a}{b} \right)^3 + 30,39 \left(\frac{a}{b} \right)^4 \quad (2)$$

kde rozměry a , b jsou patrné z obr. 1.

Plochu trhliny oslabující pásnici tloušťky t je možno předpokládat ve tvaru

$$A_{tc} = a \cdot t \quad (3)$$

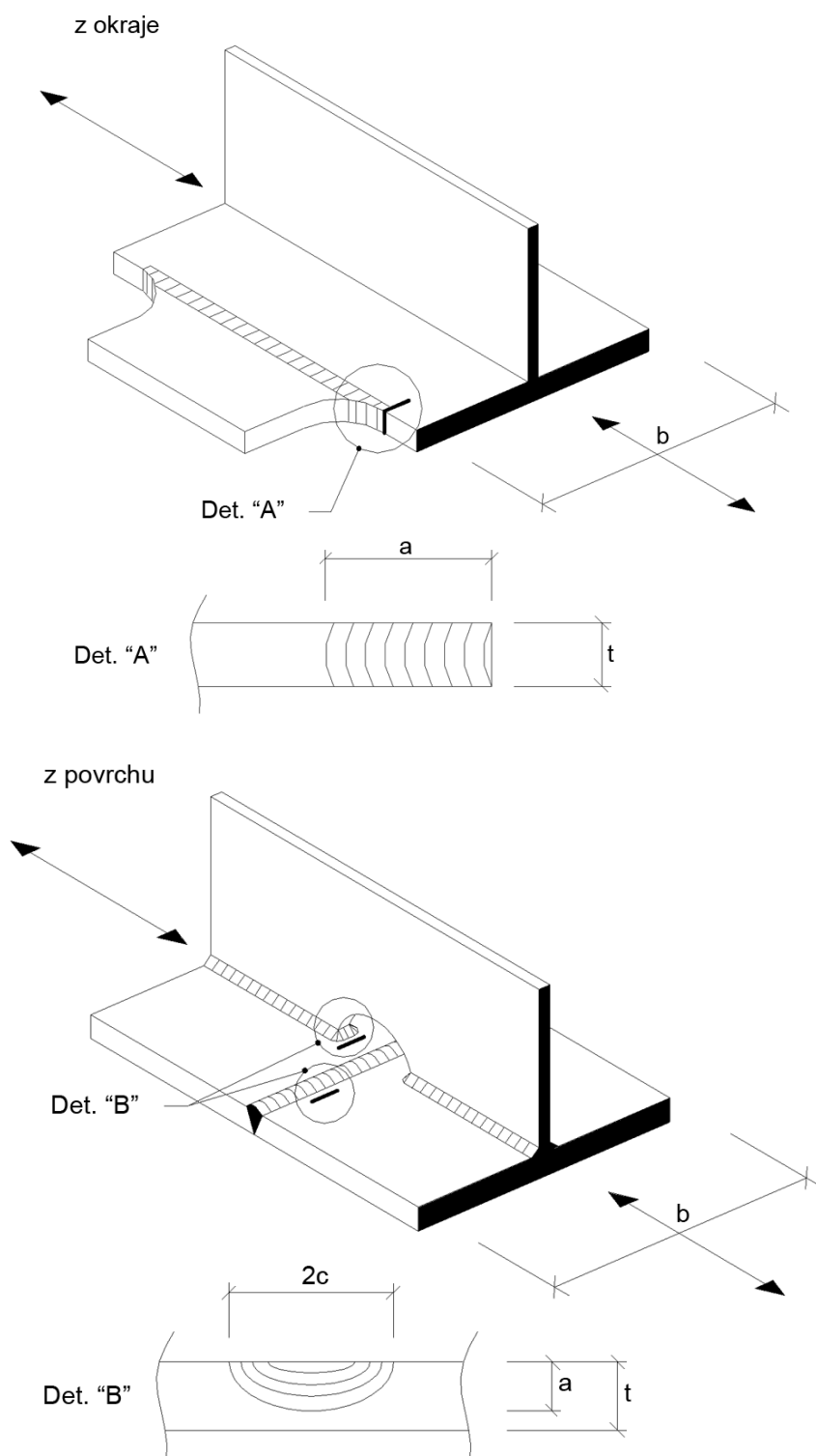
Je – li návrhové napětí v pásnici $\sigma_{\max}$ zvětšené vlivem oslabení původní průřezové plochy A_f , pak musí platit

$$\sigma_{\max} \cdot \frac{A_f}{A_f - A_{tc}} \leq f_y \quad (4)$$

kde f_y je napětí na mezi kluzu.

Přípustná velikost trhliny a_{ac} je pak

$$a_{ac} = b \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{\max}}{f_y} \right) \quad (5)$$



Obr.1: Charakteristické případy šíření trhliny

Šíření z povrchu je analyticky obtížnější vyjádřitelné, protože semieliptická trhlinka mění svůj tvar v průběhu růstu. Koeficient intenzity rozkmitu napětí bude mít tvar

$$\Delta K = \Delta \sigma \left(\frac{\pi \cdot a}{\Phi^2} \right)^{0,5} F(a/t, a/c, 2c/b) \quad (6)$$

kde Φ je tvarový součinitel pro eliptickou trhlinku. Vztah závislosti rozměrů byl odvozen v [11]:

$$c = \frac{0,3027}{t} \cdot a^2 + 1,0202 \cdot a + 0,00699 \cdot t \quad (7)$$

Plocha oslabení ve tvaru semielipsy $A_{te} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot a \cdot c$ se dosadí do podmínky

$$A_{te} = A_f \left(1 - \frac{\sigma_{\max}}{f_y} \right) \quad (8)$$

a obdrží se

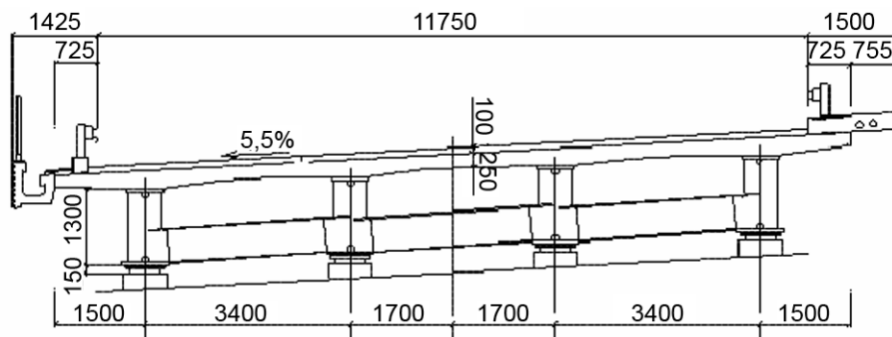
$$\frac{1}{2} \pi \cdot a \left(\frac{0,3027}{t} \cdot a^2 + 1,0202 \cdot a + 0,00699 \cdot t \right) - b \cdot t \left(1 - \frac{\sigma_{\max}}{f_y} \right) = 0 \quad (9)$$

Přímé explicitní vyjádření velikosti trhliny a není možné, pro přípustnou trhlinku a_{ac} se použije numerický iterační postup.

Na základě parametrické pravděpodobnostní studie [10] bylo provedeno porovnání citlivosti šíření trhliny za stejných vstupních podmínek pro oba případy. Ze získaných výsledků porovnání je nejvýznamnější, že oslabení stejné pásnice roste u trhliny šířící se z okraje přibližně čtyřikrát rychleji než šíření pásnice z povrchu a to nezávisle na rozměrech u všech parametricky sledovaných pásnic.

3.2 KOEFICIENT INTENZITY ROZKMITU NAPĚTÍ V PRAVDĚPODOBNOSTNÍM POJETÍ

Vstupní veličiny rozkmitu v koeficientu intenzity napětí ΔK mají vesměs nahodilý charakter. Vynecháme – li materiálovou konstantu m , jejíž sledování spadá do materiálového inženýrství, pak je to konstantní rozkmit napětí $\Delta \sigma$ v místě vzniku a šíření únavové trhliny. Jeho konstantní velikost se získává ze spektra účinků proměnného zatížení využitím Palmgren – Minerovy hypotézy jako ekvivalentní rozkmit napětí. Je-li v místě trhliny nominální napětí narušeno nelineárním průběhem napětí, pak pro různé případy koncentrace napětí je nutné sledovat rozkmit napětí ovlivněný reálným průběhem napětí. Neznamena to však, že iniciační trhlinka musí být právě v jeho špičce („hot spot stress“). Všechny tyto vstupy jsou zatíženy nepřesnostmi jejich exaktního stanovení a nahodilosti jejich reálného výskytu. Aby bylo možno získat reálný obraz o jinak separátně sledovaných údajích a procesech, bylo provedeno měření na nově postaveném mostě na dálniční komunikaci (podchycení spektra od účinků provozního zatížení), s nosným složitějším systémem (spojitý most spřažený s čtyřmi ocelovými nosníky) a s detailem na spodní pásnici způsobující výraznou koncentraci napětí (uprostřed rozpětí přivařená pásnice příčného prvku – detail patřící do normové kategorie detailu 40).

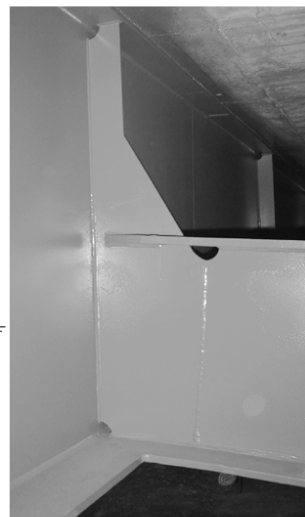
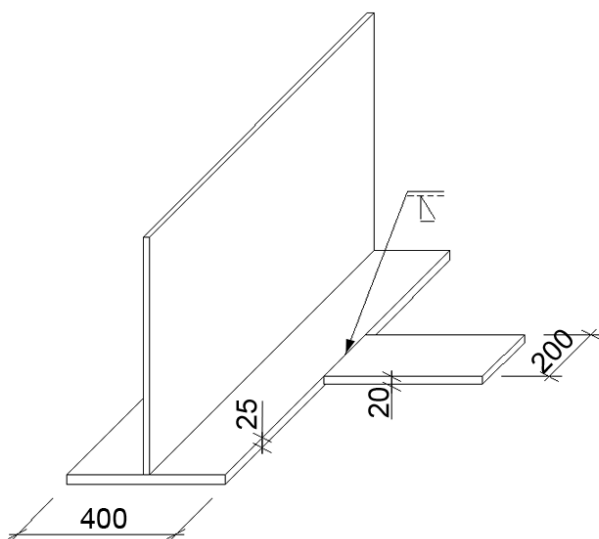


Obr.2: Příčný řez mostem

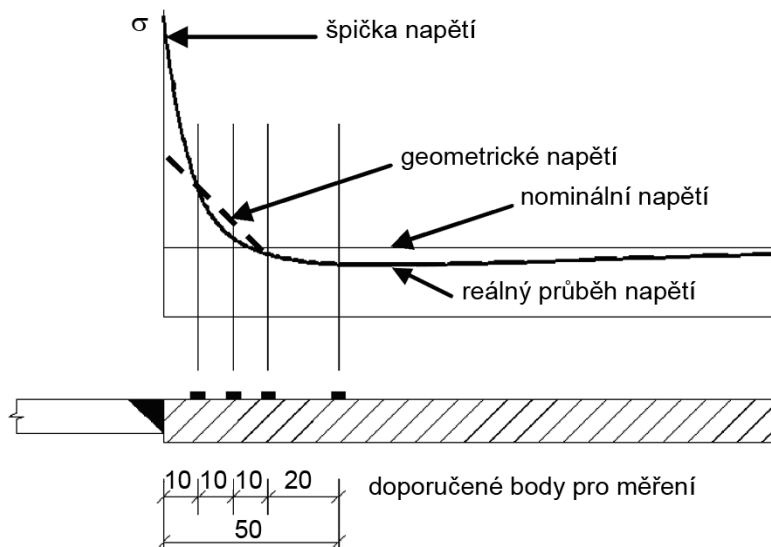
Experimentální měření na mostě

Příčný řez spřažené ocelobetonové nosné konstrukce pro jeden dopravní směr je na (obr.2). Spojitý most se šesti poli s rozpětím $28+4\times 35+28\text{m}$ je v oblouku o poloměru 800 m. Měření bylo provedeno na detailu (obr.3) ve středu rozpětí krajního pole, prvního ve směru jízdy.

Pro získání průběhu napětí v místě jeho koncentrace bylo provedeno měření tenzometrickými snímači, které byly rozmístěny podle doporučených zásad [8] a jsou patrné z obr.4. Měření bylo provedeno v pěti časových intervalech v jednom pracovním dni. Záznamy z tenzometrů byly zpracovány třídící metodou Rain-flow.



Obr.3: Měřený detail



Obr.4: Osazení snímačů a průběhy napětí

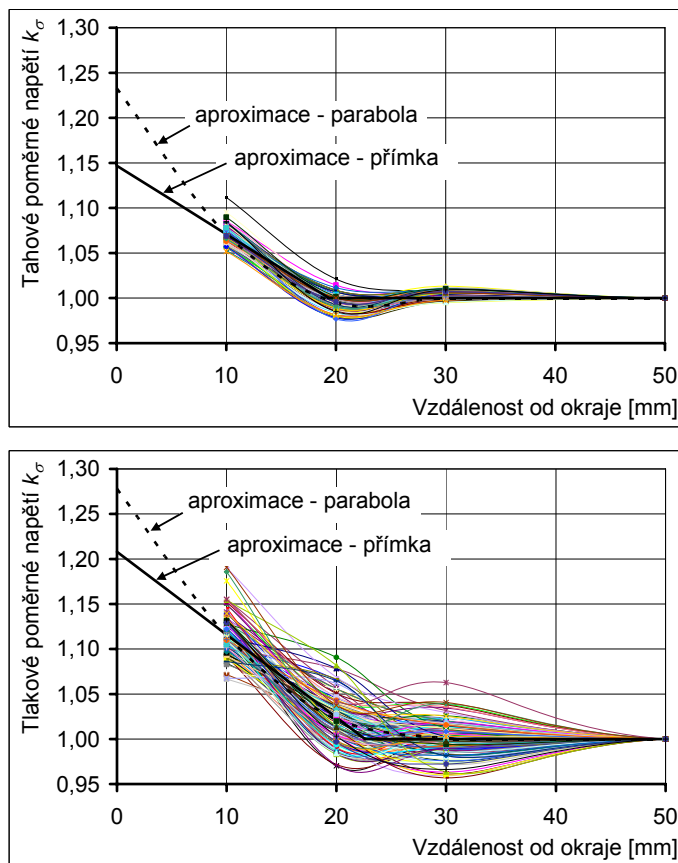
Záznamy získané z tenzometrů musí být dopočítané až po špičku napětí. Doporučuje se použít dvou nebo tři snímačů [8] ve vzdálenostech patrných z obr.4. V našem případě byl přidán snímač mezi vyznačené první a třetí. Tvarovým (geometrickým) napětím se označují získané lineární extrapolace ze dvou tenzometrů, tři snímače jsou extrapolací kvadratickou nebo kubickou pro získání reálného průběhu napětí. Tato vyhodnocení byla aplikována v poněkud upravené podobě. Z obr.5, na kterém je vyhodnocený záznam měření z jedné z pěti podchycených sérií jsou vyznačené provedené extrapolace pro napětí tahová a tlaková. Vzhledem k nahodilým tvarům vyhodnocených záznamů z měření nebylo možno individuálně, pro každý případ, provést extrapolace reálného průběhu napětí. Pro určitou představu byl vypočítán vážený průměr pro záznamy z každého snímače a výsledky získaných průběhů jsou patrné z obr.5. Pro lepší znázornění jsou napětí uvedena v relativní podobě poměrem

$$k_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma_{ref}} \quad (10)$$

kde σ je hodnota napětí v měřeném bodu a σ_{ref} napětí získané z kontrolních tenzometrů podchycujících napětí nominální. Histogramy se záznamů nejbližší špičce napětí (obr. 6) mají charakter normálního rozdělení, jsou odlišné a u tlaku je výrazně větší rozptyl a to nejen u uvedených, ale i v ostatních místech měření. Nevýhodou je těžko sledovatelná provázanost mezi jednotlivými záznamy. Z takto upravených záznamů není možné získat reálný rozkmit napětí stejně jako např. i z metody Rain – flow. Výsledky jsou pak zatíženy nepřesnostmi.

Detailnější porovnání reálných rozkmitů by bylo možné provést, ale představují velkou pracnost a výsledky nelze považovat za obecně platné.

Porovnána byla skupina tahových napětí téměř stejných velikostí s tlakovými, které podle záznamů po nich následovaly. Vznikl tak soubor rozkmitů střídavého napětí, kde největší nahodilý rozkmit byl 1,285 větší než nejmenší.



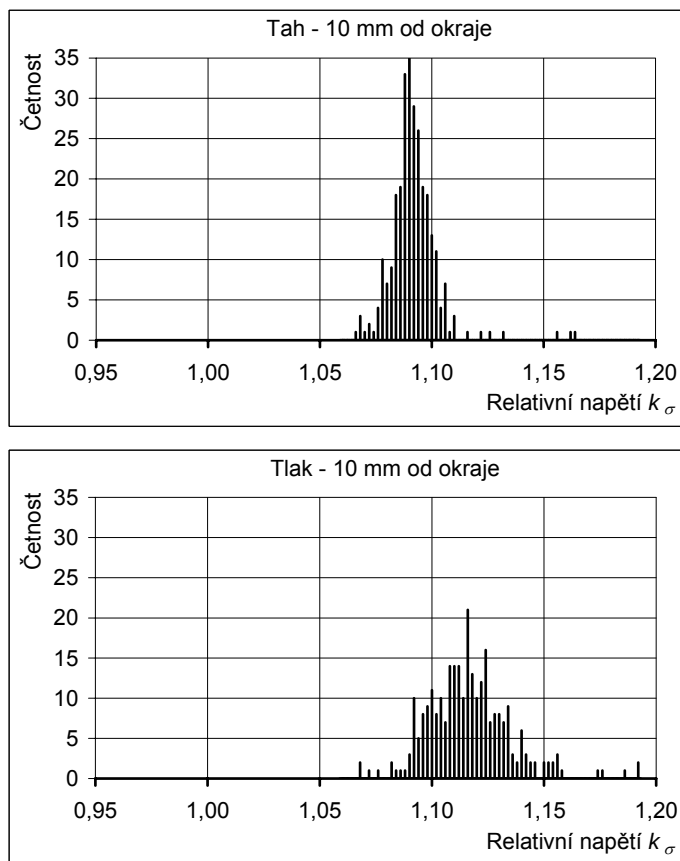
Obr.5: Průběhy relativního napětí

S tím souvisí otázka výběru vozidel z nahodilého silničního provozu, která mohou přispívat k růstu únavové trhliny. Používaný je termín vozidla „těžká“. Z celkového přejezdu 2284 vozidel v jedné měřené sérii bylo vybráno 282 vozidel, pracovně označených jako těžká, protože záznam z jejich přejezdu na snímači, nejbližším ke špičce napětí, byl v napětí min. 10 MPa. Histogram je na obr.7, kde jsou konfrontována absolutní napětí největší, v tomto případě tahová označená $\sigma_{\max}$, a jimi odpovídajícími reálnými rozkmity.

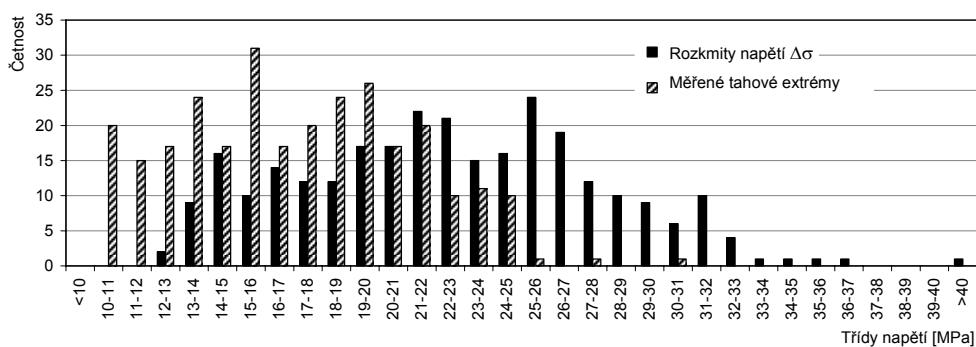
Tyto rozkmity napětí narůstají směrem ke špičce napětí už v kladném rozsahu (od 0 až po $\sigma_{\max}$) a naznačují, zda budou započítatelné do účinného rozkmitu pro růst trhliny. Velikost rozkmitu $\Delta\sigma$ však pro stejné $\sigma_{\max}$ nemusí být rovněž stejná.

Velmi užitečné se ukázalo konfrontování výpočtových zjednodušení a jejich prověření v reálných podmínkách. Průběh koncentrace napětí na měřeném detailu byl vypočten s použitím MKP. Zobrazení jeho průběhu, v relativní podobě je na obr.8. Průběh poměrného napětí je stejný pro tlak a tah a závisí jen na geometrii měřeného detailu. Na obr.8 jsou zobrazeny tři čáry průběhu napětí. Čára A představuje průběh napětí na pásnici v místě přípoje příčného svařence, čáry B a C představují průběhy napětí na pásnici ve vzdálenosti 5 a 10 mm od geometrického spoje obou svařenců. Do tohoto grafického vyjádření průběhu napětí jsou transformována napětí získána z měření a to šesti nejvýraznějších přejezdů „těžkých“ vozidel s označením experimentálního původu (EXP). Výsledky z měření v obou případech naznačují menší reálnou koncentraci napětí než poměrně jednoduše získanou numerickým výpočtem.

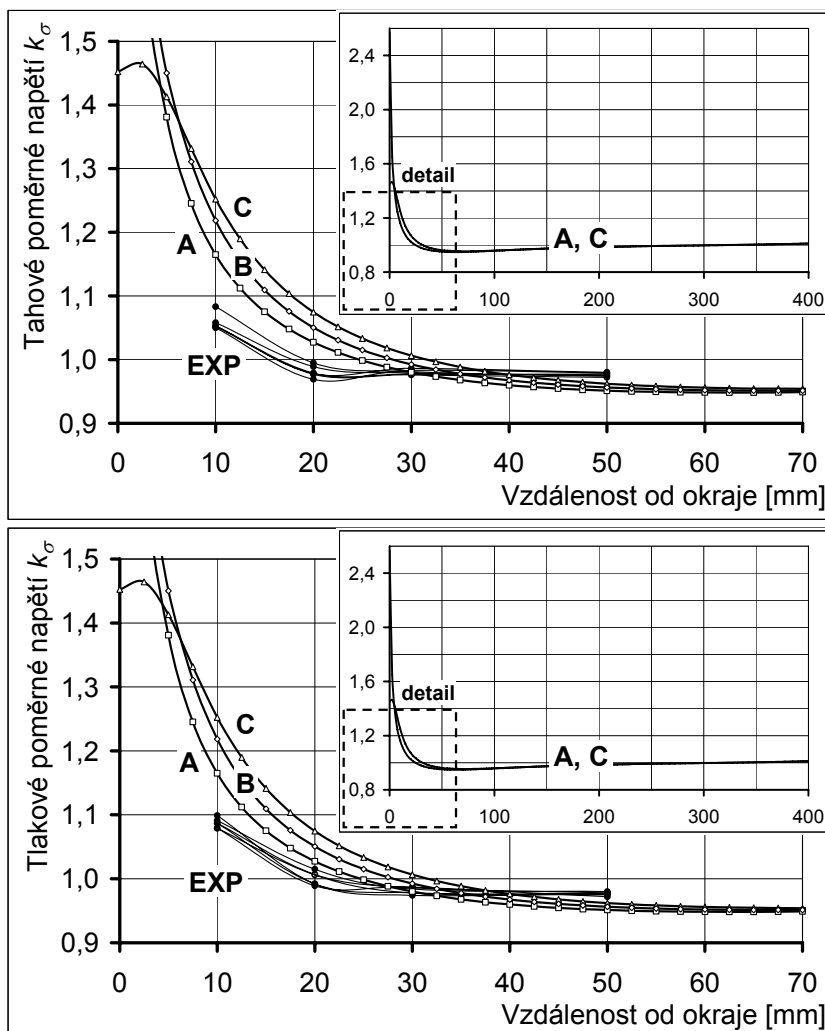
Z jednoho měření nelze provést obecný závěr. Ukazuje však na složitost přesného stanovení rozkmitů napětí podílejících se na růstu únavové trhliny, a proto také na získání časových údajů (přes počty kmitů) pro prohlídky zaměřené na možnost vzniku přípustné trhliny.



Obr.6: Histogramy relativních napětí k_σ



Obr.7: Histogramy napětí od „těžkých“ vozidel



Obr.8: Porovnání napětí získaných z výpočtu MKP a z měření (výběr)

3.3 SROVNÁVACÍ PŘÍKLAD

Výpočet časů prohlídek s využitím už charakterizovaného přípustného rozměru trhlin je sledován dvěma pravděpodobnostními metodami – Monte Carlo a PDPV. Srovnání obou metod je ve všeobecné rovině uvedeno v kap.2.3. Provedená měření a jejich určitá vyhodnocení jsou vhodným podkladem reálného případu pro jejich vzájemné srovnání v časech potřebných prohlídek pro ověření spolehlivostních požadavků. Je třeba upozornit, že všechny získané vstupy nemohly být ověřeny v rámci relativně krátkých měřených intervalů. Přesto se jedná o výrazné přiblížení realitě.

Reálný je geometrický tvar (a tedy i průřezy) ve sledovaném místě, mez kluzu použitého materiálu f_y se střední hodnotou 280 MPa, nominální návrhové napětí extrémních účinků $\sigma_{\max}$ se střední hodnotou 200 MPa, materiálové konstanty $m=3$ a $C=2,2 \cdot 10^{-13}$ (střední hodnoty). Dále pak, snad poprvé, konstantní rozkmit napětí $\Delta\sigma$, získaný z měřených spekter odezvy zatížení pro běžný provoz jako ekvivalentní účinkům „těžkých vozidel“ $\Delta\sigma = \Delta\sigma_E \cong 30 \text{ MPa}$ [9]. K nepřesným výchozím vstupům patří předpoklad délky zaměřitelné trhliny $a_d=10 \text{ mm}$, počet cyklů zatížení za rok „těžkých“ vozidel $N=1.10^6$ a především velikost

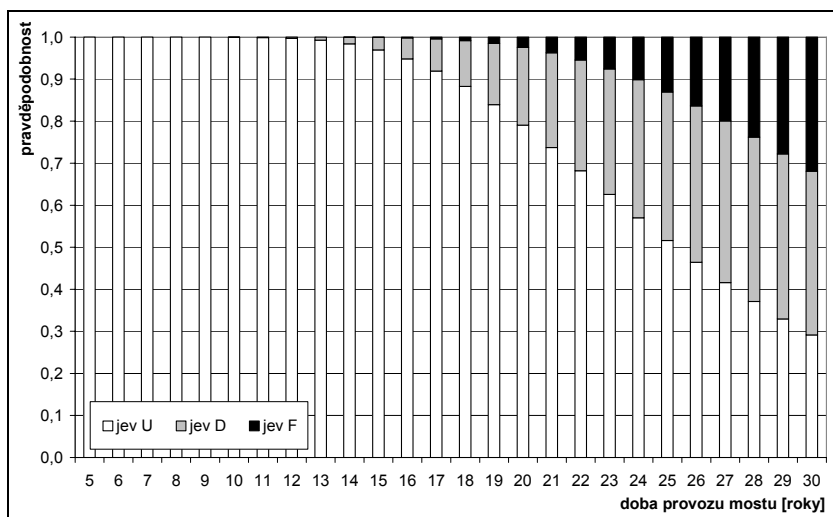
a přesné místo výskytu iniciační trhliny a_0 . Zvolená střední hodnota $a_0 = 0,2$ mm s log-normálním rozdělením představuje výraznou asymetrii histogramu s větším rozptylem pro $a_0 > 0,2$ mm [7]. Ostatní vstupní veličiny mají normální rozdělení. Požadovaná spolehlivost je vyjádřena v současnosti v inženýrské praxi používaným indexem spolehlivosti $\beta=2$, což přibližně odpovídá poruchovosti $P_f=0,0228$.

Vliv krátkých trhlinek ve spektru a_0 je vzhledem k ostatním nejistotám malý [7]. V tomto případě může ovlivnit počet cyklů zatížení v průběhu šíření maximálně o 3%. Výraznější je vliv odhadu střední hodnoty a zejména největšího rozměru, který se připustí při zhotovování a zůstane neopracovaný.

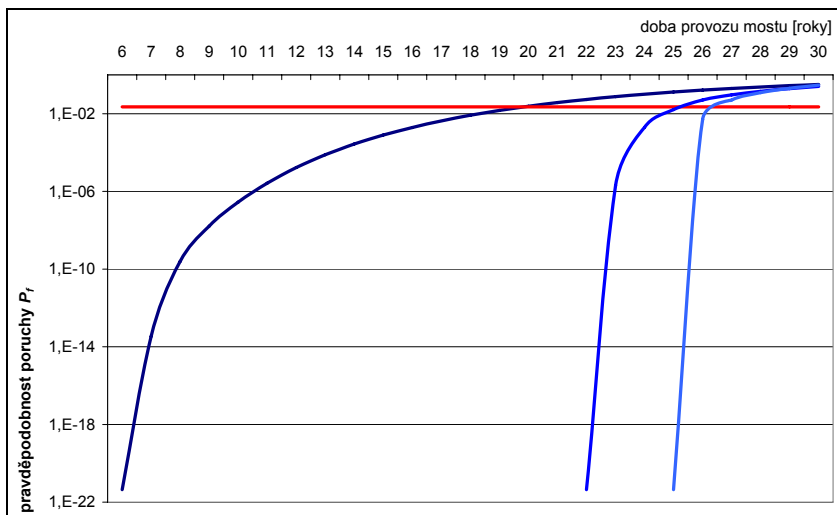
V parametrické studii s použitím metody Monte Carlo byla střední hodnota a_0 sledovaná v rozmezí od 0,2 do 0,5 mm a největší její rozměr od 2,0 do 3,0 mm, který byl do výpočtu vnesen „useknutím“ log-normálního rozdělení. Pro tyto případy byl čas první prohlídky určen v rozmezí 18 až 24 let. Nejkratší pro střední $a_0=0,2$ mm a $a_{0,max}=3,0$ mm, nejdelší pro střední $a_0=0,2$ mm a $a_{0,max}=2,0$ mm. Následné časy prohlídek, získané s použitím podmíněné pravděpodobnosti pro měřitelný rozměr trhliny $a_d=10,0$ mm, kdy nebyla zjištěna trhlina, vycházely v intervalu 6 až 7 let, periodicky se dále opakující s postupným velmi mírným zkracováním časů.

Srovnání výsledků s výpočtem metodou PDPV pro časy prvních prohlídek potvrzuje poměrně dobrou shodu. Rozdíly se projeví v časech dalších prohlídek, kdy se intervaly následných prohlídek při nezjištěných trhlínách výrazně zmenšují, což je názorně patrné na příkladu pro čas první prohlídky 20 let. Na obr.9 a obr.10 jsou uvedeny výstupy z této metody. Patrný je rozdíl mezi prvním intervalem, který byl stanoven na 5 let, a druhým zkráceným na 2 roky. Další, už těžko znázornitelné, byly 1,5 a 1,0 rok. Intervaly dalších prohlídek rychle konvergovaly k nule.

Malé časové rozdíly v intervalech prohlídek po nezjištěných trhlínách u metody Monte Carlo byly zaznamenány také v jiných případech. Přesnost výpočtu s narůstajícími prohlídkami výrazně klesá. Souvisí to s výpočtovým algoritmem, který v časech po prohlídce počítá pravděpodobnost poruchy pouze z těch simulačních kroků, při kterých v čase předchozí prohlídky nedošlo k nárůstu trhliny na zadanou měřitelnou délku. Počet pokusů klesá s časem nepřímo úměrně k měřitelnému rozměru trhliny a_d .



Obr.9: Pravděpodobnosti jevů U , D a F stanovené pro 5. až 30. rok provozu mostu



Obr.10: Závislost pravděpodobnosti poruchy P_f na letech provozu mostu a stanovení doby prohlídek mostu pro návrhovou pravděpodobnost poruchovosti $P_d=2,277 \cdot 10^{-2}$ (1. prohlídka 20.rok provozu, 2. prohlídka 25.rok provozu, 3. prohlídka 27.rok provozu mostu).

Metoda PDPV je v tomto ohledu příspěvkem k možnosti lepšího využití podmíněné pravděpodobnosti pro stanovení následných časů prohlídek s možností určit čas, při kterém předpokládaný pravděpodobnostní rozměr iniciační trhliny nebyl pro konkrétní případ správně stanoven (trhlina má menší rozměr nebo neexistuje).

4. ZÁVĚR

Přípustnou únavovou trhlinu lze charakterizovat jako rozměr, který na průřezích a prvcích ocelových konstrukcí a mostů, navržených na kombinace extrémních účinků zatížení, může být vlivem jejich postupné degradace dosažen při dodržení podmínek požadované spolehlivosti na konci návrhové doby života konstrukce. Šíření únavových trhlin je sledováno jedním jejich rozměrem, oslabení se ale váže na celou plochu trhliny tvarově odlišnou pro trhliny šířící se z iniciační trhliny povrchové nebo okrajové.

Potřebné použití pravděpodobnostních přístupů pro sledování rychlosti růstu únavové trhliny po její přípustný rozměr vyplývá z nejistot ve stanovení vstupních proměnných veličin a nutnosti sledování hladiny spolehlivosti. Rozhodujícími vstupy u rozměrů trhliny jsou její iniciační rozměr a přípustný rozměr. Definování přípustného rozměru je podmínkou nutnou, ne však postačující, protože dominantní pro růst trhliny je stanovení iniciačního rozměru.

Tento stav řeší normové přístupy zavedením dvou metod normového posuzování ocelových konstrukcí na únavu. Odvíjí se v podstatě od dosti pracného opracovávání míst náchylných na únavové poškození při zhotovování konstrukcí. Vzniklé neopracované vady mohou být iniciačními trhlínami. Metoda bezpečné životnosti opracování vyžaduje a nepředpokládá šíření trhlin z iniciačních rozměrů, což neznamená, že trhlina v průběhu návrhové doby života konstrukce nemůže vzniknout. Nesmí být ale větší, než trhlina přípustná. Nová druhá metoda přípustného poškození už možnosti svého poškození ve svém názvu prozrazuje. Připouští dosažení přípustného rozměru trhliny v průběhu návrhové doby životnosti konstrukce. Původcem je právě možná neodstraněná vada, která se stává iniciační trhlínou. Její předpokládaný rozměr nebo neexistenci má odhalit zpracovaný systém prohlídek. Význam těchto prohlídek je výrazně větší než u běžných prohlídek. Týká se to individuálně stanovených časů a nároků na kvalitu prohlídek.

OZNÁMENÍ

Tento článek je příspěvkem k celosvětovým komplexním hodnocením bezpečnosti a rizik technických systémů a byl dosažen za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/05/2467.

LITERATURA

- [1] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V. Structural Reliability Assessment Using Direct Determined Fully Probabilistic Calculation. In: *proceedings of 3rd International ASRANet Colloquium 2006* (abstract p.8, full paper on CD). 10 – 12th July 2006, Glasgow, UK. ISBN 0-9553550-0-1 / 978-0-9553550-0-4 (In English).
- [2] MAREK, P., GUŠTAR, M., ANAGNOS, T. *Simulation – Based Reliability Assessment for Structural Engineers*. CRC Press., Inc., 1995, U.S.A. ISBN 0-8493-8286-6.
- [3] NOVÁK, D., VOŘECHOVSKÝ, M., RUSINA, R. Small-Sample Probabilistic Assessment – FREET Software. In: *Applications of Statics and Probability in Civil Engineering*. Der Kiureghian, Madanat & Pestana (eds), Millpress, 2003, Rotterdam. ISBN 905966-004-8.
- [4] KRÁLIK, J., KRÁLIK, J. Deterministický a pravdepodobnostný prístup k posudzovaniu spoľahlivosti výškových stavieb. In: *Stavebné a environmentálne inžinierstvo*, roč. 3, 2007, č.1, s. 12-27. ISSN 1336-5835.
- [5] TOMICA, V., KREJSA, M. Optimal Safety Level of Acceptable Fatigue Crack. In: *5th International Probabilistic Workshop*. Ghent, Belgium, 28-29 November 2007. Edited by Luc Taerwe & Dirk Proske. ISBN 978-3-00-022030-2.
- [6] TOMICA, V., KREJSA, M. Možnosť pravdepodobnostného výpočtu únavovej trhliny metódou PDPV. In: *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, číslo 1, rok 2007, ročník VII. pp.211-220. ISSN 1213-1962 ; ISBN 978-80-248-1661-6.
- [7] TOMICA, V. Klíčové rozměry únavových trhlin na ocelových konstrukcích. In: *Sborník 20.česko-slovenské konference s mezinárodní účastí*. Praha, září 2003. ISBN 80-01-02747-3.
- [8] HOBACHER, A. Recommendations on Fatigue of Welded Components. In: *International Institute of Welding, IIW/IIS*, dokument XIII-1539-94/XV-845-94, 09/1994, Germany.
- [9] TOMICA, V., LOKAJ, A. Experimentální sledování špiček napětí. In: *Sborník příspěvků česko-slovenské konference Experiment 07*. Říjen 2007, Brno, pp.477-482. ISBN 978-80-7204-543-3.
- [10] TOMICA, V., GOCÁL, J., KOTEŠ, P. Acceptable Size of Fatigue Crack on Tension Flange of Steel Bridges. In: *Sborník konference Ocelové konstrukcie a mosty*. Září 2006, Bratislava. ISBN 80-227-2471-8.
- [11] TOMICA, V., GOCÁL, J., KOTEŠ, P. Kritická únavová trhlinka vo vzťahu k návrhovej únosnosti pre extrémne zaťaženie. In: *Sborník abstraktů VII. konference s mezinárodní účastí „Statisko-konstrukčné a stavebno-fyzikálne problémy stavebných konštrukcií“*. Hotel Baník, Štrbské Pleso, Slovensko. 23. - 25. 11. 2005. Str. 111 a 112 (2 strany). ISBN 80-7099-742-7 (CD s příspěvků, ISBN 80-8073-404-6).
- [12] BUJŇÁK, J., VIČAN, J., ODROBIŇÁK, J. Overenie skutočného pôsobenia spriahnutého oceľobetónového mosta. In: *Zborník z 21.českej a slovenskej medzinárodnej konferencie „Ocelové konštrukcie a mosty 2006“*, Bratislava 2006, pp.303-310.

Oponentní posudek vypracoval: Prof. Ing. Zdeněk Kala, Ph.D.

Jan ČESELSKÝ¹, Martin FERKO², Vladimír KOUDELA³

**PROGNOSTICKÉ ÚVAHY O FYZICKÉ DOSTUPNOSTI BYDLENÍ V REGIONÁLNÍM
PRŮMĚTU**

Abstrakt

Vztah mezi fyzickým počtem bytů a jejich potřebou, bilancovaný na úrovni státu či velkých územních jednotek v sobě skrývá jisté metodické úskalí. To spočívá v možných (a velmi pravděpodobných) rozdílech v rozmístění obyvatelstva a bytového fondu v území. Tento aspekt má dvě základní stránky, nižší regionální a typologickou. V minulost platilo, že lidé žili (bydleli) tam, kde měli zdroj své obživy. Bydliště bylo ve vysoké míře totožné s pracovištěm. Někdejší těsný vztah mezi bydlištěm a pracovištěm se uvolňuje natolik, že rovnováha se vytváří až na nižší regionální úrovni, tj. zhruba na úrovni 180 – 200 územních celků, elementárních regionů. Vedle průmyslu se dnes na tomto stavu podílí stále se rozšiřující základna služeb, ať už veřejných (především školství, zdravotnictví) či placených.

O rozmístění obyvatelstva na nižší regionální úrovni tedy rozhoduje objem pracovních příležitostí, na lokální úrovni – v jednotlivých (venkovských) sídlech nebo částech velkých měst pak stávající materiální základna bydlení a územně technické podmínky (tedy možnosti nové výstavby bytů/domů). V souhrnu se vytváří situace, kterou odborníci nazývají suburbanizací (rostou předměstské zóny a příměstská sídla).

1 ÚVOD

Výsledky sčítání poskytují nejúplnější kvantitativní a kvalitativní údaje o bytech a bydlení, jsou základním souborem o počtu bytů, jejich druzích (velikosti co do počtu místností a podlahové plochy), jejich obsazení obyvateli podle druhu domácností a počtu bydlících. Nevýhodou použití SLDB jako údajové základny pro rozbor regionálních disparit v současnosti je, že SLDB se provádí v desetiletých periodách a poslední proběhlo v ČR v roce 2001. Přes značnou časovou vzdálenost SLDB 2001 není jiné vhodné údajové základny, která by poskytovala data o bytech na jedné straně a data o bydlících na druhé straně v potřebné struktuře, tj. byty podle rozlohy, stáří a dalších charakteristických znaků a bydlící podle typu domácností, počtu členů atp. Údaje o vývoji bytového fondu po roce 2001 pro potřeby řešení disparit fyzické dostupnosti bydlení byly propočteny ze statistik ČSÚ o bytové výstavbě, především o počtu dokončených bytů, snížených o počty zrušených bytů v letech 2001 až 2006. Pro určité prognostické odhady reálného chování problematiky disparit do blízké budoucnosti byla nápomocna metoda statistické matematiky – statistická regrese. Určitou roli sehrál také odborný odhad, který vycházel ze statisticky podložených faktů předchozích sčítání domů a bytů.

¹ Ing. Jan Česelský, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, e-mail: jan.ceselsky@vsb.cz, tel.: (+420) 597 321 966.

² Ing. Martin Ferko, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail: martin.ferko.fast@vsb.cz.

³ Ing. Vladimír Koudela, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail: vladimir.koudela@vsb.cz.

2 MIGRAČNÍ FAKTOR

Významným a v relativně krátké době působícím faktorem na rozvoj bydlení a také na meziregionální rozdíly v oblasti bydlení je migrační faktor. Projevuje se v růstu nebo poklesu počtu obyvatel podle salda stěhování obyvatel. Děje se tak rozpoznatelně i na úrovni krajů. V přirozené měně obyvatel, která má dlouhodobý, jen zvolna se měnící průběh změn, je ovšem i tak fixována značná územní diferenciací. Území s bilančními úbytky podle přirozené měny obyvatel tvoří větší souvislé oblasti v Čechách, menší na Moravě.

Existují v podstatě tři skupiny územních jednotek (pozn. k rozboru se využívají nejvíce okresy), které se vyznačují vzájemně působícími faktory směrem k možným migračním posunům. Jedná se o skupiny:

- okresy s relativně vysokými přírůsky obyvatel a s relativně vysokou nezaměstnaností;
- okresy s relativně vysokými úbytky obyvatel a relativně nízkou nezaměstnaností;
- ostatní okresy nevyznačující se těmito vztahy.

Logicky by měla migrace probíhat z okresů s vysokými přírůsky obyvatel a vysokou nezaměstnaností do okresů s vysokými úbytky obyvatel a nízkou nezaměstnaností.

Jak ukazují přírůstky (úbytky) počtu obyvatel přirozenou měnou, stěhování a přírůstek (úbytek) celkem v tabulce č.1 a saldo migrace v posledních letech, podílí se migrace na vývoji obyvatel v podstatě v uvedených směrech. Největší migrační přírůstky směřovaly do zázemí velkých měst s mírnější nezaměstnaností a s úbytky obyvatel v důsledku přirozené měny obyvatel. Opačně docházelo k úbytkům počtu obyvatel stěhování z okresů s přírůsky počtu obyvatel, avšak také s vysokou nezaměstnaností. V posledních letech tomu tak je zejména v Ústeckém a Moravskoslezském kraji.

Tab. č.1: Pohyb obyvatelstva podle krajů

ČR, kraj	Přirozený přírůstek (úbytek)	Saldo migrace	Celkový přírůstek (úbytek)
Hl.m.Praha	-3,52	1,00	-2,52
Středočeský	-2,52	3,56	1,04
Jihočeský	-0,74	1,17	0,43
Plzeňský	-2,10	1,01	-1,09
Karlovarský	0,40	0,18	0,58
Ústecký	-0,68	0,94	0,26
Liberecký	-0,41	1,04	0,63
Královéhradecký	-1,11	0,33	-0,77
Pardubický	-0,72	0,27	-0,45
Vysočina	-0,32	0,01	-0,31
Jihomoravský	-1,43	0,97	-0,46
Olomoucký	-0,96	0,37	-0,59
Zlínský	-0,89	0,61	-0,28
Moravskoslezský	-0,24	-0,62	-0,86
Česká republika	-1,31	0,87	-0,44

Zdroj: ČSÚ

Z tabelovaných údajů vyplývá, že jen menší počet krajů si dlouhodobě uchovával kladný přírůstek obyvatel, při čemž pouze v Karlovarském kraji na tom spolupůsobil přirozený přírůstek i migrace. V Moravskoslezském kraji naopak se na úbytku přirozená měna a saldo migrace spolupodepsaly. V ostatních krajích kladné saldo migrace bylo nedostatečné k překrytí úbytků z přirozené měny obyvatel. V posledních letech zvláště v roce 2005 a 2006 se působení salda migrace zvyrazňuje v obou směrech.

Tab. č.2: Saldo migrace v roce 2005 a 2006 podle krajů

ČR, kraj	2005		2006	
	abs.	%	abs.	%
Hl.m.Praha	11 769	10,01	6 260	5,29
Středočeský	14 734	12,85	16 472	14,12
Jihočeský	2 316	3,70	2 038	3,24
Plzeňský	2 311	4,20	3 124	5,65
Karlovarský	-345	-1,13	103	0,34
Ústecký	1 266	1,54	-124	-0,15
Liberecký	1 424	3,33	1 420	3,30
Královéhradecký	1 375	2,51	1 475	2,69
Pardubický	998	1,97	1 643	3,24
Vysočina	922	1,81	538	1,05
Jihomoravský	1 028	0,91	2 360	2,09
Olomoucký	34	0,05	603	0,94
Zlínský	31	0,05	11	0,02
Moravskoslezský	-1 674	-1,3	-1 203	-0,96
Česká republika	36 229	3,54	34 720	3,38

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočty

Největší kladné saldo migrace se projevuje ve Středočeském kraji a poté v Praze. Kladnou úlohu migrace sehrává v Plzeňském a Libereckém kraji. Změnila se tendence vlivu v kraji Karlovarském a utvrzuje se dřívější slabý pozitivní vliv v kraji Olomouckém a Zlínském.

V současnosti na migrační přírůstky obyvatel působí silněji také přistěhovalectví z jiných zemí. V hlavním městě přibýlo za první pololetí roku 2007 téměř 10 tis. osob, z toho převažující část z ciziny (v roce 2006 celoroční přírůstek činil 7,5 tisíce osob). Podobně ve Středočeském kraji z celkového přírůstku 12 106 obyvatel za polovinu roku 2007 tvořila migrace 11 304 osob (93,4 %) z jiných okresů a rovněž z ciziny.

Mezi kraji s vyšším relativním přírůstkem obyvatel chybí kraje s nízkou vybaveností obyvatel a domácností byty: Královéhradecký, Pardubický, Jihomoravský. V těchto krajích se difference s ostatními kraji prohloubily. V Plzeňském a Olomouckém kraji byl přírůstek jen o málo vyšší než v celostátním průměru a tudíž i zde patrně nedošlo ke snížení rozdílů v úrovni bydlení (vybavenosti obyvatel a domácností) oproti úspěšnějším krajům.

3 CHARAKTERISTIKA BYTOVÉ VÝSTAVBY 1997-2006 PODLE KRAJŮ

V intenzitě bytové výstavby vyjádřené počtem dokončených, zahájených a rozestavěných bytů se dobře odráží probíhající změny mnohem rychleji než v bytovém fondu. Bytová výstavba je ovšem jen malou částí bytového fondu. Roční vliv na změny v počtu a kvalitě trvale obydlených bytů nepřesahuje obyčejně 1-2 %. V České republice se roční rozsah výstavby v současnosti pohybuje kolem 40 tis. bytů (Firbach, 2007). Rozdíly mezi jednotlivými kraji jsou dostatečně velké a mohou především v dynamice snižovat nebo naopak prohlubovat rozdílný regionální rozvoj i konkrétní disparity. V tabulce je intenzita bytové výstavby vyjádřena ukazateli počtu dokončených a zahájených bytů v souhrnu za období 1997-2006 a za poslední tři roky jednotlivě (ČSÚ, 1997-2006).

Tab. č.3: Intenzita bytové výstavby podle krajů 1997-2006

ČR, kraj	Počet dokončených bytů/ 1 000 obyv.				Počet zahájených bytů/ 1 000 obyv.			
	1997- 2006	2004	2005	2006	1997- 2006	2004	2005	2006
ČR	2,27	3,16	3,21	2,34	3,82	3,95	4,26	3,04
Hl.m.Praha	3,14	5,08	5,58	4,30	4,07	5,35	6,31	6,68
Středočeský	3,12	5,35	5,29	5,11	4,82	7,01	8,32	7,20
Jihočeský	2,32	3,51	3,12	3,04	3,58	4,10	3,76	4,28
Plzeňský	2,58	3,70	3,53	3,74	3,26	3,63	3,09	4,07
Karlovarský	1,65	1,66	3,77	2,03	2,44	3,36	2,22	2,50
Ústecký	1,03	1,27	1,36	1,03	1,51	1,54	1,68	2,18
Liberecký	2,07	3,08	2,65	2,38	2,61	3,36	2,24	3,71
Královéhradecký	2,18	2,42	2,60	2,22	2,64	2,24	3,60	3,66
Pardubický	2,37	3,13	2,77	2,33	2,33	3,72	3,38	4,46
Vysočina	2,31	3,06	3,08	2,92	3,14	3,69	3,20	3,37
Jihomoravský	2,46	3,42	3,38	3,52	3,26	4,79	4,32	5,22
Olomoucký	2,09	2,30	1,75	2,04	2,84	2,85	2,75	2,80
Zlínský	2,34	2,53	2,89	1,93	2,68	2,75	2,71	2,92
Moravskoslezský	1,36	1,58	1,54	1,31	1,68	1,60	1,60	2,34

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočty

V mezikrajském porovnání se v intenzitě bytové výstavby dostávají trvale na přední místa hl. m. Praha a Středočeský kraj. V počtu dokončených bytů se nad celostátním průměrem v letech 1997-2006 pohybují ještě kraje Plzeňský, Jihomoravský, Pardubický, Zlínský, Jihočeský a Vysočina. Slabší postavení, i v posledních třech letech si udržují kraje Moravskoslezský, Ústecký, Karlovarský, Královéhradecký, Pardubický, Olomoucký a Vysočina. V krajských městech Brno, Olomouc, Liberec, České Budějovice, Jihlava a Karlovy Vary je intenzita bytové výstavby vyšší než v průměru kraje, v Ostravě, Ústí nad Labem, Plzni, Hradci Králové, Pardubicích a Zlíně je naopak nižší. Projevuje se zde určitá anomálie, která ovšem může mít i dočasný charakter.

Statistická analýza bytové výstavby ukazuje u statistického znaku počet dokončených bytů na 1000 obyvatel v rámci krajů České republiky, že se variační koeficient⁴ v letech 1995 – 2002 udržuje

⁴ Variační koeficient používáme, jestliže chceme posoudit relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru. Počítáme ho, když chceme porovnat rozptýlenost dat skupin měření stejné

na víceméně konstantní hladině mezi 21 – 26 procenty, od roku 2003 výrazně roste a v roce 2005 je jeho hodnota již 40% (Tab. č.4). Při souvislosti se směrodatnou odchylkou se tak zjistí, že v letech 1995 – 2002 rostly rozdíly mezi kraji, ale současně se zvyšovala také výstavba, takže procentuální podíl směrodatné odchylky a průměru byl stále stejný, v dalších letech rostly rozdíly v bytové výstavbě mezi kraji mnohem rychleji než samotná bytová výstavba.

Tab. č.4: Statistické popisné charakteristiky bytové výstavby míry regionálních rozdílů – ukazatel počet dokončených bytů/1000 obyvatel

Rok	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	β -konvergence/divergence
1991	0,999244	24,65241	-0,44182
1992	0,956243	26,86075	-0,54107
1993	0,757012	24,9017	-0,61267
1994	0,79033	44,56751	-0,29068
1995	0,299926	24,45048	-0,92662
1996	0,349857	24,29563	-0,35552
1997	0,377124	22,62742	-0,37468
1998	0,57248	26,5037	-0,28354
1999	0,592696	25,47405	-0,20577
2000	0,618816	24,95226	-0,25844
2001	0,526878	21,24506	-0,54537
2002	0,704714	26,36088	0,415687
2003	0,799722	30,3692	-0,13247
2004	1,264314	40,17946	0,820369
2005	1,298135	39,98364	-0,18766
2006	1,1827181	41,596183	0,2912632

Zdroj: vlastní zpracování

Koeficient β -konvergence/divergence zobrazuje hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu, který měří závislost mezi přírůstkem sledovaného znaku v jednotlivých krajích v daném roce a hodnoty argumentu v předchozím roce. Tento koeficient může nabývat hodnot od -1 do 1. Blíží-li se koeficient korelace hodnotě 1, existuje mezi proměnnými silná přímá lineární závislost, obdobně koeficient korelace blíží se hodnotě -1 vyjadřuje silnou nepřímou lineární závislost. Naopak, pokud se hodnoty koeficientu korelace blíží nule, říkáme, že sledované proměnné jsou lineárně nezávislé. Koeficient β -konvergence/divergence opět u statistického znaku počet dokončených bytů/1000 obyvatel dosahuje v roce 2003 hodnoty -0,13 a v roce 2004 je roven 0,82. Tedy v roce 2003 byla lineární závislost mezi přírůstkem počtu dokončených bytů a počtem dokončených bytů v předchozím roce velmi nízká, navíc byly tyto veličiny nepřímo úměrné a naopak v roce 2004 se jednalo o silnou přímou lineární závislost mezi přírůstkem a počtem dokončených bytů v minulém roce. Z hlediska této statistické charakteristiky tedy nelze přesně vysledovat za období 2000 – 2006

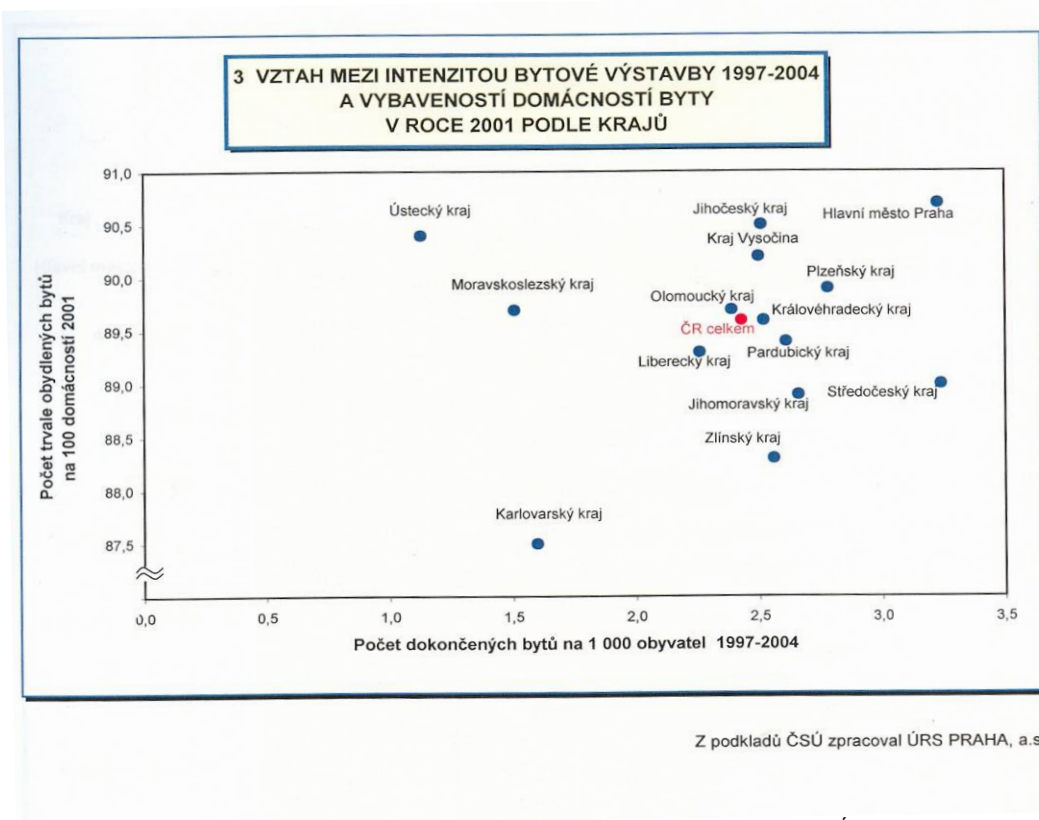
proměnné s různým průměrem, nebo v případech, kdy se mění velikost směrodatné odchylky tak, že je přímo závislá na úrovni měřené proměnné.

(viz Tab. č.4) žádné jednoznačné trendy, koeficient β -konvergence/divergence se pohyboval nejednotným směrem.

V zahajované bytové výstavbě jsou tendence z intenzitního vyjádření v dokončené výstavbě velmi podobné, pouze zobrazené na vyšší úrovni ukazatele. U krajů s nižší intenzitou zahajované bytové výstavby bude rozsah dokončených bytů v nejbližších třech letech méně příznivě ovlivněn než tomu bude v krajích s relativně vyšší úrovní zahajované výstavby. Dlouhodoběji ovšem nízká bytová výstavba se téměř vždy projeví v nízké fyzické dostupnosti bydlení a může tak přispět i ke vzniku obzvláště silné regionální disparity.

Významné je propojení bytové výstavby a bytového fondu prostřednictvím porovnání intenzity bytové výstavby s vybaveností domácností byty. Průměrnou roční intenzitu 1997-2004 poměřenou vybaveností zjištěnou k 1. 3. 2001 vyjadřuje graf.

Obr. č.1: Vztah mezi intenzitou bytové výstavby 1997-2004 a vybaveností byty



Zdroj: ÚRS Praha

Dobře se ukazuje postavení krajů podle dosažené vybavenosti domácností byty v porovnání s dynamizujícím faktorem výstavby. Dva kraje (Ústecký a Moravskoslezský) měly v letech 1997-2006 nízkou intenzitu bytové výstavby, avšak poměrně vysokou vybavenost domácností byty vytvořenou v předchozích letech. Umístění Prahy podle obou ukazatelů vyjadřuje vyhraněné růstové tendence. Podobně tomu bylo v Plzeňském kraji a kraji Vysočina. Z ostatních krajů umístěných směrem k vyšší intenzitě výstavby se podle vývoje intenzity výstavby i v dalších letech bude posilovat postavení Středočeského kraje, v menší míře i krajů Jihomoravského a Zlínského. Nízká vybavenost byty i nízká intenzita výstavby zůstává v Karlovarském kraji. Zjevným závěrem tak je, že

se stále bytová výstavba soustřeďuje do krajů, kde je nejvyšší kvantita bytového fondu, což lze zcela určitě stanovit jako závažný rozdíl či meziregionální disparitu.

Kvalitativní charakteristiku bytové výstavby je možné rovněž provést až do roku 2006. Rozdíly mezi kraji mají ve vztahu k regionálním disparitám pouze doplňující význam. Pouze výraznější narůstání rozdílů v obytné ploše, počtu místností, zalidnění bytů či vybavenosti bytů by mohlo varovat před nízkou kvalitou bydlení v bytovém fondu. Údaje ukazují, že takové nebezpečí nehrozí. Porovnání mezi kraji má ovšem svůj význam v tom, že přináší podněty pro zlepšení kvality bydlení v jednotlivých krajích a nižších územně správních celcích.

Tab. č.5 : Velikost dokončených bytů, obytná a užitková plocha bytu podle rodinných domů a bytových domů a podle krajů v roce 2006

ČR, kraj	Průměrná obytná plocha v m ² /byt		Průměrná užitková plocha v m ² /byt		Byty podle počtu pokojů					
	rodinné domy	bytové domy	rodinné domy	bytové domy	rodinné domy		bytové domy			
					4	5 a více	garson.	1	2	3
Česká republika	97,9	50,2	142,8	68,0	37,9	41,5	8,0	20,7	36,5	27,7
Hl.m.Praha	110,0	56,5	162,7	72,3	33,6	50,6	8,4	29,1	29,4	31,5
Středočeský	102,6	48,7	142,7	69,7	36,1	45,3	8,0	24,5	39,7	25,7
Jihočeský	96,6	48,4	141,5	66,1	36,1	39,9	8,0	24,4	41,6	20,0
Plzeňský	94,1	47,3	133,4	63,1	38,2	38,3	11,5	17,6	43,2	21,5
Karlovarský	101,4	43,8	150,2	58,4	34,4	47,3	10,0	7,7	47,1	28,5
Ústecký	96,7	38,6	137,1	53,7	40,1	29,6	30,8	25,1	19,2	19,2
Liberecký	95,0	38,3	132,6	56,8	45,7	36,5	6,2	28,3	42,8	20,0
Královéhradecký	90,8	45,3	139,9	57,9	33,0	39,5	22,6	6,2	45,8	23,2
Pardubický	96,3	44,5	144,8	60,9	42,2	39,7	5,7	18,2	51,6	21,7
Vysočina	91,6	49,5	136,9	64,7	38,3	38,7	0,9	16,2	45,3	31,2
Jihomoravský	99,3	48,1	149,4	68,1	40,9	40,5	7,2	15,8	34,1	34,4
Olomoucký	93,6	44,6	136,6	74,6	42,0	33,5	1,0	19,6	49,1	23,1
Zlínský	97,2	50,0	151,1	63,1	35,6	46,8	2,5	16,7	55,8	16,7
Moravskoslezský	91,9	69,6	140,2	91,8	38,8	41,3	0,0	26,9	18,3	27,9

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočty

Tab. č. 6 Průměrná obytná a užitková plocha (v m²) v bytech dokončených v bytových domech v letech 1997-2005 podle krajů (zdroj ČSU)

	Bytové domy																	
	Průměrná obytná plocha									Průměrná užitková plocha								
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Hl. m. Praha	65,3	68,4	56,7	53,3	56,6	42,8	57,0	49,8	57,0	93,1	91,1	75,1	73,4	78,1	58,6	73,4	66,9	72,7
Středočeský	42,6	47,1	34,9	40,9	45,2	49,9	45,0	42,5	43,6	57,9	61,9	53,0	54,7	65,8	70,6	63,2	63,0	59,0
Jihočeský	41,7	51,8	69,5	45,9	43,9	46,3	45,7	44,4	47,2	62,5	70,3	92,5	81,1	55,7	62,5	61,7	66,5	63,7
Plzeňský	32,5	42,0	40,6	40,3	42,9	44,3	48,2	51,3	57,4	50,1	57,6	58,7	61,4	66,7	62,9	66,8	67,4	70,2
Karlovarský	46,8	57,6	50,3	53,3	40,6	37,6	67,6	53,0	46,5	67,1	85,4	62,2	75,9	54,2	49,5	101,4	70,8	59,9
Ústecký	39,2	43,3	36,6	37,9	38,1	50,2	40,9	43,7	44,3	57,7	59,0	55,8	56,8	61,3	68,2	56,3	64,0	51,1
Liberecký	41,5	35,7	33,0	38,2	33,6	38,8	39,0	40,0	39,4	53,7	51,7	58,2	58,9	47,9	56,3	54,5	58,4	56,4
Královéhradecký	36,7	40,7	41,2	37,1	41,1	40,3	42,0	50,5	43,1	56,5	63,0	61,6	58,0	59,5	55,1	60,0	65,1	62,2
Pardubický	37,9	44,0	38,4	42,1	44,2	40,8	49,0	47,4	41,7	50,6	61,9	51,2	66,3	62,3	60,7	67,2	62,8	54,1
Vysočina	41,9	43,9	45,9	44,3	39,1	45,2	47,6	41,3	48,1	62,8	64,7	72,2	71,5	57,1	71,2	69,6	62,6	69,1
Jihomoravský	48,8	48,4	66,9	44,2	52,9	45,3	44,7	47,3	43,1	68,9	69,2	81,9	63,8	66,4	58,7	62,6	70,6	61,9
Olomoucký	47,1	47,6	53,5	45,2	45,9	45,3	42,5	49,2	36,0	63,8	72,9	75,1	70,9	65,8	60,8	67,6	69,4	56,5
Zlínský	47,5	34,2	35,3	39,6	44,7	47,0	42,9	67,3	39,8	72,6	58,9	66,6	71,4	91,1	76,3	68,2	107,7	59,8
Moravskoslezský	40,3	55,1	47,3	44,3	47,2	41,3	42,4	38,4	51,1	61,0	72,6	72,1	66,9	73,2	60,4	66,1	63,6	66,8
ČR celkem	46,0	52,9	51,0	45,2	48,0	43,7	49,3	47,5	50,4	66,3	73,6	70,2	67,7	68,0	61,1	67,5	66,7	66,4

Republikový průměr velikosti bytů podle obytné⁵ a užitkové plochy⁶ značně přesahují v roce 2006 kraje Moravskoslezský a Praha. Tento stav však není pravidlem, podle tab. č.6 si v letech 2000-2005 tento přesah udržovalo pouze Hl. m. Praha. V obytné ploše rodinných domů pak Středočeský, Karlovarský a Jihomoravský kraj. V užitkové ploše rodinných domů jsou v popředí kraje Karlovarský, Zlínský, Vysočina a Pardubický.

V krajích Moravskoslezském, Olomouckém a v kraji Vysočina chybí nebo v roce 2006 bezmála chyběla výstavba garsoniér, velké se mezi kraji objevily také ve skupině jednopokojových bytů. Třípokojové byty v nově postavených bytových domech jsou naopak v krajích zastoupeny dosti rovnoměrně s výjimkou Zlínského, Ústeckého, Libereckého a Jihočeského kraje, kde je podíl znatelně nižší než v celostátním průměru.

4 MODERNIZACE BYTOVÉHO FONDU V KRAJÍCH ČR

Důležitým ukazatelem, který je sledován v běžné statistice spolu s bytovou výstavbou je modernizace bytů. Počet dokončených a modernizovaných bytů je ovšem sledován samostatně. Usuzuje se odůvodněně, že rozsah modernizace bytů je stále nízký, odpovídá v ČR zhruba pouze polovině zahajovaných bytů v roce 2006. V tabulce a grafu je uveden vývoj počtu modernizovaných bytů podle krajů a intenzitní ukazatel za desetileté období.

⁵ Obytná plocha bytu je tvořena podlahovou plochou bytu obytných místností a částí plochy kuchyně, která přesahuje 12 m². V případě bytu, který se skládá z jediné místnosti – obytné kuchyně, tvoří obytnou plochu bytu plocha celé této místnosti.

⁶ Užitková plocha bytu je obytnou plochou bytu s připočtem ploch vedlejších místností a příslušenství bytu. Společně s čistou obytnou plochou doplňuje plošné charakteristiky dokončené bytové výstavby a spoluurčuje podíl čisté obytné plochy bytů.

Tab. č.7: Modernizace bytového fondu v krajích ČR 1997–2006

Kraj	Počet dokončených modernizací bytů v roce, období											Počet dok. moderniza cí bytů 1997-2006 na 1 000 obyvatel středního stavu ročně
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	1997 –2006	
Hl.m. Praha	383	680	1 172	1 486	3 013	3 650	3 188	3 879	4 755	4 985	27 191	2,31
Středočeský	367	929	625	1 086	1 522	1 006	1 725	1 740	2 632	1 977	13 609	1,21
Jihočeský	65	67	173	310	273	188	297	333	913	1 472	4 091	0,65
Plzeňský	59	61	73	119	178	309	255	386	894	620	2 954	0,54
Karlovarský	246	247	1 540	1 662	411	559	514	369	656	618	6 822	2,24
Ústecký	259	180	193	237	259	289	342	380	765	460	3 364	0,41
Liberecký	195	20	120	41	136	31	62	79	261	243	1 188	0,28
Královéhradecký	389	280	317	412	589	563	546	455	848	641	5 040	0,92
Pardubický	342	342	455	713	863	721	534	598	794	775	6 137	1,21
Vysočina	300	70	177	237	280	388	383	413	609	419	3 276	0,63
Jihomoravský	363	626	769	1 120	2 500	1 724	1 972	2 286	3 415	3 558	18 333	1,62
Olomoucký	558	923	1 579	1 797	1 940	2 172	1 185	2 793	2 747	2 869	18 563	2,90
Zlínský	116	442	172	203	337	506	347	431	685	713	3 952	0,66
Moravskoslezský	1 003	1 211	1 390	1 302	1 134	1 493	1 411	1 327	1 922	1 792	13 985	1,10
ČR	4 645	6 078	8 755	10 725	13 435	13 599	12 761	15 469	21 896	21 142	128 505	1,25

Zdroj: ČSÚ

Modernizace a rekonstrukce bytového fondu je nejvíce ovlivněna věkovou a rovněž materiální (panelová zástavba) skladbou bytových domů. Nejvíce o síle nebo naopak slabosti kraje vypovídají dvě období výstavby: do roku 1945 a desetiletí 1991-2001. Relativně vysoký podíl velmi starých bytů postavených v domech do 1945 se objevuje kromě hl. m. Prahy také v Libereckém a Karlovarském kraji.

Trvale obydlené byty podle období výstavby v bytových domech se od skladby celého bytového fondu liší tím, že jsou poskytnuty vhodnější údaje pro úvahy o rekonstrukci bytového fondu, tj. údaje v urbanizovaných prostorech, kde je umístěna naprostá většina bytů z celkového počtu.

Jinak se ovšem potvrzuje, že těžiště rekonstrukce bytového fondu, zůstává v podstatě stejné. Kraje s vysokými podíly starého fondu bytových domů a nevelkými přírůstky bytů v posledních letech jsou nejvíce ohroženy. Regionální disparity v bydlení zde narůstají. Jedná se o tyto kraje Karlovarský a Liberecký.

V souvislosti s modernizacemi a rekonstrukcemi je však žádoucí také uvést, že podle odborných studií (Dupal, 2006; Dupal 2007) rekonstrukční práce nepostupují v dostatečném počtu a dynamice. Právě v pomalé rekonstrukci zejména panelových bytových domů se může skrývat vážné nebezpečí a při prohloubení i vznik regionálních disparit v bydlení s důsledky nejen ekonomickými,

ale i sociálními. Ohroženy jsou tak kraje s vysokým podílem panelového domovního a bytového fondu – kraje Karlovarský, Ústecký, Moravskoslezský a Liberecký.

5 VYBAVENOST OBYVATEL A DOMÁCNOSTÍ BYTY V KRAJÍCH ČR 2001-2006 A PŘEDPOKLAD DO ROKU 2010 - 2015

Již bylo zmíněno v úvodu, že kompletní údaje o bytovém fondu jsou dostupné jen z roku sčítání domů a bytů (poslední rok 2001). Nedostatek údajů o soudobém stavu bytového fondu v ČR a krajích tak musel být pro potřeby stanovení možných rozdílů či disparit překonán. Modelování bylo prováděno nejčastěji metodami statistické regrese nebo pouhými odbornými odhady na základě předchozích dat ze SLDB 1991 a 2001 a dalších informací z částečných průběžných ročních šetření statistického úřadu – periodické šetření bytové výstavby.

K zjištění stavu k roku 2006 a zdůvodnění výhledu do roku 2010 tak bylo zapotřebí získat, k pravidelně zjišťovaným údajům za bytovou výstavbu a stav obyvatelstva, z případných dalších zdrojů a na základě metody sestavení projekce a prognózy potřebné údaje :

k roku 2006

- úbytky bytů 2001-2006,
- snížení počtu neobydlených bytů – přesun do trvale obydlených 2001-2006,
- údaje o domácnostech v návaznosti na cenzovní domácnosti,
- domácnosti k roku 2006,

k roku 2010

- úbytky bytů 2007-2010 a 2001-2010,
- snížení počtu neobydlených bytů 2007-2010,
- snížení počtu neobydlených bytů 2007-2010 a 2001-2010,
- odhad bytové výstavby 2007-2010 a 2001-2010,
- údaje o počtu obyvatel do roku 2010 a 2015 – projekce,
- údaje o domácnostech do roku 2010 a 2015 – projekce.

Tab. č. 8: Vývoj počtu obyvatel 1991-2015 podle krajů (1991-2006 skutečnost, 2010 a 2015 projekce)

ČR, kraj	Počet obyvatel			Přírůstky (úbytky) – výchozí rok=100		Počet obyvatel		Přírůstky (úbytky) – výchozí rok=100	
	1991	2001	2006	1991-2001	2001-2006	2010	2015	2001-2010	2001-2015
Hl.m.Praha	1 214 174	1 169 106	1 188 126	96,3	101,6	1 190 000	1 200 000	101,8	102,6
Středočeský	1 112 882	1 112 473	1 175 473	100,9	104,7	1 192 000	1 215 000	106,2	108,2
Jihočeský	622 889	625 267	630 006	100,4	100,8	631 000	6333 000	100,9	101,3
Plzeňský	558 307	550 688	554 537	98,6	100,7	555 000	558 000	100,8	101,3
Karlovarský	301 985	304 343	304 602	100,8	100,1	306 000	306 000	100,5	100,5
Ústecký	824 461	820 219	823 265	99,5	100,4	827 000	830 000	100,8	101,2
Liberecký	425 120	428 184	430 774	100,7	100,6	431 000	4333 000	100,7	100,9
Královéhradecký	552 809	550 724	549 643	99,6	99,8	550 000	550 000	99,9	99,9
Pardubický	508 718	508 281	507 751	99,9	99,6	506 000	504 000	99,5	99,2
Vysočina	513 740	512 143	511 645	99,7	99,9	509 000	506 000	99,4	98,8
Jihomoravský	1 114 160	1 134 786	1 132 563	99,2	99,8	1 138 000	1 133 000	99,8	99,8
Olomoucký	647 341	643 817	638 894	99,5	99,4	638 000	636 000	99,1	98,8
Zlínský	596 903	595 010	589 839	99,7	99,1	588 000	585 000	98,8	98,3
Moravskoslezský	1 278 726	1 265 019	1 249 292	98,9	98,8	1 235 000	1 220 000	97,6	96,4
Česká republika	10 302 215	10 230 060	10 287 189	99,3	100,6	10 291 000	10 308 000	100,6	100,7

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočet

K projekci obyvatel do roku 2015 je třeba přičinit jen obvyklé vysvětlení, že pro ČR jako celek i pro kraje platí dlouhodobá tendence stárnutí obyvatelstva a také pokles počtu obyvatel v dlouhodobém vývoji. Obtížně odhadnutelným faktorem v projekci obyvatelstva je rozsah a saldo migrace vůči zahraničí. Již v současnosti se ukazuje, že imigrace bude větší než se dosud uvažovalo. Kraje se podle údajů v tabulce liší přírůstky (úbytky) obyvatel výrazně. Již v období 1991-2001 byla většina krajů úbytkových. Pouze 3 kraje končily přírůstkem (Středočeský, Jihočeský, Liberecký). I hlavní město Praha mělo úbytek obyvatel, opačná – příznivá tendence se prosadila až po roce 2000.

Údaje za období 2001-2006 (skutečnost) rozdělují kraje do dvou početně shodných skupin. Hlavní město Praha a Středočeský kraj vzrůstají početně nejrychleji a menší růst udržují kraje Jihočeský, Karlovarský, Liberecký a z mínusu (1991-2001) se do plusu přemísťují Plzeňský a Ústecký kraj. Ve srovnání s obdobím 1991-2001 dále klesá počet obyvatel v Pardubickém, Olomouckém, Zlínském a Moravskoslezském kraji. Kraje Královéhradecký a Jihomoravský sice zůstávají v minusové hodnotě, avšak relativně menší 2001-2006 než 1991-2001.

V údajích z projekce (2010 a 2015) se situace celostátně zlepšuje a stejně je tomu ve většině krajů. Kraje s úbytkem obyvatel v předcházejících letech (2001, 2006) zůstávají s minusovým vývojem. Předpokládá se větší pokles v Moravskoslezském, Zlínském, Pardubickém a Olomouckém kraji. V poklesu zůstávají, ale neprohlubují ho kraje Královéhradecký, Jihomoravský (relativní vzestup) a kraj Vysočina.

V krajích s přírůstkem obyvatel a krajích s relativním zlepšením úbytků obyvatel se vytvořila příznivější situace k ovlivnění růstu nabídky bytů a je zde první symptom prohloubení rozdílů s ostatními kraji, které setrvávají v úbytcích obyvatel.

Více než vývoj počtu obyvatel proces bydlení i v regionálním porovnání ovlivňuje vývoj (dosavadní i v budoucích letech) domácností. Vzhledem ke štěpení cenových domácností a snižující se průměrné velikosti by měl počet domácností v ČR k roku 2015 dosáhnout přibližně 4 600 tis. domácností. K růstu domácností přispívají všechny kraje, ovšem s rozdílnou dynamikou růstu. Nejvýraznější vzestup proběhne ve Středočeském kraji a také v hlavním městě Praze. Rostoucí tlak na nabídku bytů se projeví také v Ústeckém, Karlovarském, Plzeňském a Libereckém kraji. Nízký růst počtu domácností se naopak projeví silněji ve Zlínském, Olomouckém a Moravskoslezském kraji jakož i v kraji Vysočina. Závislost růstu bytové výstavby ovšem není zcela mechanická. Rozhodující je konkrétní nabídka a poptávka a rovněž i bytová politika prováděná v krajích a menších územních celcích.

Propočet bytové výstavby 2001-2010 začleněním a návazností na vývoj v letech 2001-2006 umožní provést první přiblížení ke zkoumání konkrétních relací v bydlení podle krajů a vyjasnění regionálních rozdílů až disparit v období 2001-2006 a 2001-2010. Údaje a propočty obsahuje tabulka „Bytová výstavba a prognózní úvaha“.

Tab. č.9: Bytová výstavba 2001-2006 a prognózní úvaha do roku 2010

ČR, kraj	Dokončené byty v průměru/rok		Zahájené byty v průměru/rok		Dokončené byty v průměru/rok					
	2001-2006		2005-2006		2004-2006		2007-2010		2001-2010	
	absol.	%	absol.	%	absol.	%	absol.	%	absol.	%
Hl. m. Praha	4 875	16,8	5 875	18,6	7 654	18,9	6 190	17,2	5 400	17,0
Středočeský	4 952	17,0	6 021	19,1	8 684	21,5	6 660	18,5	5 635	17,7
Jihočeský	1 873	6,4	1 932	6,1	2 542	6,3	2 200	6,1	2 005	6,3
Plzeňský	1 889	6,5	2 021	6,4	1 952	4,8	2 230	6,2	2 025	6,4
Karlovarský	638	2,2	894	2,8	819	2,0	760	2,1	685	2,1
Ústecký	1 018	3,5	1 080	3,4	1 482	3,7	1 260	3,5	1 115	3,5
Liberecký	1 078	3,7	1 079	3,4	1 364	3,4	1 300	3,6	1 170	3,7
Královéhradecký	1 387	4,8	1 320	4,2	1 736	4,3	1 650	4,6	1 490	4,7
Pardubický	1 431	4,9	1 458	4,6	1 951	4,8	1 690	4,7	1 540	4,8
Vysočina	1 462	5,0	1 534	4,9	1 722	4,3	1 690	4,7	1 350	4,9
Jihomoravský	3 560	12,2	3 900	12,4	5 388	13,3	4 760	13,2	4 040	12,7
Olomoucký	1 459	5,0	1 213	3,8	1 788	4,4	1 650	4,6	1 535	4,8
Zlínský	1 476	5,1	1 422	4,5	1 615	4,0	1 580	4,4	1 520	4,8
Moravskoslezský	1 985	6,8	1 778	5,6	2 315	5,7	2 380	6,6	2 140	6,7
Česká republika	29 084^{*)}	100,0	31 526^{*)}	100,0	40 388^{*)}	100,0	36 000	100,0	31 850	100,0

^{*)} V roce 2007 dokončeno 41 650 bytů a zahájena výstavba 43 796 bytů.

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočet

K prognóznímu odhadu počtu dokončených bytů do roku 2010 jsou využity údaje charakterizující tendence vývoje v dokončování a zahajování bytové výstavby po roce 2000 (dokončené byty 2001-2006 a 2005-2006, zahajované byty 2004-2006). Rok 2007 – údaje za ČR je potřebné považovat za výjimečné, ovlivněné několika kroky v bytové politice a také očekáváním daňových změn.

Z odborného odhadu bytové výstavby v letech 2007-2010 především vyplynulo, že by mohlo být reálně v desetiletích 2001-2010 dokončeno kolem 320 tis. bytů. Z prognostických prací založených na zjištění fyzické potřeby bytů na základě projekcí obyvatelstva a domácností a s přihlédnutím k dalším reprodukčním faktorů vyplývá, že by bylo potřebné v dlouhodobějším výhledu, např. 2001-2015 dosahovat vyššího počtu dokončovaných bytů, zhruba v rozsahu 42-45 tis. bytů. ročně. Do roku 2010 nebude takového počtu dosaženo. Údaje za poslední roky však ukazují, že bytová výstavba po roce 2010 se může požadovanému počtu dokončovaných bytů přiblížit. I když v této práci se nezabýváme zjištěním důvodů dosud nízkého pokrytí potřeby bytů, je potřebné upozornit, že meziregionální rozdíly a disparity jsou hodnoceny na nižší úrovni, než by měla být a jsou touto skutečností nepochybně ovlivněny. Z odborného odhadu vývoje počtu dokončených bytů do roku 2010 uvedeného v tabulce vyplývá, že je třeba počítat s prohloubením stávajících rozdílů mezi kraji. Pomalejší vývoj je patrný v Olomouckém, Zlínském, Karlovarském, Královéhradeckém i Plzeňském kraji. U hl. m. Prahy, Středočeského a Jihomoravského kraje se jeví bytová výstavba 2007-2010 (v návaznosti na léta 2001-2006) jako faktor posilující pozici těchto krajů na úseku bydlení. Rozdíly v bytové výstavbě prozatím nepřerůstají do značných rozměrů. Jsou však již dosti patrné. Na druhou stranu je potřebné uvést, že bytová výstavba není jediným faktorem úrovně bydlení. Nižší výstavba bytů v některém kraji může být zčásti nahrazena větším snížením úbytků bytů (rychlejší rozvoj rekonstrukce bytového fondu), relativně větší přeměnou části neobydlených bytů na trvale obydlené a dalšími faktory zefektivnění procesu bydlení.

6 ÚBYTKY BYTŮ A NEOBYDLENÉ BYTY V KRAJÍCH ČR 2001-2006 A PŘEDPOKLAD DO ROKU 2010 - 2015

Úbytky bytů a neobydlené byty, které jsou z hlediska údajové základny a roční evidence velmi obtížným, leč nutným faktorem a předmětem rozboru meziregionálních disonancí jsou dalším potřebným krokem v prognózní úvaze.

Propočet úbytků bytů v období 2001-2006 a 2001-2010 podle krajů se opírá především o zjištěný rozsah a vývoj v období 1991-2001, o posouzení vlivu stáří a věkové skladby bytového fondu a s ní spojené rekonstrukce bytového fondu k roku 2005. Pouze pomocně bylo přihlédnuto k evidenci zrušených bytů⁷. Modelace úbytků bytů se sestávala ze dvou kroků: a) posouzení výše úbytků za ČR celkem při 4% a 5%. Do krajů bylo rozvržení provedeno výchozím úbytkem za ČR 4% z počtu trvale obydlených bytů k 1.3.2001 a u krajů se přihlédlo ke kohortní analýze podle stáří bytového fondu a pravděpodobnosti úbytku v daném období podle logistické křivky⁸. Byty však nejen dožívají, ale také se spojují, zůstávají dočasně neobydlené, mění svou funkci. To lze však těžko přesněji zachytit a proto se jeví nejlepší metoda logické úvahy a odborného odhadu podílu.

Odhad krajských relací tak byl současně propojen s propočtem vyjadřujícím podíl úbytků na počtu dokončených bytů. Úbytky bytů vycházely z celostátní míry úbytků jako poměru mezi velikostí úbytku a počtu trvale obydlených bytů ve výchozím roce hodnoceného období (rok 2001). Byly zvoleny výchozí hodnoty 0,5% a 0,4%. Pro ČR tak představují k roku 2006 115 tis. bytů (0,5%) resp. 92 tis. bytů (0,4%), analogicky k roku 2010 191,4 tis. bytů resp. 152 tis. bytů (Tabulka č. 10).

⁷ Průměrná evidovaná roční výše zrušených bytů se pohybuje za ČR celkem pouze mezi 1200-2200 byty, v jednotlivých krajích jsou takto podchyceny jen desítky, maximálně stovky bytů. Úbytky zjištěné ve sčítáních lidu, domů a bytů jsou daleko vyšší.

⁸ Pozn.: Byty opouštějí soubor bytového fondu v různém stáří a s různou pravděpodobností. Pravděpodobnost úbytku je minimální po dokončení objektu, potom mírně stoupá a v intervalu okolo průměrné životnosti objektu roste nejrychleji.

Tab. č.10: Odhad úbytků bytů v letech 2001-2006 a 2001-2010

ČR, kraj	Počet trvale obydlených bytů k 1.3.2001	Úbytky bytů (odhad) 2001-2006		Úbytky bytů (odhad) 2001-2010		% úbytků	
		var 0,5%	var 0,4%	var 0,5%	var 0,4%	var 0,5%	var 0,4%
Hl. m. Praha	496,9	14,0	11,0	23,5	18,4	0,47	0,37
Středočeský	413,1	14,9	12,4	25,0	20,6	0,6	0,5
Jihočeský	231,3	6,9	5,6	11,6	9,4	0,5	0,4
Plzeňský	209,0	6,3	5,0	10,4	8,4	0,5	0,4
Karlovarský	115,9	2,8	2,1	4,6	3,5	0,4	0,3
Ústecký	321,9	7,7	5,8	12,9	9,7	0,4	0,3
Liberecký	161,8	4,8	3,9	8,1	6,5	0,5	0,4
Královéhradecký	204,5	6,1	4,9	10,2	8,2	0,5	0,4
Pardubický	182,9	6,6	5,5	11,1	9,1	0,6	0,5
Vysočina	179,8	6,5	5,4	10,8	9,0	0,6	0,5
Jihomoravský	404,9	13,4	10,9	22,5	18,2	0,55	0,45
Olomoucký	230,6	6,9	5,5	11,6	9,2	0,5	0,4
Zlínský	204,8	6,1	4,9	10,2	8,1	0,5	0,4
Moravskoslezský	470,2	11,3	8,5	18,8	14,0	0,4	0,3
Česká republika	3 827,7	114,8	91,8	191,4	152,0	0,5	0,4

Zdroj: vlastní výpočet

Propočet úbytků za kraje je nutně zjednodušen, avšak uchovány jsou tendence, které na výši úbytků působí. Celkově lze předpokládat, že velké rozdíly, které se vyskytovaly v úbytcích předchozích desetiletí se při následujícím sčítání v roce 2011 neprojeví.

Při porovnání úbytků bytů dosažených výše uvedeným způsobem s počtem dokončených bytů za období 2001-2010 byly zjištěny dosti podstatné rozdíly⁹ (Tabulka č.11)

⁹ Úbytky podle varianty 0,4% míry za ČR

Tab. č.11: Podíly úbytků bytů z počtu dokončených bytů 2001-2006 a 2001-2010

ČR, kraj	Počet dokončených bytů		Úbytky bytů		Podíl úbytků a počtu dokončených bytů (%)	
	2001-2006	2001-2010	2001-2006	2001-2010	2001-2006	2001-2010
Hl. m. Praha	29,3	54,0	11,0	18,4	37,5	34,1
Středočeský	29,7	56,3	12,4	20,6	41,8	44,4
Jihočeský	11,2	20,0	5,6	9,4	50,0	47,0
Plzeňský	11,3	20,2	5,0	8,4	44,2	41,6
Karlovarský	3,8	6,9	2,1	3,5	55,3	50,7
Ústecký	6,1	11,1	5,8	9,7	95,0	87,4
Liberecký	5,6	11,7	3,9	6,5	60,0	59,6
Královéhradecký	8,3	14,9	4,9	8,2	59,0	55,0
Pardubický	8,6	15,4	5,5	9,1	63,9	59,1
Vysočina	8,8	15,5	5,4	9,0	61,4	58,1
Jihomoravský	21,4	40,4	10,9	18,2	47,2	60,1
Olomoucký	8,8	15,3	5,5	9,2	62,5	60,1
Zlínský	8,9	15,2	4,9	8,1	55,0	53,3
Moravskoslezský	11,9	21,4	8,5	14,0	71,4	65,4
Česká republika	174,5	318,8	91,8	152,0	52,6	48,0

Zdroj: vlastní výpočet

Některé podíly úbytků z dokončených bytů jsou zejména v období 2001-2006 příliš vysoké (Ústecký a Moravskoslezský kraj), což může být důsledkem výkyvu v dokončených bytech v průběhu let 2001-2006. Pokud v těchto krajích dojde k většímu oživení bytové výstavby, může se v letech 2007-2010 podíl snížit. Rozdíly však i tak zůstávají mezi kraji dosti vysoké.

Počet neobydlených bytů v roce 2001 (SLBD) byl velmi vysoký – 538,6 tis. bytů. Bylo by nejenom žádoucí, ale patrně po roce 2000 vznikají také i objektivní podmínky působící ke snížení tohoto počtu. Snížení však nebude enormní. Jak vyplynulo z důvodů neobydlenosti, většina z nich působí ve smyslu uchování neobydlenosti i v dalších letech.

Byl proto zvolen odborný odhad snížení počtu neobydlených bytů v období 2001-2006 a 2001-2010 v menším rozsahu pouze zhruba 10 % z celkového počtu neobydlených bytů (54 tis. bytů). V propočtech za jednotlivé kraje byl za základ vzat podíl neobydlených bytů v období 1991-2001 a vycházelo se z předpokladu, že desetiprocentní snížení se uskuteční v souladu s těmito podíly. Vzhledem k tomu, že se nejedná o velké počty bytů – neovlivní vybavenost domácností byty podstatněji, je toto zjednodušení přípustné. Vliv faktoru neobydlenosti na rozdíly mezi kraji poměřované počty trvale obydlených bytů (v relativním vyjádření) je patrný z údajů v následující tabulce (Tab. č.12).

Tab. č.12: Rozmístění úspor získaných ke snížení neobydlených bytů podle krajů v letech 2001-2006 a 2001-2010 (v tis.)

ČR, kraj	Počet trvale obydlených bytů k 1.3.2001	Rozsah úspor neobydlených bytů		Zvýšení počtu trvale obydlených bytů	
		2001-2006	2001-2010	2001-2006	2001-2010
Hl. m. Praha	496,9	3,3	6,0	500,2	502,9
Středočeský	413,1	5,3	9,5	418,4	422,6
Jihočeský	231,3	2,4	4,2	233,7	235,5
Plzeňský	209,0	2,0	3,6	211,0	212,6
Karlovarský	115,9	0,5	0,8	116,4	116,7
Ústecký	321,9	1,7	3,0	323,6	324,9
Liberecký	161,8	1,5	2,7	163,3	164,7
Královéhradecký	204,5	2,1	3,8	206,6	208,3
Pardubický	182,9	1,6	2,9	184,5	185,8
Vysočina	179,8	1,8	3,2	181,6	183,0
Jihomoravský	404,9	2,8	5,0	407,7	409,9
Olomoucký	230,6	1,5	2,7	232,1	233,3
Zlínský	204,8	1,5	2,7	206,3	207,5
Moravskoslezský	470,2	2,1	3,9	472,3	474,1
Česká republika	3 827,7	30,0	54,0	3 857,7	3 881,7

Zdroj: vlastní výpočet

S připočtením k výchozímu stavu trvale obydlených bytů k 1. 3. 2001 hrubých přírůstků (dokončené byty) a části neobydlených bytů a po odečtení úbytků bytů je možné modelově zjistit počet trvale obydlených bytů k roku 2006 a 2011. Stejnými úkony lze nastínit i výsledné počty bytů včetně neobydlených. Podle modelových propočtů a odborného odhadu se trvale obydlené byty i byty celkem ve vývoji 2001-2006 a 2001-2010 budou více mezikrajsky odlišovat než v dřívějším desetiletí. Těžiště dynamiky rozvoje se pevně usadí v hl. m. Praze a Středočeském kraji. Již dříve zaostávající kraje v rozvoji bydlení své zaostávání v bytovém fondu prohloubí.

Nevelký růst počtu trvale obydlených bytů, který se např. v Moravskoslezském kraji projevil v letech 2001-2006 zejména velmi nízkou bytovou výstavbou, se může změnit jedině zvýšením poptávky po bytech na základě vzestupu pracovních míst, snížení nezaměstnanosti a také snížením emigrace. V podstatě se tímto podává doporučení, které je ovšem potřebné na základě rozboru konkretizovat. Platí i pro slabší kraje s nízkým potenciálem rozvoje bydlení (Ústecký, Olomoucký a Karlovarský především).

7 ZÁVĚREČNÉ POZNATKY A HLAVNÍ DISPARITY

Práci na prognózách fyzické dostupnosti bydlení lze uzavřít souhrnnými ukazateli, které mohou nejlépe vypovídat o rozdílech a meziregionálních disparitách v bydlení v podobě jeho fyzické dostupnosti.

Tab. č. 13: Vybavenost obyvatel a domácností trvale obydlenými byty v roce 2001, 2006 a 2010 podle krajů

ČR, kraj	Počet trvale obydlených bytů na 1 000 obyvatel			Počet trvale obydlených bytů na 100 cenových domácností		
	2001	2006	2010	2001	2006	2010
Hl. m. Praha	425,1	436,4	452,5	90,7	91,2	91,9
Středočeský	368,0	370,7	384,5	89,0	90,3	89,3
Jihočeský	369,9	379,8	390,0	90,5	90,6	91,1
Plzeňský	379,5	391,9	404,3	89,9	90,3	91,1
Karlovarský	380,9	387,7	392,5	87,5	85,9	85,2
Ústecký	392,5	393,4	394,6	90,4	88,4	87,4
Liberecký	377,9	385,1	393,7	89,3	88,1	87,9
Královéhradecký	371,4	379,8	390,9	89,6	89,2	89,5
Pardubický	359,9	369,4	379,6	89,4	88,8	89,2
Vysočina	346,3	361,5	372,3	89,0	87,6	92,9
Jihomoravský	359,0	369,2	379,4	89,4	88,8	90,0
Olomoucký	360,6	368,4	375,2	89,7	88,9	89,0
Zlínský	344,1	356,5	365,0	88,9	89,0	89,8
Moravskoslezský	370,4	380,8	389,9	89,4	89,4	93,3
Česká republika	374,2	383,0	395,0	89,6	89,5	90,0

Zdroj: ČSÚ, vlastní výpočty

Vzhledem k preciznějším údajům o počtu obyvatel než o počtu domácností se propočet vybavenosti obyvatel trvale obydlenými byty jeví mezikrajsky vyrovnanější než stejný ukazatel vybavenosti domácností. Například silný nárůst počtu domácností ve Středočeském kraji se i při předpokládaném značném růstu bytové výstavby a úměrných úbytcích bytů v roce 2010 ve vybavenosti domácností trvale obydlenými byty sníží oproti roku 2006. Bylo však již uvedeno, že při odborných odhadech nelze očekávat výpočet zcela přesných hodnot. Důležité je postizení tendencí. U Středočeského kraje se několikrát potvrzuje rychlý růst kvantitativní i kvalitativní úrovně bydlení.

Údaje o vybavenosti obyvatel a domácností byty se již mohou interpretovat jako souhrnnější vyjádření meziregionálních rozdílů, které v některých krajích přerůstají, resp. se chystají přeměnit na meziregionální disparity neovlivněné objektivními podmínkami, spočívajícími jak v širší ekonomicko-sociální oblasti, tak i v nedostatech v samotném systému bydlení.

Upozornit je potřebné zejména na bytové situace ve Zlínském, Ústeckém a Karlovarském kraji. Vybavenost obyvatel trvale obydlenými byty v Libereckém kraji má např. vzestupnou úroveň, avšak u domácností se projevuje trvalý pokles. Tento nesoulad může skrývat i některé nedostatky, které mohou mít závažnější charakter.

Celkově ovšem údaje o vybavenosti neupozorňují na extrémní rozdíly, takže celkově v oblasti fyzické dostupnosti bydlení není situace hroživá. Svědčí o tom i jiné faktory a vlivy. Běžně se např.

dotvrzuje, že přes vysoký počet neobydlených bytů, nebo přes vysoký podíl bytů sídlištního typu se celostátně ani v jednotlivých krajích neprojevuje akutní nedostatek bytů ve fyzickém vyjádření nebo masovější vybydlenost sídlištních celků. Avšak i pouze prohlubování diferenciace mezikrajská i sociální v bydlení již musí vésti k analýze a aktivnímu zapojení tržních i podpůrně orientovaných administrativních nástrojů.

Z analýz regionálních disparit ve fyzické dostupnosti bydlení z hlediska bytové výstavby plynou významné regionální disparity:

- Kraje, které již v roce 1991, i dříve vykazovaly nízkou úroveň v bydlení ve srovnání s průměrem za ČR si i v období 2001-2010 ponechají toto postavení přesto, že některé z nich mají slušnou intenzitu bytové výstavby.
- Vysoký podíl úbytků z počtu dokončených bytů ukazuje na nízkou efektivnost a spolu s druhými faktory tlačí kraje Ústecký, Moravskoslezský, Pardubický, Olomoucký a Vysočinu do pozice regionálně disparitní.
- Malý podíl rekonstrukce bytových domů z panelů je nebezpečný zejména v Ústeckém, Karlovarském a Moravskoslezském kraji.
- Z odborného odhadu vývoje počtu dokončených bytů do roku 2010 vyplývá, že je třeba počítat s prohloubením stávajících rozdílů mezi kraji. Pomalejší vývoj je patrný v Olomouckém, Zlínském, Karlovarském, Královéhradeckém i Plzeňském kraji.

U krajů s nižší intenzitou zahajované bytové výstavby bude rozsah dokončených bytů v nejbližších třech letech méně příznivě ovlivněn než tomu bude v krajích s relativně vyšší úrovní zahajované výstavby. Oslabit tento vliv by mohla poněkud pouze např. větší přeměna neobydlených bytů na obydlené, snížení úbytků bytů, resp. lepší využití obytné plochy a zejména také čerpání ze zdrojů rozestavěných bytů. Dlouhodoběji ovšem nízká bytová výstavba se téměř vždy projeví v nízké fyzické dostupnosti bydlení a může tak přispět i ke vzniku obzvláště silné regionální disparity.

S ekonomicky intenzivní nebo naopak extenzivní výstavbou a s rekonstrukcí bytového fondu jsou spojeny úbytky bytů. V dosavadním, dlouhodobém vývoji převládala tendence extenzivní, úbytky bytů byly vysoké. Poměr úbytků k bytové výstavbě – počtu dokončovaných bytů zůstává až do současnosti nepříznivý. K hrazení úbytků musí být vynakládán příliš velký podíl nově postavených bytů.

Ve vztahu k vývoji počtu a struktury domácností se ukázalo, že bytová výstavba nepodporuje fyzickou dostupnost bydlení (vybavenost obyvatel bytovým fondem) dostatečně. Ve spojitosti s bariérami finanční dostupnosti to může vést k latentní bytové krizi.

8 POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] DUPAL, J. Rozpracování závěrů o rozsahu rekonstrukce panelových domů a výhledů do roku 2015, ÚRS PRAHA, a.s., Praha, 2006
- [2] FIRBACH, D. et al. Analýza bytové výstavby v územích ČR, 1997-2006. ÚRS PRAHA, a.s., Praha, 2007
- [3] ČSÚ. Statistika bytové výstavby veřejná databáze. ČSÚ – Průmysl stavebnictví – dokončené byty. 1997-2006. Dostupné na: <<http://vdb.czso.cz/vdbvo>>
- [4] DUPAL, J. Rozsah rekonstrukce bytových domů z panelů v hodnocených městech, krajích a ČR z roku 2001 a výhled do roku 2015, Rozvoj bydlení V., Sborník ČSRB, Praha, 2007

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vlastimil Vyskočil, CSc.

Martin FERKO¹, Jan ČESELSKÝ², Petr OTIPKA³

**SOFTWAREVÝ NÁSTROJ ANALÝZ A PREZENTACE VÝSLEDKŮ PROJEKTU O
REGIONÁLNÍCH DISPARITÁCH V DOSTUPNOSTI BYDLENÍ**

Abstrakt

V souvislosti s řešením projektu WD-05-07-3 MMR ČR pro výzkum regionálních disparit v oblasti finanční i fyzické dostupnosti bydlení nastala potřeba zefektivnit práci se značným množstvím získaných dat a vyřešit problematiku prezentování výsledků projektu. Procedura zpracování tabulkových dat do grafické podoby a provádění analýz se v množství potřebných výstupů jevila jako rutinní záležitost a prezentování výsledků v elektronické interaktivní podobě je efektivnější než prezentování tištěných výsledků, jejichž množství by bylo enormní. Využití výpočetní techniky se stalo nezbytnou součástí a nástrojem řešitelského týmu.

Na pracovišti Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Fakultě stavební vznikl postupem času softwarový nástroj pro správu a analýzu dat a pro tvorbu pracovních i finálních výstupů. Nástroj, pojmenovaný názvem „Disparitér“, se stal softwarovou utilitou pro zpracování, analýzu a prezentaci finálních grafických výstupů projektu nejen pro odbornou ale i pro laickou veřejnost.

1 ÚVOD

Na pracovišti Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Fakultě stavební vznikl postupem času softwarový nástroj pro správu a analýzu dat a pro tvorbu pracovních i finálních výstupů. Nástroj, pojmenovaný názvem „Disparitér“, se stal softwarovou utilitou pro zpracování, analýzu a prezentaci finálních grafických výstupů projektu nejen pro odbornou ale i pro laickou veřejnost.

2 APLIKACE

Aplikace „Disparitér“ si klade za cíl zjednodušit opakované procesy analýz a prezentovat výsledky projektu v co možná nejjednodušší a nejsrozumitelnější podobě. Zvolené, tzv. „user friendly“ uživatelské prostředí nabídne uživateli co možná nejpohodlnější práci s daty, bez nutnosti znalosti prostředí MS Excel.

Jak již bylo naznačeno, aplikace je založena na tabulkovém procesoru MS Excel (verze 2000-2003, ve vyšších verzích není utilita zatím testována), v kódu objektového programovacího jazyka Visual Basic for Applications (dále VBA). Samotná databáze je postupně rozdělena do tří modulů – finanční dostupnost, fyzická dostupnost a ceny bytů. Databáze prozatím čítá kolem 5 000 údajů a postupem řešení projektu se bude rozšiřovat a aktualizovat. Databáze a zdrojový kód je zabezpečen administrátorským heslem. Uživatel může pouze generovat grafy a aktualizovat údaje.

¹ Ing. Martin Ferko, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail: martin.ferko.fast@vsb.cz.

² Ing. Jan Česelský, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail: jan.ceselsky@vsb.cz.

³ Mgr. Petr Otipka, Katedra matematiky a deskriptivní geometrie, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 32 4128, e-mail: petr.otipka@vsb.cz.

Uživatel bude moci provést aktualizaci dat utility, a to jak pomocí automatizovaného aktualizacího balíčku, tak pomocí šablony tabulky, kdy si doplní vlastní data (viz dále). Tyto procesy aktualizace budou do aplikace zavedeny v budoucnu pomocí tzv. upgrade (oprava nebo úprava aplikace, provedená pomocí externího souboru již během užívání aplikace).

2.1 Prostředí aplikace

Uživatel se po spuštění aplikace rozhodne, zda chce získat hodnoty ukazatelů řešení regionálních disparit nebo přímo analýzu disparit v podobě již statistických odchylek a koeficientů, či speciální srovnávací mezikrajské matice.

Systém filtrů jednotlivých dílčích složek prvků databáze usnadní jeho .

2.2 Moduly aplikace

Aplikace je rozdělena do modulové struktury. Modulové rozdělení odděluje pracovní postupy a výsledky dle zaměření řešené části projektu.

Prvním modulem se tématicky zabývá Sociologický ústav AV ČR, v.v.i. a jeho předmětem řešení jsou disparity ve finanční dostupnost bydlení. Druhý modul tématicky zaštiťuje tým z Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě, z Fakulty stavební. Tento modul řeší disparity v oblasti fyzické dostupnosti bydlení. Třetí modul tématicky spadá pod Institut regionálních informací, s.r.o. a zabývá se cenami bytů.

Modulové řešení má výhodu v pružnosti úprav a doplňování funkce aplikace. Pomocí technické podpory budou uživateli dodávány balíčky upgrade, které vloží dle potřeb postupu řešení projektu další funkce a moduly, vztahující se k aktuálním dílčím cílům projektu. V budoucnu to bude modul „Potřeby bydlení pro mladou generaci“.

2.3 Zabezpečení

Utilita „Disparitér“ je zabezpečena přístupovým autorizačním heslem administrátora od úrovně programového kódu až po zabezpečení databází a nastavení projektu. Uživatel nemusí znát pozadí aplikace a samotná autorizace není součástí uvítacího okna zjednodušeného rozhraní.

Databáze projektu je rovněž skryta a zabezpečena heslem. Uživateli se exportují pouze zvolené údaje. Uživatelsky vytvořené nové databáze jsou plně zpřístupněny a lze je snadno zálohovat.

2.4 Výkon

Během vývoje aplikace došlo úpravě výkonu a rychlosti procesů. Aplikace detekuje nejkratší možnou cestu k nalezení ukazatele v databázi, dále se snaží aplikace zvolit optimální nastavení velikost okna v rámci rozlišení obrazovky PC. Zobrazení grafů také podléhá proceduře zjištění počtu prvků, jestli jsou shodného typu a jsou pak vloženy do jednoho nebo více grafů.

2.5 Instalace

Při vložení CD do mechaniky se zobrazí úvodní okno s možností zobrazení manuálu programu nebo spuštění samotné aplikace. Jelikož je aplikace založena v prostředí MS Excel, není samostatně bez tohoto prostředí spustitelná.

Při prvním spuštění utility „Disparitér“ bude uživatel požádán o vložení aktivačního klíče, který bude přiložen u dodaného CD. Tento klíč odemkne aplikaci a klíč uloží. Bude vázán na PC, ve kterém byla provedena instalace a program v sobě ponese informaci, že může být jednou zkopírován na jiný počítač.

Aktivační klíče jsou generovány administrátorem, jehož kontakt je v případě problémů uveden v úvodním okně.

2.6 Nastavení

Uživatel si může v nastavení zvolit základní možnosti, které se spustí při každém startu aplikace, jako je zvukové oznámení dokončených procesů, interaktivní nápověda a nápovědné animace, resetování seznamů po startu. Dále je možnost nastavit si optimální velikost okna a písma. V nastavení si uživatel může aktivovat detekci rozlišení po startu aplikace a okno bude optimálně přizpůsobeno obrazovce. Tato detekce je funkční pod operačním systémem Windows XP 32 bit. Pokud tato detekce selže díky nekompatibilitě s operačním systémem, uživatel tuto volbu může zrušit v úvodním listu souboru MS Excel odškrtnutím políčka „Detekuj rozlišení po startu“.

2.7 Interaktivní nápověda

Uživatel má k dispozici okno aktivní nápovědy. Nápověda se snaží vést každý krok vedoucí k dosažení požadovaných výstupů. Nápověda je doplněna grafickou barevnou signalizací ovládacích prvků, které by měl uživatel právě použít. Všechny tyto doplňky lze deaktivovat.

3 AKTUALIZACE DAT

Jelikož je projekt pětiletý, je nutno postupně doplňovat časovou řadu o nová data a zpřesňovat výsledky. Tyto aktualizace budou řešeny formou aktualizací balíčků (tzv. update⁴) v rámci technické podpory administrátora.

Balíček bude dodán uživateli ve formě nového souboru, rovněž vytvořeném v prostředí MS Excel, který uživatel jen spustí a vše potřebné se provede zcela automatizovaně.

Aktualizační balíček vyhledá aplikaci a vloží do ní nový řetězec dat. Systém seznamů prvků pro filtraci je flexibilní a tyto seznamy se automaticky obnoví a doplní. V rámci projektu budou data aktualizována průběžně až do roku 2011. Služba aktualizace dat ukončením projektu může pokračovat

3.1 Vkládání vlastních dat

Jelikož utilita „Disparitér“ provádí analýzy a zobrazuje grafy, které by uživatel chtěl aplikovat na vlastní pořízená nebo upravená data, je potřebné nabídnout uživateli možnost vlastní aktualizace a práci s vlastními daty. Tyto data se mohou týkat prvku modelu, který utilita neřeší, ať už se to týká finanční, či fyzické dostupnosti.

V připravovaném prvním upgrade programu bude přidán modul aktualizace databáze vlastními daty. V úvodní obrazovce se zobrazí nové tlačítko „Vlastní aktualizace databáze“ a aktivováním tohoto příkazu se otevře nové dialogové menu. Uživatel může postupovat několika způsoby aktualizace.

První jednodušší způsob vygeneruje samostatnou prázdnou šablonu tabulky v MS Excel. Tuto tabulku uživatel vyplní vlastními daty (vkopíruje je), pokud ovládá základy MS Excel (funkce kopírovat-vložit) a znovu při spuštění „Disparitéru“ mu příkaz aktualizace položí dotaz, zda může data z externí upravené tabulky převzít.

Druhý způsob pracuje s libovolnou tabulkou ve formátu MS Excel. Procedura detekuje tabulku a dle potřeby provede transformaci sloupec-řádek, řádek sloupec. Uživatel bude dotazován na špatně detekovatelné (nebo chybně zadané) názvy krajů a manuálně tyto konfliktní případy přiřadí odpovídajícím sloupcům. Zároveň může upravit názvy ukazatele.

Uživatel si také může zvolit, jestli chce svá data přidat do stávající či v minulosti již vytvořené databáze (třeba v případě, že doplnil data za další roky v časové řadě) nebo vytvoří novou databázi. Při vytvoření nové databáze bude při spuštění modelu uživatel tážán, se kterými daty bude pracovat.

⁴ Update je balíček aktualizací programového kódu, který po spuštění otevře cílovou aplikaci a provede v něm změny, nebo nahradí původní kód novým.

Opět je prioritní jednoduché a laicky pochopitelné uživatelské rozhraní s potřebou minimálních znalostí práce na PC.

4 POPIS SPUŠTĚNÍ A ZADÁVÁNÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ

Při spuštění aplikace musí uživatel v systému MS Excel povolit makra, popř. snížit zabezpečení maker minimálně na střední úroveň s nutným restartem MS Excel. Při spuštění aplikace se zobrazí úvodní okno se stručnými informacemi o projektu a s kontakty na technickou podporu. Pokud je aplikace spuštěna poprvé, bude po uživateli požadován aktivační klíč.

Aplikace detekuje optimální velikost okna (pokud je tato volba povolena v nastavení).

Na okně aplikace jsou tři záložky, v první jsou prvky úvodního okna - moduly, v druhém jsou zobrazeny stručné informace o projektu a ve třetím jsou možnosti nastavení aplikace. Další záložky se zobrazují v závislosti na postupu práce v aplikaci.

4.1 Moduly

Na úvodním okně si uživatel volí modul projektu, tj. „Finanční dostupnost bydlení“, „Fyzická dostupnost bydlení“ a „Ceny bytů“. V průběhu řešení projektu se v tomto okně objeví další nové moduly, které pokryjí aktuální potřeby řešitelského týmu a zároveň přinesou další výstupní sestavy pro odbornou i neodbornou veřejnost.

Každý modul v sobě skrývá samostatné submoduly, které již spouští jednotlivé procedury analýz a zobrazování dat. V konkrétním případě modulu „Finanční dostupnost bydlení“ jsou to submoduly „Finanční dostupnost bydlení v jednotlivých krajích“, „Disparity ve finanční dostupnosti bydlení“ a „Srovnávací mezikrajská matice“. Moduly a submoduly jsou zavedeny ve VBA kódu jako „frame“- rámeček a „commandbutton“-příkazové tlačítko.

Po zvolení submodulu je uživatel přesměrován do nové záložky okna s názvem „Výběr ukazatele“.

Obr.1: Uživatelské prostředí utility „Disparit“ – záložka s výběrem ukazatele

4.2 Vstupní údaje

V záložce „Výběr ukazatele“ uživatel postupně vybírá a filtruje ukazatele, které chce zobrazit ve výstupní sestavě. Při aktivaci této záložky aplikace zjistí, zda již byla prováděna nějaká procedura nebo aplikace spouští modul v této sekci poprvé. Pokud se tak děje poprvé, aplikace resetuje a znovu načte seznamy (tzv. listboxy). Děje se tak v rámci maximalizaci výkonu a rychlosti procedur aplikace. Uživateli se zobrazí načítací okno a vyzývá jej k trpělivému čekání.

Je-li v nastavení povolena interaktivní nápověda a nápovědná animace, tak se po prvním spuštění zobrazí barevné animované zvýraznění ovládacích prvků, na které by měl uživatel poprvé zaměřit svou pozornost.

Výběr a filtrace ukazatele začíná volbou časového období dat. Buď si uživatel volí jeden rok nebo celé časové období. Pro některé submoduly je povolena volba pouze jednoho roku, protože metodicky není možné zobrazit vybrané ukazatele v časové řadě. To se týká především submodulu „Srovnávací mezikrajské matice“, kdy lze v tabulce zobrazit vzájemné porovnání hodnot ukazatelů v krajích jednoho roku.

Při označení roku v seznamu může uživatel spustit tlačítko filtrace a v dalších seznamech se přefiltrují prvky ukazatele, které náleží tomuto roku. Prvky ukazatele, které nemají v tomto označeném roce žádný údaj, se nezobrazí. Tento systém postupné filtrace je zaveden u každého seznamu voleb. Pokud uživatel tlačítko filtrace nestiskne, může dál volit prvky ukazatele v dalších seznamech, přefiltrování se provede automaticky na závěr volby finálního ukazatele, ale tady může bez postupného filtrování dojít k situaci, že uživatel navolí jednotlivé prvky v kombinaci, která neexistuje.

Např. u volby typu domácnosti uživatel označí hlavu rodiny důchodce, partnera důchodce a počet dětí 2, neprovede po každé volbě filtraci, tak při proceduře tvorby grafů dojde k přerušení procesu, protože kombinace „důchodce+důchodce+2 děti“ neexistuje.

Uživatel může filtrovat prvky v obou směrech (i zpětně). Po každém filtrování se v prostředním seznamu (s názvem „Hotová kombinace ukazatele“) zobrazí všechny plné kombinace prvků, platné právě k této a předešlé provedené volbě. V tomto seznamu může uživatel zvolit jeden nebo více hotových kompletních prvků a rovnou může provést generování výstupní sestavy. Když bude zvoleno více hotových kombinací prvků, každý bude mít vygenerovaný vlastní graf. Uživateli se nabízí možnost, generovat sloučené grafy pro všechny hotové kombinace prvků. Pro tento účel slouží tzv. „Fronta vybraných prvků“. Tato fronta je dalším seznamem (listboxem), do kterého lze vkládat právě hotovou kombinaci prvků a uživatel tak může začít volit a filtrovat další novou kombinaci prvků. Fronta může být upravována a pročišťována.

Je-li si uživatel jist, že má vybrány všechny potřebné kombinace prvků, může přejít k volbě územní jednotky. Ukazatele můžou být generovány pro jednotlivé kraje, krajská města nebo za celé území České republiky. Výstupní sestava může být generována pro všechny tři typy územních jednotek současně. Podmínkou je, že data za tyto územní jednotky musí existovat.

Po volbě územní struktury si např. v submodulu „Disparity ve finanční dostupnosti bydlení“ uživatel volí typ výpočtového ukazatele disparit – směrodatnou odchylku⁵, variační koeficienty⁶ nebo rozdíly od hodnoty ČR.

⁵ Směrodatná odchylka je míra statistické disperze. Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru. [1]

Na závěr volby těchto vstupních údajů uživatel aktivuje generování výstupní sestavy pomocí vybraného ukazatele – u finanční dostupnosti bydlení to jsou ukazatele regulovaného nájmu, tržního nájmu, „lending multiplier“ a „price-to-income“ ukazatelů.

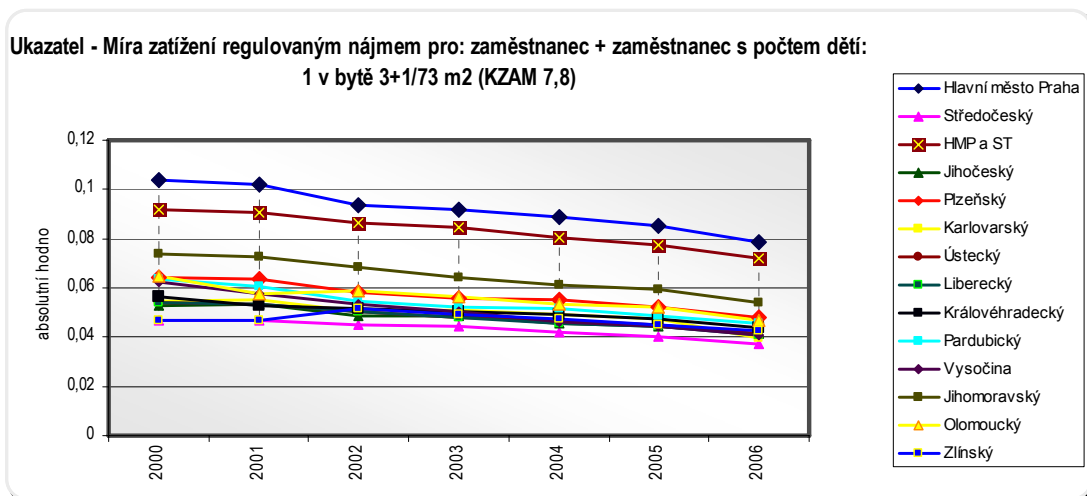
4.3 Výstupní sestava

Aplikace zjistí, ve kterém seznamu byly zvoleny prvky a provede celkovou filtraci a tvorbu celkové výstupní tabulky ukazatelů. Pro tyto ukazatele detekuje nejvhodnější grafy. Pro ucelené časové řady vytvoří grafy přímkové, pro jednoleté ukazatele generuje grafy sloupcové.

Grafy jsou uloženy do nového externího souboru MS Excel, jestli už byl tento soubor vytvořen, tak jsou grafy a tabulky vkládány do něj. Pokud uživatel opakuje nebo se vrací zpět k práci s výběrem ukazatelů, již hotové grafy v tomto externím souboru zůstávají v jednotlivých listech. Navíc se tyto listy v názvech barevně shodně označují, uživatel tak ví, který byl právě poslední provedený úkon. Soubor s generovanými grafy a tabulkami se aktivuje a aplikace zobrazí zmenšené okno s dalšími volbami úprav. Uživatel může zvolit jiný přepočtový ukazatel a provést generování grafu znovu, nemusí tak opakovat celou volbu prvků od počátku. V dalších úpravách může uživatel zobrazit jen některé kraje nebo krajská města. V okně úprav je možné vrátit se zpět na úvodní okno aplikace „Disparitér“. Ukázky výstupů jsou na obr.2-6.

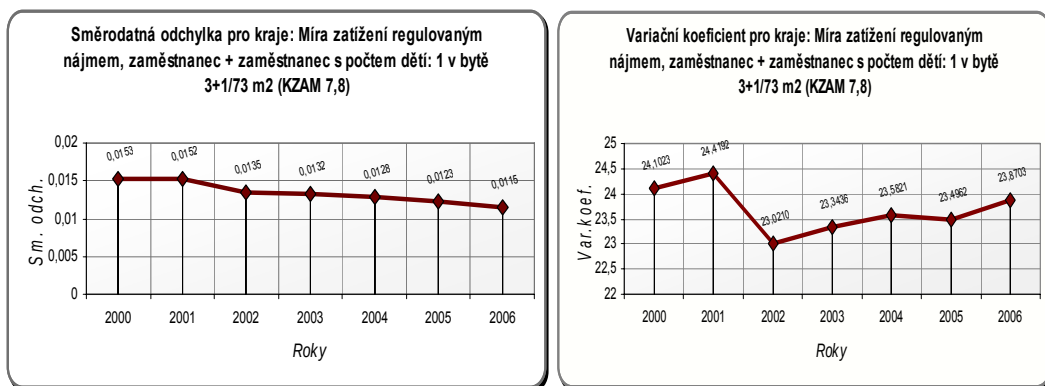
5 DALŠÍ VÝVOJ

V následujících letech se bude utilita „Disparitér“ dále rozvíjet. V rámci řešení projektu nastanou nové potřeby využití automatizovaných procesů, které bude možno snadno do aplikace zavést a zároveň bude zapotřebí prezentovat nové typy výsledků. To vše bude prováděno pomocí již zmíněných upgrade a update balíčků aplikace. Nejen řešitelé, ale i koncoví uživatelé budou mít k dispozici kompletní projektový nástroj, který budou moci obsluhovat sami.

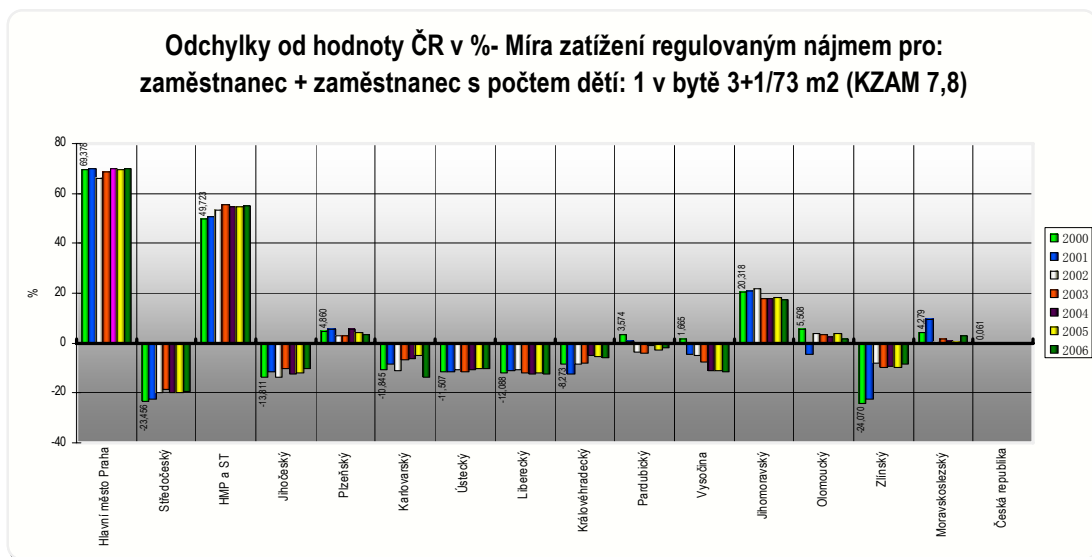


Obr.2: Graf z absolutních hodnot vybraného ukazatele - při volbě jednoho ukazatele ve více letech se detekuje přímkový graf

⁶ Variační koeficient je poměrná míra variability, která porovnává směrodatnou odchylku s průměrem. [1]



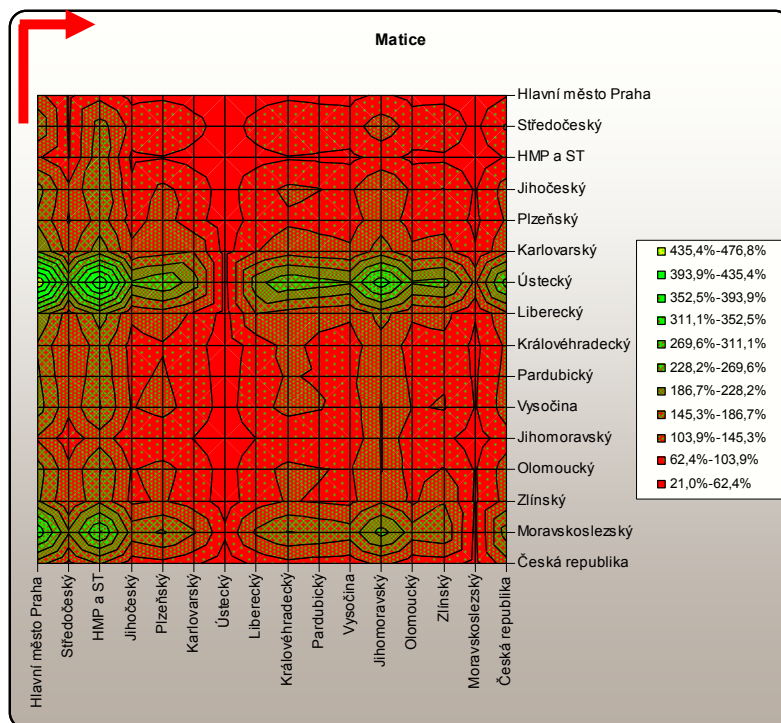
Obr. 3: Graf směrodatných odchylek a variačních koeficientů



Obr.4: Graf odchylek od průměrné hodnoty ukazatele za ČR v %

kraj	Hlavní město Praha	Středočeský	HMP a ST	Jihočeský	Píseňský	Karlovarský	Ústecký	Liberecký	Královéhradecký	Pardubický	Vysočina	Jihomoravský	Olomoucký	Zlínský	Moravskoslezský	Česká republika
Hlavní město Praha	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	2,0730643	
3,409286185	55,9%	91,8%	49,5%	56,0%	43,6%	21,0%	44,4%	55,1%	51,8%	48,5%	71,3%	48,8%	51,7%	28,1%	60,8%	
Středočeský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,905634847	178,9%	55,4%	164,2%	88,6%	100,1%	78,0%	37,5%	79,5%	98,6%	92,6%	86,7%	127,6%	87,3%	92,5%	52,2%	
HMP a ST	3,409286	1,905635	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938		
3,129286556	109%	61%	175%	54%	61%	48%	23%	48%	60%	56%	53%	78%	53%	56%	32%	
Jihočeský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,688130999	202,0%	112,9%	185,4%	71,2%	113,0%	88,1%	42,4%	89,7%	111,3%	104,6%	97,9%	144,0%	98,6%	104,5%	58,9%	
Píseňský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,907691628	178,7%	99,9%	164,0%	88,5%	120,8%	77,9%	37,5%	79,4%	98,5%	92,5%	86,6%	127,5%	87,2%	92,5%	52,1%	
Karlovarský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,487013007	229,3%	128,2%	210,4%	113,5%	128,3%	163,2%	48,1%	101,8%	126,4%	118,7%	111,1%	163,5%	111,9%	118,6%	66,8%	
Ústecký	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
0,715005648	476,8%	266,5%	437,7%	236,1%	266,8%	208,0%	47,8%	211,8%	262,8%	246,9%	231,1%	340,1%	232,7%	246,7%	139,0%	
Liberecký	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,514361435	225,1%	125,8%	206,6%	111,5%	126,0%	98,2%	47,2%	148,2%	124,1%	116,6%	109,1%	160,6%	109,9%	116,5%	65,6%	
Královéhradecký	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,879044719	181,4%	101,4%	166,5%	89,8%	101,5%	79,1%	38,1%	80,6%	93,9%	87,9%	129,4%	129,4%	88,5%	93,9%	52,9%	
Pardubický	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,765112588	193,1%	108,0%	177,3%	95,6%	108,1%	84,2%	40,5%	85,8%	106,5%	100,4%	93,6%	137,8%	94,3%	99,9%	56,3%	
Vysočina	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,652342365	206,3%	115,3%	189,4%	102,2%	115,5%	90,0%	43,3%	91,6%	113,7%	106,8%	80,8%	147,2%	100,7%	106,7%	60,1%	
Jihomoravský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
2,431637707	140,2%	78,4%	128,7%	69,4%	78,5%	61,2%	29,4%	62,3%	77,3%	72,6%	68,0%	146,8%	68,4%	72,5%	40,9%	
Olomoucký	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,66377416	204,9%	114,5%	188,1%	101,5%	114,7%	89,4%	43,0%	91,0%	112,9%	106,1%	99,3%	146,2%	106,0%	106,0%	59,7%	
Zlínský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
1,76366187	193,3%	108,0%	177,4%	95,7%	108,2%	84,3%	40,5%	85,9%	106,5%	100,1%	93,7%	137,9%	94,3%	141,7%	56,3%	
Moravskoslezský	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
0,993800389	343,1%	191,8%	314,9%	169,9%	192,0%	149,6%	71,9%	152,4%	189,1%	177,6%	166,3%	244,7%	167,4%	177,5%	52,1%	
Česká republika	3,409286	1,905635	3,129287	1,688131	1,907692	1,487013	0,715006	1,514361	1,879045	1,765113	1,652342	2,431638	1,663774	1,763662	0,9938	
2,073064288	164,5%	91,9%	150,9%	81,4%	92,0%	71,7%	34,5%	73,0%	90,6%	85,1%	79,7%	117,3%	80,3%	85,1%	47,9%	

Obr.5: Srovnávací mezikrajská matice s procentuálními vzájemnými vztahy



Obr.6: Srovnávací mezikrajská matice v grafické podobě

6 POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] NAVAJO.cz – *Otevřená encyklopedie*, dostupné z < <http://navajo.cz> >, 29.9.2008

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vlastimil Vyskočil, CSc.

Vladimír KOUDELA¹, Jan ČESELSKÝ², Martin FERKO³

ANALÝZA REGIONÁLNÍCH DISPARIT VE FYZICKÉ DOSTUPNOSTI BYDLENÍ

Abstrakt

Bydlení sehrává významnou společenskou a ekonomickou úlohu již v důsledku své existenciální povahy. Bydlení lze považovat za významný faktor, který v podmínkách plynulého (nikoliv skokového) rozvoje přispívá ke snížení disparit regionálního rozvoje (např. prostornější bydlení v symbióze s krajinou zčásti vyrovnává v méně rozvinutých územích nedostatky spojené s obtížnější dostupností a kvalitou služeb občanského vybavení).

Hlavním předmětem zkoumání projektu MMR ČR WD-05-07-3 je dostupnost bydlení a regionální disparity v dostupnosti bydlení, potenciální důsledky vývoje dostupnosti bydlení i vývoje těchto disparit, a konkrétní opatření směřující ke zvýšení dostupnosti bydlení, snížení regionálních disparit v dostupnosti bydlení, a tím i snížení negativních socioekonomických důsledků nízké dostupnosti bydlení a/nebo vysokých regionálních disparit v dostupnosti bydlení. V první fázi projektu jsou předmětem regionální disparity mezi všemi kraji ČR (regiony NUTS 3).

1 ÚVOD

Cílem popsané fáze výzkumu bylo zmapování vývoje i aktuálních regionálních disparit (na úrovni regionů NUTS3) ve fyzické dostupnosti bydlení pro jednotlivé druhy bydlení a právní typy užívání a tím odpovědět na otázky: Jaký byl vývoj ve fyzické dostupnosti bydlení obecně v ČR jako celku a v jednotlivých regionech (na úrovni regionů NUTS 3) v letech 1990 - 2006, jaký byl vývoj druhové skladby bytového fondu v ČR jako celku i v jednotlivých regionech mezi roky 1990 – 2006, jaké změny nastaly v zastoupení různých právních typů bydlení na celkovém bytovém fondu v ČR jako celku i v jednotlivých regionech, jaký byl vývoj v průměrném stáří bytového fondu v jednotlivých regionech v letech 1990 - 2006? A také jaký byl vývoj v ostatních ukazatelích hodnotících kvalitu bytové fondu (počet pokojů, podlahová plocha) v jednotlivých regionech v letech 1990 - 2006?

Fyzická dostupnost bydlení byla ve výzkumu řešena jako jedna „strana mince“ celkové dostupnosti bydlení, která zahrnuje dostupnost fyzickou a finanční. Otázky fyzické dostupnosti bydlení – jak to vyžadoval projekt – představují nový pohled na obsáhlou a složitou problematiku bydlení. Tento pohled byl v dosavadních analýzách, koncepcích a studiích začasťe implicitně obsažen (Např. Andrle, A., Fakta a úvahy o vývoji osídlení v České republice, Rozvoj bydlení III., Sborník ČSRB, Praha, 2004). Nebyl však tak pregnantně a samostatně vyjádřen, aby bylo možno dosavadních prací bez dalšího metodicky využít.

Tento nový pohled byl – podle znalostí řešitelů – rovněž málo zkoumaný. Na rozdíl od otázek finanční dostupnosti bydlení zjistili řešitelé z dostupné literatury jen některé podmíněně adekvátní a použitelné metodické postupy pro vyjádření a hodnocení fyzické dostupnosti bydlení (Čálová, D., Dostupnost bydlení, Stavitel, 2006). Příčiny jsou patrně v předchozím vývoji problematiky bydlení.

¹ Ing. Vladimír Koudela, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 959, e-mail: vladimir.koudela@vsb.cz.

² Ing. Jan Česelský, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 951, e-mail: jan.ceselsky@vsb.cz.

³ Ing. Martin Ferko, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail martin.ferko.fast@vsb.cz.

V období plánovitého řízení hospodářství byly bydlení a bytová výstavba co do objemu i rozmístění direktivně řízeny, v podstatě „přídělovým“ systémem tzv. komplexní bytové výstavby (KBV), a to jak v sektoru státního vlastnictví (vč. podnikových bytů), tak do jisté míry také v sektoru družstevního vlastnictví. Po změně politických a ekonomických poměrů v 90. letech jednak ještě dozníval systém KBV, jednak státní vlastnictví bytů přecházelo do obecního vlastnictví a jednak se začaly uplatňovat tržní principy (poněkud omezené regulací cen a nájmu). Po patrně nezbytném zjednodušení úlohy tržního mechanismu v bydlení v počáteční fázi ekonomické transformace dochází nyní k vyrovnanějšímu pojetí v rámci potřeby udržitelného rozvoje. To znamená, že i při vhodných podmínkách finanční dostupnosti nejrozumnějších forem bydlení vstupují do hry na jedné straně podněty, na druhé straně omezení nebo limity vázané na fyzickou dostupnost (tedy faktickou existenci bytů vhodného druhu bytů ve vhodných lokalitách) a regionálně diferencované sociálně geografické podmínky.

Pro řešení zadaného úkolu byla vypracována účelová metodika řešení, která vymezila okruh potřebných údajů (indikátorů fyzické dostupnosti), informační zdroje pro zjištění vybraných indikátorů a metody zpracování údajů a vyjádření disparit. Vymezila také pojetí fyzické dostupnosti pro zadaný úkol.

Fyzická dostupnost bydlení byla v daném výzkumu pojata jako množství existujících bytů (v jejich struktuře podle velikosti, stáří apod.) ve vztahu k počtu obyvatel a domácností ve vymezeném území. (v jistém smyslu lze fyzickou dostupnost bydlení interpretovat jako vybavenost obyvatelstva bytovým fondem v určitém území)- kolik a jakých bytů je k dispozici).

Adjektivum „fyzická“ v sousloví „fyzická dostupnost“ vyjadřuje materiální existenci bytů, tříděných podle různých kritérií typologických (druh domu s byty – bytový dům, rodinný dům, počet pokojů, podlahová plocha apod.), substantivum „dostupnost“ vyjadřuje dosažitelnost, možnost realizace bytové potřeby v existujícím souboru bytů, nikoliv prostorovou dostupnost (vzdálenost). Prostorový aspekt je ve fyzické dostupnosti částečně obsažen, ovšem zadanou územní jednotkou – území krajů- se většinou eliminuje.

Dalším cílem rozboru fyzické dostupnosti bydlení byl vývoj a skladba bytové výstavby v ČR jako celku a v jednotlivých regionech mezi roky 1990 – 2006 a rovněž vývoj v modernizaci (rekonstrukci) stávajícího bytového fondu v jednotlivých regionech v letech 1990 – 2006. (O bytové výstavbě pojednává další stať v této publikaci).

Metodické poznámky:

- a) Vyjádření indikátorů fyzické dostupnosti bydlení pro srovnávání mezi kraji nebylo možné v absolutních číselných hodnotách, z důvodů srovnatelnosti bylo nezbytné použít hodnoty vztažené na srovnatelnou základnu počtu obyvatel (tedy jednak počet bytů na 1000 obyvatel nebo počet obyvatel na byt). Poměrové indikátory bytového fondu a bydlení (vztažené na obyvatele) jsou průměry, jakoby území kraje bylo byty rovnoměrně pokryto. To ovšem neodpovídá realitě, byty jsou více či méně koncentrovány v sídlech městského nebo venkovského typu. Struktura osídlení (počet, velikost a rozmístění sídel) tedy významně ovlivňuje dostupnost bydlení (např. Dupal, J. et al: Analýza potřeb rozvoje venkova, ÚRS PRAHA, a.s., 2004).
- b) Pro posouzení fyzické dostupnosti bydlení v krajích je do značné míry charakteristická situace v krajských městech jako regionálních metropolích, ve kterých je soustředěn významný podíl bytového fondu, obyvatelstva a také pracovních míst. Proto byly indikátory bydlení zjišťovány a posuzovány za kraje a též za krajská města.
- c) Zvláštním problémem se při formulaci metodiky ukázal vztah Prahy a Středočeského kraje. Území hlavního města Prahy není krajem, je zvláštní územní jednotkou, její území je jakoby "vyňato" ze Středočeského kraje, který tím oproti ostatním krajům vytváří anomální celek bez administrativního a sídelního centra. Vztahy bydlení ve

sféře předměstského a příměstského bydlení, které se v případě jiných velkých měst uzavírají v rámci jednoho kraje, jsou v případě Prahy a Středočeského kraje závislé na stanovení administrativních hranic Prahy (a tím i "vnitřní" hranice Středočeského kraje). Skutečné vztahy bydliště – pracoviště, bydliště – vyšší občanská vybavenost a tím i realizace potřeby bydlení málo dbají na administrativní hranice, jak o tom svědčí již řadu let probíhající „suburbanizace“ pražského osídlení za hranicemi Prahy na území Středočeského kraje. Základní otázky dostupnosti bydlení jsou v tomto případě logicky řešitelné pouze v přirozeném územním celku středních Čech, tvořeném oběma územními jednotkami. Proto byly indikátory bydlení vyjadřovány a posuzovány i za území „quasikraje“ Praha plus Středočeský kraj.

- d) U indikátoru charakterizujícího vybavenost počtem bytů na 1 000 obyvatel je vybavenost vyjádřena všemi zaevidovanými byty, tj. i byty, které jsou z trvalého užití z určitého důvodu vyloučeny. Informativní hodnota ukazatele „byty celkem“ je proto slabší. Řešitelé si byli vědomi, že nabídka (existence) bytů celkem ve fyzickém vyjádření vykazuje některé interpretační rozpory: jak hodnotit neobydlené byty? Jaká část z nich představuje potenciální rezervu, jaká část se rezervou stát nemůže? (dislokace, neúměrné náklady).

Neobydlené byty⁴, které tvoří součást celkového počtu bytů lze někdy považovat za potenciál pro případnou fyzickou dostupnost, ale současně je možné je hodnotit jako zátěž. Působí negativně na dostupnost bydlení (existují, ale pro bydlení jsou prakticky nedostupné), zatěžují bydlení náklady a zčásti se postupně přeměňují nikoliv na funkční byty, ale na úbytek bytů, který není ani evidován. Indikátor „byty celkem na 1000 obyvatel“ dostupnost bydlení poněkud nadhodnocuje, zejména v případech vyššího podílu bytů neobydlených z důvodů nepoužitelnosti nebo užívání pro rekreaci, které jsou z možnosti bytového užití natrvalo (nebo alespoň velmi dlouhodobě) vyloučeny. Za určitou rezervu pro dostupnost bydlení lze považovat jen byty neobydlené z důvodů přestavby, resp. obydlené přechodně.

V ČR se počet neobydlených bytů trvale zvyšoval, v devadesátých letech minulého století velmi výrazně, o více než pětiletý rozsah bytové výstavby.

Rozboru byly z uvedených důvodů podrobeny trvale obydlené byty (TOB) jako indikátor vybavenosti obyvatel bytovým fondem. O fyzické dostupnosti bydlení (vybavenosti krajů bytovým fondem) více než počet trvale obydlených bytů na 1000 obyvatel vypovídá počet bytů na cenovou domácnost (dále CD), resp. počet CD na byt. Domácnosti jsou totiž reálnými konzumenty bydlení na straně potřeby, zejména v situaci, kdy počty obyvatel klesají, kdežto počty domácností rostou (jak je uvedeno dále).

Zdroje údajů

Zobrazením stavu reálného světa pro daný úkol výzkumu fyzické dostupnosti bydlení byly především soubory statistických údajů, zobrazujících proces bydlení a jeho kvantitativní a kvalitativní atributy na území státu a ve stanovených územních celcích.

Nejúplnější kvantitativní a kvalitativní údaje o bytech a bydlení poskytují sčítání lidu, domů a bytů (SLBD). Výsledky sčítání jsou základním souborem o počtu bytů, jejich druzích (velikosti co do počtu místností a podlahové plochy), jejich obsazení obyvateli podle druhu domácností a počtu bydlících. Nevýhodou použití SLBD jako údajové základny pro rozbor regionálních disparit v zadaném projektu je, že SLBD se provádí v desetiletých periodách a poslední proběhlo v ČR v roce 2001. Přes značnou časovou vzdálenost SLBD od doby řešení úkolu není jiné vhodné údajové základy, která by poskytovala data o bytech na jedné straně a data o bydlících na druhé straně

⁴ METODICKÉ VYSVĚTLIVKY Pramenné dílo ke Sčítání 2001, ČSÚ Praha

Neobydlený byt je byt, ve kterém nebyla hlášena žádná osoba k trvalému nebo dlouhodobému pobytu.

Neobydlený byt – obydlený přechodně, je byt bez trvale hlášených osob, ale využívaný k přechodnému bydlení; většinou se jedná o byt, ve kterém byla sečtena dočasná přítomná osoba (osoby).

v potřebné struktuře. tj. byty podle rozlohy, stáří a dalších charakteristických znaků a bydlící podle typu domácností, počtu členů atp.

Problémem bylo získat údaje pro rozbor z období po roce 2001. To bylo řešeno tak, že údaje o vývoji bytového fondu po roce 2001 byly propočteny ze statistik ČSÚ o bytové výstavbě (především o počtu dokončených bytů). Dále byly propočteny metodami statistické regrese. Pro toto období statisticky nedostupné údaje o některých kvalitativních znacích bytů a o domácnostech či zabydlenosti bytů byly nahrazeny prognózami projekce obyvatel a domácností.

Práce se zaměřily na vlastní zkoumání faktografie o bytech a obyvatelstvu, kdy základními zdroji údajů byly výsledky sčítání lidu, bytů a domů v roce 2001 a 1991.

Použité metody

Při statistické analýze dat byly použity následující statistické metody: výpočet některých základních popisných charakteristik, tj. výpočet aritmetického průměru, směrodatné odchylky a variačního koeficientu. Jako další ukazatelé míry regionálních rozdílů byly zvoleny Giniho koeficient a koeficient β -konvergence/divergence.

Směrodatná odchylka je momentová charakteristika popisující rozptýlenost hodnot statistického souboru kolem aritmetického průměru. Je definována jako odmocnina ze sumy kvadrátů odchylek od aritmetického průměru. Směrodatná odchylka je rovna nule pouze v případech, kdy se všechna data rovnají stejné hodnotě, jinak je její hodnota vždy větší než nula. Budeme-li se tedy například zabývat směrodatnou odchylkou u argumentu počet dokončených bytů na 1000 obyvatel v jednotlivých krajích České republiky, zjistíme, že v roce 1995 dosahovala tato charakteristika hodnoty 0,3, od tohoto roku směrodatná odchylka pořád rostla a v roce 2005 byla rovna 1,3. Z toho můžeme usoudit, že od roku 1995 se rozdíly v bytové výstavbě mezi kraji zvětšují.

Variační koeficient používáme, jestliže chceme posoudit relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru. Počítáme ho, když chceme porovnat rozptýlenost dat skupin měření stejné proměnné s různým průměrem, nebo v případech, kdy se mění velikost směrodatné odchylky tak, že je přímo závislá na úrovni měřené proměnné. Tato charakteristika je definována jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru. Její hodnota bývá udávána v procentech.

Giniho koeficient udává míru nerovnosti distribuce, používá se tedy pro kvantitativní vyjádření nerovnosti v rozdělení u sledovaného argumentu. Je definován jako poměr oblasti mezi skutečnou Lorenzovou křivkou distribuční funkce a křivkou jednotné distribuce, k oblasti pod jednotnou distribucí. Je to číslo mezi 0 a 1, kde 0 odpovídá dokonalé rovnosti ukazatelů a 1 odpovídá dokonalé nerovnosti.

Koeficient β -konvergence/divergence zobrazuje hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu, který měří závislost mezi přírůstkem sledovaného znaku v jednotlivých krajích v daném roce a hodnoty argumentu v předchozím roce. Tento koeficient může nabývat hodnot od -1 do 1. Blíží-li se koeficient korelace hodnotě 1, existuje mezi proměnnými silná přímá lineární závislost, obdobně koeficient korelace blížíci se hodnotě -1 vyjadřuje silnou nepřímou lineární závislost. Naopak, pokud se hodnoty koeficientu korelace blíží nule, říkáme, že sledované proměnné jsou lineárně nezávislé.

Informační zdroje

Naprostá většina literatury a prací je věnována otázkám finanční dostupnosti bydlení. Více k některým aspektům fyzické dostupnosti byly zjištěny tyto prameny

DOC. RNDR. ALOIS ANDRLE, CSC *Obyvatelstvo podle velikostních skupin měst a obcí - Retrospektivní a současný vývoj a předpokládané trendy do roku 2020*,. 64 stran textu, 38 stran tabulek.

DOC. RNDR. ALOIS ANDRLE, CSC *Stabilizace obyvatelstva a bydlení na venkově* ,. 74 stran textu, 14 grafů, 29 přehledů

POLEDNÍK Regionálně uspořádané údaje obsahuje práce: „*Struktura bydlení podle velikostních skupin obcí*“.

Dále bylo vhodné ke zjišťování fyzické dostupnosti bydlení a regionálních disparit čerpat inspiraci z těchto titulů:

ANDRLE, A. – DUPAL, J. – SRB, VL. – KUČERA, M.: *Koncepce a výhledy bydlení – sociální diferenciacie*, Nadace pro výzkum sociální transformace, 1995.

DUPAL, J. ET AL: *Analýza potřeb rozvoje venkova*, ÚRS PRAHA, a.s., 2004.

Elfter Raumordnungsbericht Österreich 2002-2004, ÖROK, Wien, 2005.

HAMPL, M.: *Regionální rozdíly v procesu transformace*, Zpráva o lidském rozvoji, ČR, OSN, 1996.

KLÍMA, J. ET AL: *Bytová výstavba a regionální disparity*, ÚRS PRAHA, a.s., 2007.

PŘÍKRYL, J.: *Jak dál v bytové politice*, Nadace Friedricha Eberta, Praha, 1995.

2 STAV A VÝVOJ VYBAVENOSTI OBYVATELSTVA BYTY⁵

První orientační obraz o bydlení v ČR v roce 2001 poskytují údaje o způsobu bydlení, které ukazují, že sice v tradičně chápaných bytech bydleli téměř všichni obyvatelé, ale nikoli všichni. Přestože podíly ostatního bydlení mimo byty jsou statisticky téměř zanedbatelné nelze zcela pominout, že v ČR bydlelo mimo byty v ubytovacích zařízeních více jak 71 tisících obyvatel, byť to představuje jen 0,7 %. Zcela mimo byty a zařízení bydlelo jen 0,56% obyvatel ČR, ale je to 57, 6 tisíce lidí a téměř 45 tisíc z toho bydlelo v nouzových obydlích. Podíly bydlících mimo byty se regionálně lišily: vyšším podílem v ubytovacích zařízeních kraje Ústecký (0,846), Středočeský (0,798), Zlínský (0,816), naopak s výrazně nižším podílem Jihočeský (0,486) a Praha (0,561). Způsob bydlení dosti zřetelně souvisí se strukturou osídlení, tedy se složením obcí podle počtu obyvatel a se způsobem života a neformálními sociálními vztahy.

Rozbor meziregionálních disparit ve fyzické dostupnosti bydlení uvádíme nejdříve v souhrnném vyjádření podle různých ukazatelů vybavenosti obyvatel a domácností byty.

⁵ Podle metodiky SLBD zahrnuje způsob bydlení

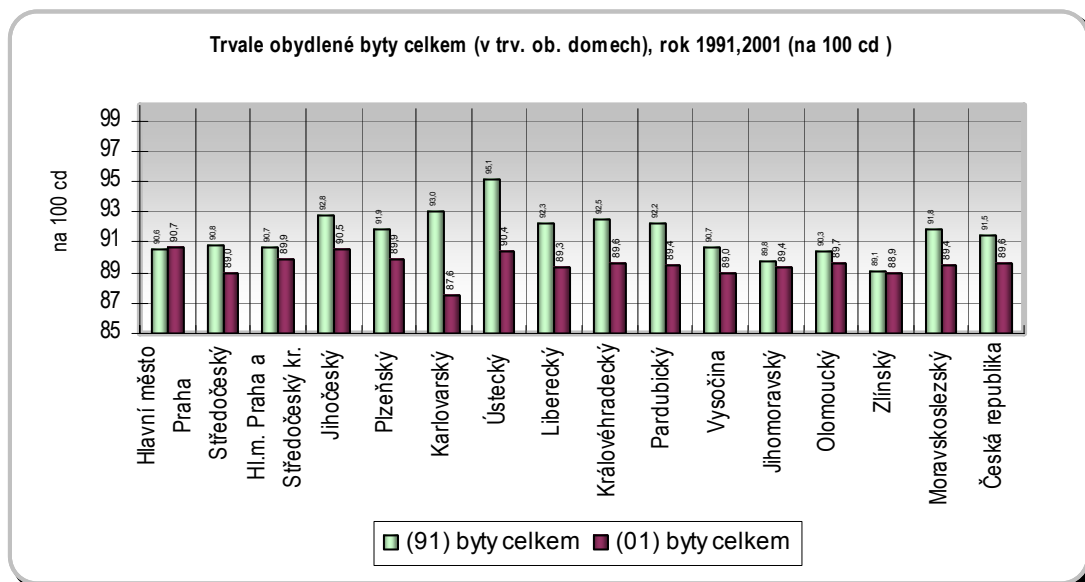
Byt je soubor místností, popřípadě jednotlivá obytná místnost, Nouzové obydlí zahrnuje různá přístřeší, nouzové a provizorní stavby, boudy, sruby, nekolaudovaný dům, který podle rozhodnutí stavebního úřadu svým stavebně technickým uspořádáním a vybavením splňuje požadavky na trvalé bydlení, nouzové ubytování na pracovišti apod. Mobilní (pohyblivé) obydlí je ubytovací zařízení, které může být přepravováno, např. maringotka, obytná loď, karavan. rekreační chalupy, zahrádkářské chaty, rekreační domky. Rekreační chata, chalupa je stavba, která svými parametry odpovídá požadavkům na rekreaci. Patří sem i vyčleněné rekreační chalupy, zahrádkářské chaty, rekreační domky.

Tab.1: Vybavenost obyvatel a cenzových domácností byty 1991 a 2001 podle krajů krajských měst

ČR, kraj, krajské město	Celkem byty na 1000 obyvatel				Trvale obydlené byty na 1000 obyvatel				Trvale obydlené byty na 100 cd				změna ukazatele v %
	1991	pořadí	2001	pořadí	1991	pořadí	2001	pořadí	1991	pořadí	2001	pořadí	
HL.mPraha	425,22	1	471,51	1	408,35	1	425,06	1	90,59	10	90,74	1	0,1
Praha a Středočeský kraj	419,71	2	457,99	2	384,52	2	397,11	2	90,69	1	89,92	4	-1,3
Středočeský	413,7	3	443,9	4	358,52	6	367,49	9	90,81	9	88,99	11	-2
Jihočeský	406,14	7	417,64		354,48	8	369,89	8	92,81	3	90,5	2	-2,5
České Budějovice					379,5		397,71						
Plzeňský	407,27	6	443,95	3	363,74	5	379,51	4	91,9	7	89,9	5	-2,2
Plzeň					392,29		411,74						
Karlovarský	390,29	8	412,32	9	364,71	4	380,86	3	93,03	2	87,55	14	-5,9
Karlovy Vary					390,3		415,23						
Ústecký	418,7	2	437,07	7	375,51	2	392,49	2	95,1	1	90,4	3	-4,9
Ústí nad Labem					390,48		413,38						
Liberecký	410,17	4	441,96	5	365,46	3	377,94	5	92,26	5	89,29	10	-3,2
Liberec					386,23		400,29						
Královéhradecký	407,68	5	438,88	6	358,96	7	371,38	6	92,48	4	89,64	8	-3,1
Hradec Králové					363,48		388,89						
Pardubický	387,31	9	419,2	8	344,87	12	359,92	11	92,2	6	89,42	9	-3
Pardubice					369,44		395,3						
Vysočina	372,68	13	409,13	10	331,23	13	346,36	13	90,72	11	88,95	4	-0,6
Jihlava					354,04		373,2						
Jihomoravský	376,05	11	403,21	11	346,74	10	358,9	12	89,77	13	89,4	12	-1
Brno					390,61		403,34						
Olomoucký	376,12	10	402,66	12	345,81	11	358,12	10	90,33	12	89,66	7	-0,7
Olomouc					369,52		393,41						
Zlínský	359,13	14	388,64	14	328,56	14	346,71	14	89,08	14	88,93	13	-0,3
Zlín					360,54		378,67						
Moravskoslezský	375,7	12	400,66	13	352,82	9	370,55	7	91,82	8	89,44	6	-2,3
Ostrava					384,79		405,34						
Česká Republika	396 76	-	42581	-	3597	-	37416	-	91 46	-	8963	-	-2

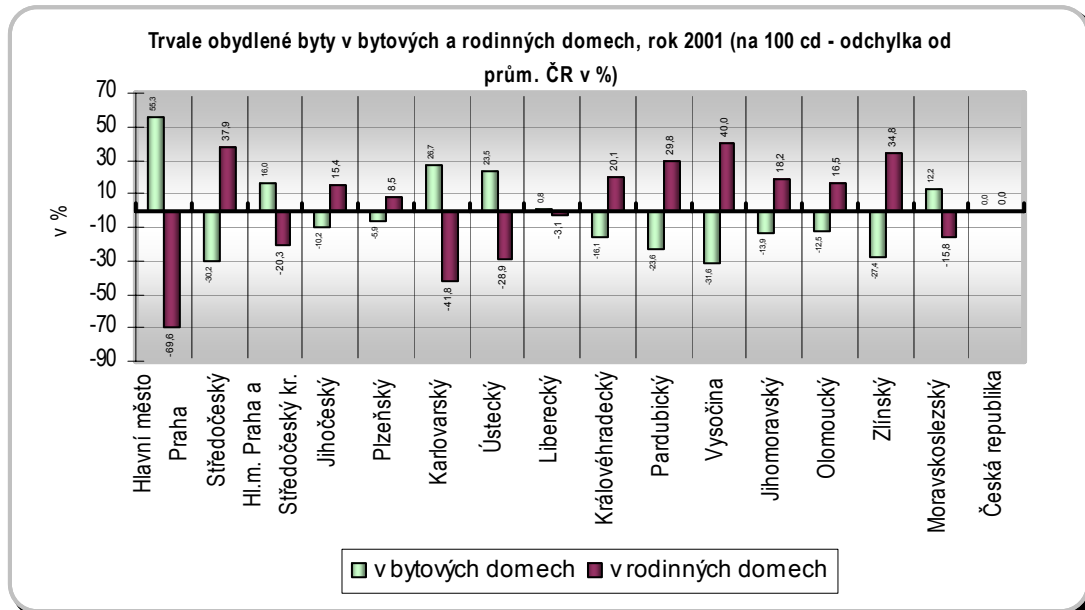
Tabulka dokládá změny v sociálně demografickém vývoji a jejich důsledky pro bytovou situaci: Zatímco počet TOB na 1000 obyvatel v ČR mezi lety 1991 – 2001 vzrostl, počet TOB na 100 CD poklesl. Obdobné tendence byly patrné i krajích. Postavení krajů z hlediska vybavenosti obyvatel resp. domácností byty se v uvedeném období měnilo. Největší pokles v počtu TOB na 100CD o 5,9 procentního bodu byl zaznamenán v Karlovarském kraji, dále pak pokles stejného indikátoru o 4,9 p.b. v Ústeckém kraji, zatím co na úrovni ČR činil pokles 2 p.b. Vývoj v krajích názorně ukazuje následující graf 1a.

Graf 1a: Trvale obydlené byty (TOB) na 100 cenзовých domácností 1991 a 2001 podle krajů



Od roku 1991 do roku 2001 poklesla vybavenost cenзовých domácností ve všech krajích kromě Prahy. Pokles byl velmi výrazný u kraje Karlovarského, Ústeckého, Moravskoslezského. Závažný byl však i mírnější pokles v krajích, které už v r.1991 měly nižší úroveň vybavení, jako kraje Jihomoravský, Zlínský, Olomoucký. Příčiny lze hledat jednak v růstu počtu domácností, jednak v intenzitě bytové výstavby.

Graf 1b: Trvale obydlené byty v BD a RD na 100 cenзовých domácností - krajské odchylky



Zhoršení vybavenosti domácností byty (vyjádřené počtem TOB na 100 CD) bylo důsledkem růstu počtu domácností (domácnosti po rozvodu manželů,, pozdější vstup do manželského nebo partnerského soužití, jednočlenné domácnosti mladých jedinců nebo naopak seniorů.) Štěpení domácností probíhalo v krajích s rozdílnou intenzitou. S výjimkou hl. m. Prahy ve všech krajích se vybavenost domácností byty v letech 1991-2001 snížila. Tam, kde snížení bylo výraznější (Karlovarský, Ústecký, Liberecký, Královéhradecký a Pardubický kraj), projevilo se to v daném kraji v dostupnosti bydlení pro domácnosti nepříznivě. Pokud se přitom jednalo o kraje, kde vybavenost v mezikrajském porovnání byla již ve výchozím stádiu nízká, pocíťoval se pokles intenzivněji. V krajích Ústeckém, Moravskoslezském i Karlovarském byl dopad mírnější. V další části zabývající se vybaveností byty 2001-2006, 2001-2010 se podrobněji k této otázce vracíme.

Grafické zobrazení rozdílů ve vybavenosti cenových domácností trvale obydlenými byty v roce 1991 a 2001 názorně ukázalo i na vývojové tendence v jednotlivých krajích a v seskupení hl. m. Prahy se Středočeským krajem. K nevelkému poklesu došlo v krajích Zlínském, Jihomoravském a Olomouckém, které jsou ovšem na úrovni vybavenosti pod průměrem celostátním (Zlínský, Jihomoravský) nebo jen těsně nad průměrem (Olomoucký kraj).

Tam, kde došlo k většímu zvýšení podílu domácností bez samostatného bytu (tj. výrazná záporná odchylka počtu TOB/100CD od hodnoty 100) lze očekávat i celkové větší zaostávání v dostupnosti bydlení.

Při rozboru se ukázala souvislost vybavenosti domácností a obyvatel byty se strukturou osídlení podle velikostních skupin sídel v krajích a porovnání mezikrajských rozdílů. (Viz např. Andrlé, A., Fakta a úvahy o vývoji osídlení v České republice, Rozvoj bydlení III., Sborník ČSRB, Praha, 2004)

Vybavenost byty roste úměrně s velikostí obcí, avšak dynamika je rozdílná. Rozdíly jsou i v úrovni vybavenosti v jednotlivých velikostních kategoriích ve vztahu k průměru za ČR celkem.

Tab.2: Počet trvale obydlených bytů na 100 cenových domácností podle velikostních skupin sídel a krajů 2001

ČR, kraj	Velikostní skupina sídel			
	do 2 000	2 001 - 4 999	5 000 - 9 999	10 000 a více
Hl.m.Praha	86,5	87,9	85,8	91
Středočeský	88	88,8	89,7	90,3
Jihočeský	89,5	90,3	91,8	91,1
Plzeňský	88,5	90,9	90,6	90,9
Karlovarský	84,1	88	89	88,7
Ústecký	88	88,5	91,2	91,4
Liberecký	87,6	89,8	88,7	90,3
Královéhradecký	88,9	89,4	90,8	89,9
Pardubický	88,4	89,6	90,3	90,2
Vysočina	89,3	91,3	90,5	91,1
Jihomoravský	87	87,1	88,7	90,6
Olomoucký	88,3	87,5	91,4	91,1
Zlínský	85,9	87,7	89	90,6
Moravskoslezský	87,2	88,2	83,4	90,8
Česká republika	87,9	88,7	90,1	90,7

Nad průměrnou úrovní vybavenosti ve všech velikostních kategoriích sídel byly v roce 2001 kraje: Jihočeský, Plzeňský, Ústecký a Vysočina. Pod průměrnou úroveň v kategorii s 5 000-9 999 obyvateli se dostávaly kraje Středočeský, Liberecký, Jihomoravský, Zlínský a Moravskoslezský. Nejvíce na postavení kraje v bytové vybavenosti ovšem působí vybavenost

v kategorii měst s 10 000 a více obyvateli. Zde se pod průměrem za ČR ocitají kraje: Karlovarský, Královéhradecký, Pardubický, Středočeský, v menší míře i kraj Jihomoravský a Zlínský.

Vstupní, souhrnnou charakteristiku na základě ukazatelů vybavenosti domácností a obyvatel byty lze tímto uzavřít. Její význam pro rozbor (podrobnější) jednotlivých faktorů, které na výslednou vybavenost rozdílně působí spočívá v tom, že poslouží jako určitý etalon při jejich hodnocení v období 1991-2001 a následně i pro období 2001-2006 a 2001-2010.

V jednotlivých krajích je třeba vycházet z potřeby bydlení ve vazbě na vývoj počtu a skladbu cenových domácností, tj. z dynamiky růstu počtu domácností a dynamiky poklesu velikosti domácností. Obě tyto vývojové tendence působí ke zvýšení poptávky po bytech.

3 ZMĚNY VE VÝVOJI PRŮMĚRNÉ VELIKOSTI DOMÁCNOSTÍ A SKLADBĚ DOMÁCNOSTÍ PODLE DRUHU 1991-2001

Vývoj obyvatel (přírůstek) 2001-2006 a tudíž i odraz tohoto procesu v domácnostech znamená oproti období 1991-2001 zvrát v hl. m. Praze a zejména ve Středočeském kraji. V těchto krajích v letech 2001-2006 a 2001-2010 bude platit jiná, růstová tendence. Svědčí o tom také již v roce 2001 vysoký počet domácností jednotlivců v hl. m. Praze. Nadprůměrné podíly domácností jednotlivců byly v roce 2001 také v krajích Karlovarském, Ústeckém a Libereckém. Opět zde však může sehrávat významnou úlohu lokalizace imigračních přírůstků v letech po roce 2001.

Rozbor počtu obyvatel a počtu domácností z hlediska vlivu na rozvoj bydlení (tj. možné větší rozdíly v mezikrajském porovnání až potenciální regionální disparity) je třeba ukončit charakteristikou podle velikostních skupin obcí.

Z rozboru vyplynulo, že v období 1991-2001 se zvýšil podíl obyvatel v obcích do 2 000 obyvatel ve všech krajích s výjimkou krajů Jihočeského a Vysočina. Pouze v kraji Vysočina se zvýšil počet obyvatel ve městech s 10 tisíci a více obyvateli. Vysoké počty a podíly obyvatel a domácností s 10 tis. a více obyvateli zůstávají i v roce 2001 v Moravskoslezském, Ústeckém a Karlovarském kraji, pochopitelně i na území hl. m. Praha. V krajích s vysokým podílem obyvatel a domácností v obcích do 2 000 obyvatel byl dlouhodobě rozvoj bydlení pomalejší. To neznamená, že v kratším období relativní posun části obyvatelstva a domácností do venkovských území krajů není opodstatněný, například v rámci využití rezervy neobydlených bytů, která jak vyplývá z dalšího rozboru se zde více nacházejí.

Významným a v relativně kratší době působícím faktorem na rozvoj bydlení a také na meziregionální rozdíly v oblasti bydlení je migrační faktor. Projevuje se v růstu nebo poklesu počtu obyvatel podle salda stěhování obyvatel. Děje se tak rozpoznatelně i na úrovni krajů. V přirozené měně obyvatel, která má dlouhodobý, jen zvolna se měnící, průběh změn, je ovšem i tak fixována značná územní diferenciací. Území s bilančními úbytky podle přirozené měny obyvatel tvoří větší souvislé oblasti v Čechách, menší na Moravě.

Rozbor vývoje bytového fondu v období 1991-2001 byl proveden v podobě ukazatelů bytů celkem a trvale obydlených bytů. Rozdíl mezi nimi představuje neobydlené byty. Tyto sehrávají při zjišťování regionálních rozdílů až disparit významnou úlohu v potenciálně kladném, ale i záporném působení.

Tab.3: Počet a přírůstky bytů v období 1991-2001 podle krajů

	Počet bytů celkem (tis)		Přírůstek k 1991-2001 v %	Počet trvale obydlených bytů (tis.)		Přírůstek k 1991-2001 v %	Počet trvale obydlených bytů (tis.)		Přírůstek k 1991-2001 v %	Podíl neoydlených bytů 2001 v %
	1991	2001		1991	2001		1991	2001		
ČR, kraj										
Hl. m. Praha	516,3	551,2	6,8	495,8	496,9	0,2	20,5	54,3	64,9	9,8
Středočeský	458,4	498,3	8,7	397	413,1	3,5	61,4	85,2	38,8	17,1
Praha a Středočeský	947,7	1 049,50	7,7	892,8	910	1	83,9	139,5	66,3	13,3
Jihočeský	253	279,9	11,1	220,8	231,3	4,7	32,2	48,6	42,9	17,4
Plzeňský	227,4	244,5	7,5	203,1	209	2,9	24,3	35,5	46,1	14,5
Karlovarský	117,8	125,5	6,5	110,1	115,9	5,2	7,7	9,6	24,7	7,6
Ústecký	345,2	358,5	3,8	309,6	312,9	1	35,6	45,6	28,1	12,7
Liberecký	174,7	189,2	8,3	155,4	161,8	4,1	19,3	27,4	42	14,5
Královéhradecký	225,4	241,7	6,8	198,4	204,5	3,1	27	37,2	37,8	16,5
Pardubický	197	213,1	8,2	175,4	182,9	4,3	21,6	30,2	39,3	14,2
Vysočina	194,3	212,7	9,5	172,6	179,8	4,2	21,7	32,9	51,6	15,5
Jihomoravský	427,4	454,4	6,3	394,3	404,9	2,7	33,1	49,5	49,5	10,9
Olomoucký	241,5	257,5	6,6	222,4	230,6	3,7	19,1	26,9	37,9	11,1
Zlínský	214,4	231,2	7,8	196,1	204,8	4,4	18,3	26,4	43,6	12,3
Moravskoslezský	482	508,6	5,5	452,6	470,2	3,3	29,4	38,4	30,6	8
Česká republika	4 077,20	4 366,30	7,1	3 705,70	3827,7	3,3	371,5	538,6	45	12,3

Počty bytů celkem vzrůstaly rychleji než trvale obydlené byty v důsledku obzvláště velkého vzestupu počtu neobydlených bytů. Neobydlenost se výrazně zvýšila ve všech krajích. Více než na 1,5 násobek vzrostla v hl. m. Praze, o téměř polovinu v Jihomoravském kraji a o více než polovinu v kraji Vysočina. Ve středočeské oblasti (Praha a Středočeský kraj činil růst 66,3 %). Nejméně, zhruba o čtvrtinu se zvýšil počet neobydlených bytů v Ústeckém a Libereckém kraji. Rozdílná dynamika vývoje je prvním upozorněním na závažné důsledky jež jsou s neobydleností spojeny. Na jedné straně se hromadí rezervy, na druhé straně velký růst neobydlených bytů ukazuje na jisté nedostatky v bytové ekonomice, na narůstání problémů ve využití bytového fondu.

Podle ukazatele trvale obydlených bytů se přírůstky bytů 1991-2001 koncentrovaly do krajů Karlovarského (5,2 %), Jihočeského (4,7 %), Zlínského (4,4 %), Pardubického (4,3 %), Libereckého (4,2 %) a do kraje Vysočina (4,2 %).

Velmi nízké relativní přírůstky bytů 1991-2001 byly naopak v hl. m. Praze (0,2 %)*), Ústeckém (1,1 %), Jihomoravském (2,7 %) a Plzeňském kraji (2,9 %).

Mezi kraji s vyšším relativním přírůstkem obyvatel chybí kraje s nízkou vybaveností obyvatel a domácností byty: Královéhradecký, Pardubický, Jihomoravský. V těchto krajích se difference s ostatními kraji prohloubily. V Plzeňském a Olomouckém kraji byl přírůstek jen o málo vyšší než v celostátním průměru a tudíž i zde patrně nedošlo ke snížení rozdílů v úrovni bydlení (vybavenosti obyvatel a domácností) oproti úspěšnějším krajům.

K počtu obyvatel a domácností se vztahuje většina ukazatelů z oblasti bydlení. K charakteristice krajů je potřebné nyní ještě uvést přírůstky (úbytky) obyvatel a přírůstky domácností 1991-2001 jakož i vývoj obyvatelstva do roku 2006.

*) Dlužno podotknout, že velmi nízký přírůstek bytů v hl. m. Praze se po roce 2001 změnil. Svědčí o tom nepřímý růst bytové výstavby a migrační přírůstky v letech 2001-2006.

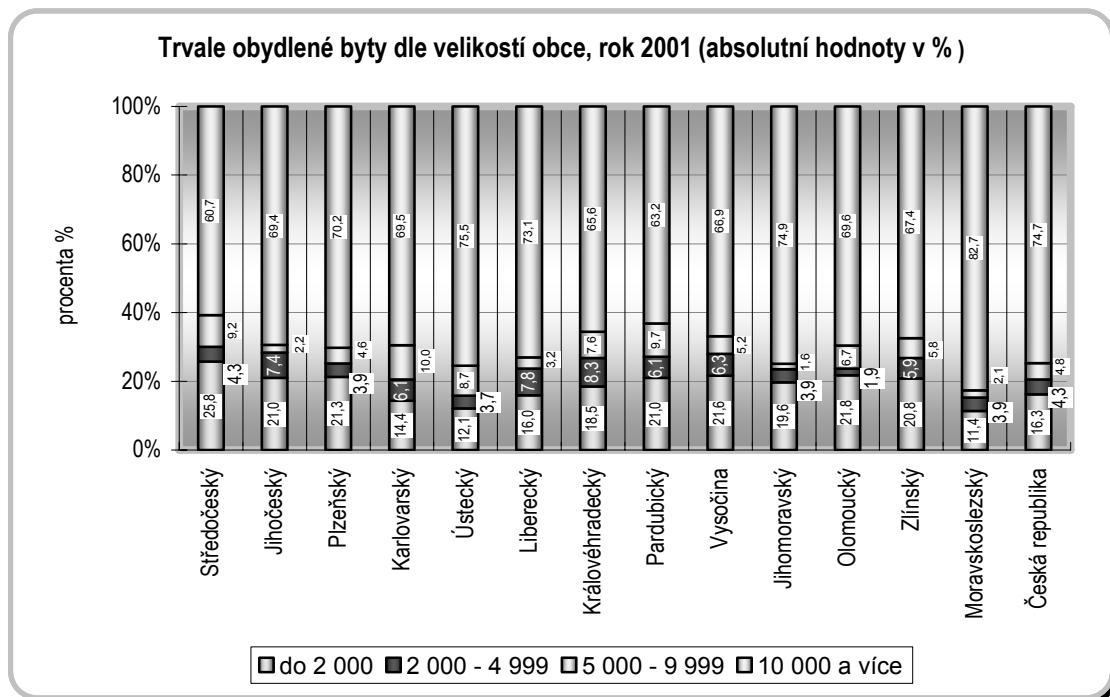
Tab.4: Vývoj počtu obyvatel a cenзовých domácností 1991-2001 (v tis.)

	Počet obyvatel		Přírůstek 1991-2001 v% výchozího stavu	Počet cenзовých domácností		Přírůstek 1991-2001 v% výchozího stavu	Počet obyvatel k 1.1.2007	Přírůstek (úbytek) v% výchozího stavu 2001
	1991	2001		1991	2001			
ČR, kraj								
Hl.m.Praha	1214,2	1169,1	-3,7	547,3	547,8	0,9	1 188,10	1,6
Středočeský	1112,9	1122,5	0,9	439,4	464,2	5,6	1 175,20	4,7
Jihočeský	629,9	625,3	0,4	237,9	255,6	7,4	630	0,7
Plzeňský	558,3	550,7	-1,4	221	232,4	5,2	554,5	0,7
Karlovarský	30,2	304,3	0,8	118,4	132,4	11,8	304,6	0,1
Ústecký	824,5	820,2	-0,5	325,6	356,1	9,4	823,3	0,4
Liberecký	425,1	428,2	0,7	168,4	181,2	7,6	430,8	0,6
Královéhradecký	552,8	550,7	-0,4	214,6	228,2	6,3	549,6	-0,2
Pardubický	508,7	508,3	-0,1	190,3	204,6	7,5	507,8	-0,1
Vysočina	521,7	519,2	-0,5	190,2	199,4	4,8	511,6	-1,5
Jihomoravský	1 136,80	1127,7	-0,8	439,2	455,5	3,7	1 132,60	0,4
Olomoucký	642,8	639,4	-0,5	246,3	257,2	4,4	639,9	0
Zlínský	596,9	595	-0,3	220,2	232	5,4	589,8	-0,9
Moravskoslezský	1283,3	1269,5	-1,1	492,9	524,1	6,3	1249,3	-1,6
Česká republika	10 302,20	10 230,10	-0,7	4 051,60	4270,7	5,4	10 287,20	0,6

Údaje nejdříve potvrzují rozdílný vývoj počtu obyvatel a domácností 1991-2001, který je potřebné respektovat při interpretaci závěrů o vazbách bydlení a demografického vývoje.

Podíváme-li se na bytovou situaci v krajích na základě ukazatele podílu trvale obydlených bytů podle struktury osídlení v roce 2001, zjišťujeme, že nad celostátním průměrem jsou podíly bytů v obcích do 2 000 obyvatel v krajích Středočeském, Olomouckém, Vysočina, Plzeňském, Pardubickém, Jihočeském, Jihomoravském, Zlínském a Královéhradeckém, zatímco kraje Liberecký, Karlovarský a zejména Ústecký a Moravskoslezský měly v roce 2001 tento podíl nízký, pod průměrem za ČR. Podíly bytů ve městech s 10 tis. a více obyvateli jsou zejména s připočtením menších měst ve všech krajích mnohem vyšší než v kategorii do 2 000 obyvatel. Bydlení je z tohoto hlediska především záležitostí a problematikou měst, zejména měst nad 10 tis. obyvatel. V této kategorii budeme odůvodněně analyzovat a zdůrazňovat rozdíly ve vývoji rozdílů až disparit v krajích s relativně vysokými podíly trvale obydlených bytů, tj. v Praze, Moravskoslezském, Ústeckém a Jihomoravském kraji. Avšak i kraje s nižším podílem bytů v kategoriích obcí s 10 tis. a více obyvateli se stávají předmětem zvýšeného zájmu z hlediska vzniku a vývoje regionálních disparit pokud zde dochází (bude docházet) k větším změnám v alokaci bytového fondu v důsledku rychlejšího nebo naopak výrazněji pomalejšího vývoje v důsledku bytové výstavby a rekonstrukce bytového fondu. Máme zde na mysli například Středočeský kraj, jehož „bytová tvářnost“ se rychle mění.

Graf 2: Trvale obydlené byty dle velikosti obcí



Poněkud jiným způsobem, avšak s podobným zaměřením poskytuje informaci skladba trvale obydleného bytového fondu v rozvržení na bytové domy, rodinné domy a ostatní bytové objekty*). Údaje za rok 1991 a 2001 ukazují i nevelké změny, které v této době v krajích nastaly.

*) Podíly bytů jsou v tabulce uvedeny pouze za bytové a rodinné domy.

Tab.5: Skladba trvale obydlených bytů v bytových domech a rodinných domech podle krajů 1991 a 2001 %

ČR, kraj	1991		2001	
	bytové domy	rodinné domy	bytové domy	rodinné domy
Hl.m.Praha	88,05	11,95	87,11	12,89
Praha a Středočeský	67,06	32,94	65,83	34,17
Středočeský	40,87	59,13	40,11	59,89
Jihočeský	51,43	48,57	50,73	49,27
Plzeňský	55,88	44,12	53,45	46,55
Karlovarský	78,32	21,68	74,24	25,76
Ústecký	72,26	27,74	69,71	30,29
Liberecký	60,89	39,11	57,94	42,06
Královéhradecký	49,52	50,48	48,04	51,96
Pardubický	44,47	55,53	43,81	56,19
Vysočina	40,09	59,91	39,28	60,72
Jihomoravský	50,08	49,92	49,09	50,91
Olomoucký	51,41	48,59	49,84	50,16
Zlínský	42,08	57,92	41,63	58,37
Moravskoslezský	65,42	34,58	63,82	36,18
Česká republika	58,5	41,5	56,97	43,03

Podíly bytových domů jsou spojeny zejména s městskou urbanizací, podíly RD zejména s venkovským typem osídlení. V průběhu desetiletí mezi sčítáními nedoznaly podstatných změn kromě krajů Karlovarského, Libereckého a Ústeckého (růst podílu RD). Druh bytového objektu může výrazně ovlivnit modernizaci i zaměření a tempo bytové výstavby. Vzhledem k tomu, že RD představují především typ vlastnického bydlení, existuje vazba na finanční dostupnost, regionálně rozvrstvená.

Poměr zastoupení bytů v rodinných domech a bytových domech bude mít podle předchozího vývoje silnou tendenci se dále udržovat, už s ohledem na vývoj struktury osídlení. Tlak na vznik či prohloubení regionálních disparit nedozná však alespoň do roku 2010 valných změn, kromě okolí větších měst, tyto změny se však v rámci krajů neprojeví.

Závažnější vliv na vznik prohloubení či zmírnění regionálních disparit v bydlení mají změny v počtu a podílu neobydlených domů a bytů celkem.

4 NEOBYDLENÉ BYTY, ÚBYTKY BYTOVÉHO FONDU

Tab.6: Neobydlené domy a byty v % úhrnu domů a úhrnu bytů 1991 a 2001 podle krajů

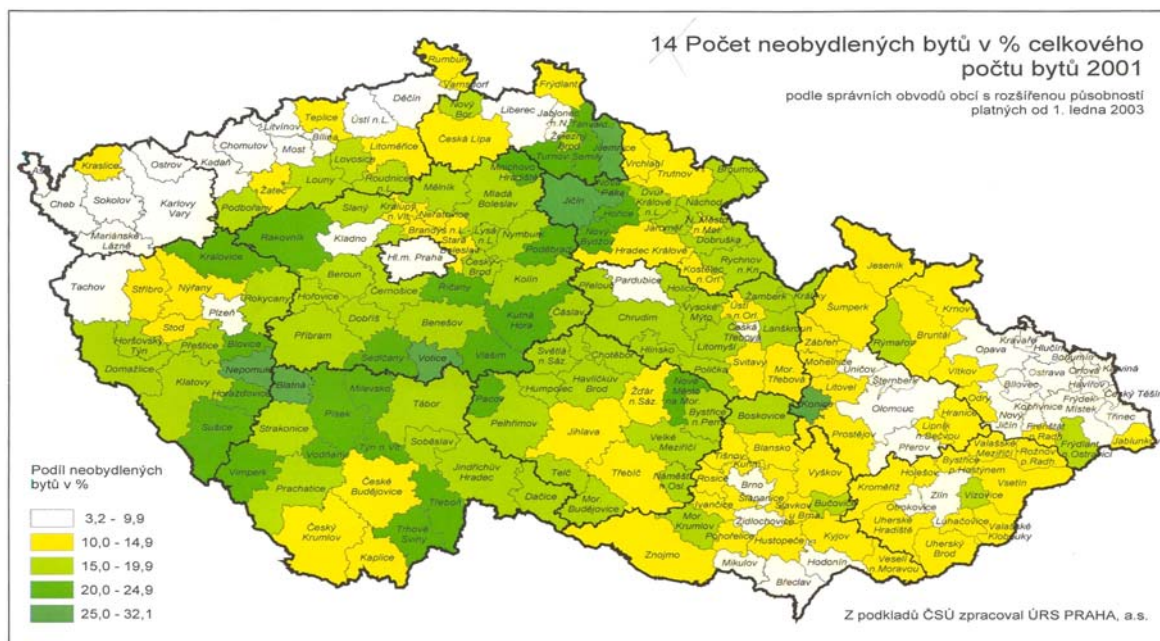
	Neobydlené domy		Neobydlené byty		Podíl neobydlených bytů k 1.3.2001 (ČR = 100)
	k 3.3.1991	k 1.3.2001	k 3.3.1991	k 1.3.2001	
ČR, kraj					
Hl.m.Praha	4,5	6,9	4	9,9	10,1
Středočeský	18,3	22	13,4	17,1	15,8
Praha a Středočeský	-	-	-	13,2	26
Jihočeský	18,7	24,6	12,7	17,4	9
Plzeňský	15,7	20,6	10,7	14,5	6,6
Karlovarský	9,5	10,6	6,5	7,6	1,8
Ústecký	14,6	15,6	10,3	10,2	6,8
Liberecký	18,2	21,8	11,2	14,5	5,1
Královéhradecký	17,8	21,1	11,9	15,4	9
Pardubický	15,6	18,6	11	14,1	5,6
Vysočina	15,2	19,8	11,2	15,5	6,1
Jihomoravský	11,3	13,6	7,7	10,9	9,2
Olomoucký	11,4	12,8	8,1	10,4	5
Zlínský	12,1	14,1	8,8	11,4	4,9
Moravskoslezský	8,8	10,7	6,1	7,5	7,1
Česká republika	14,1	17,2	9,1	12,3	100

Z celkového počtu 538,6 tis. neobydlených bytů k 1.3.2001 v ČR se zhruba ¼ nachází v hl. m. Praze a Středočeském kraji (z toho v Praze 10,1 % a ve Středočeském kraji 15,8 %), bezmála 10 % je ještě v krajích Jihomoravském, Jihočeském a Královéhradeckém. V ostatních krajích se podíly pohybují od 1,8 % (Karlovarský kraj) až po 7,1 %t (Moravskoslezský kraj). V krajích s vysokým podílem na celkovém počtu neobydlených bytů v ČR se řešení problému vysokého počtu neobydlených bytů koncentruje nejvíce. Ukazatel podílu neobydlených bytů v kraji z celkového počtu bytů v příslušném kraji ukazuje na nedostatečné využití bytového fondu. V krajích s vysokým podílem neobydlených bytů z celkového počtu bytů je řešení problému spojeno s možností výsledného vyrovnávání či naopak prohloubení rozdílů v dalších letech*).

Nejvyšší podíly neobydlených bytů z úhrnu všech bytů byly k 1.3.2001 ve Jihočeském kraji (17,4%), dále pak v krajích Středočeském (17,1 %), Vysočina (15,5 %), Královéhradeckém (15,4 %), Plzeňském (14,5 %) Libereckém (14,5 %) a Pardubickém kraji (14,1 %). Uvedené údaje naznačují, že se jedná o kraje s nižší úrovní fyzické dostupnosti bydlení. Středočeský kraj má patrně v důsledku rychlého růstu poptávky po bytech šanci zapojovat více neobydlených bytů a domů do funkčního využití.

K tabulce a grafu za kraje uvádíme ještě kartogram, který znázorňuje jak to vypadá s neobydleností uvnitř krajů. Využívají se k tomu údaje podle správních obvodů obcí s rozšířenou působností.

*) V tabulce jsou uvedeny i podíly neobydlených domů z celkového počtu domů pro srovnání s neobydlenými byty. Tendence v obou podílech se neliší. Ukazatel neobydlených bytů ukazuje relace a zobrazuje situaci přesněji.



Obr.1: Počet neobydlených bytů v % z celkového počtu bytů 2001

Růst počtu neobydlených bytů charakterizuje pouze tendence. O tom, jak velkou zátěž představují neobydlené byty v jednotlivých krajích lze usoudit na základě velikosti jejich podílu na celkovém počtu bytů v roce 1991 a 2001. Poslední dostupný stav vyjadřují údaje ze Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2001. Z hlediska velikosti podílu neobydlených bytů se obzvláště rychlý nárůst neobydlenosti v hl. m. Praze již nejeví tak velkým problémem, ovšem pouze v případě, že nebude nadále progresovat. Mezikrajsky porovnáno je úkol snížení počtu neobydlených bytů velmi závažným problémem ve všech krajích právě proto, že i relativně nízké podíly v Karlovarském a Moravskoslezském kraji a hl. m. Praze jsou vysoké vzhledem k optimální výši, jež se pohybuje v zemích s vyspělou ekonomikou bydlení kolem 4 – 5 % neobydlených bytů z celkového bytového fondu.

Obzvláště vysoké podíly neobydlených bytů byly ve Středočeském a Jihočeském kraji, značně vysoké pak v kraji Královéhradeckém, Plzeňském a Libereckém. V těchto krajích přitom růst neobydlenosti se spíše přibližoval průměru za ČR, nepatřil k relativně nízkým.

Z porovnání vývoje bytů podle ukazatelů byty celkem, neobydlené byty a trvale obydlené byty vyplývá, že je potřebné v rozboru zdůraznit hodnocení trvale obydlených a neobydlených bytů ve vzájemné kontemplaci. Celkové počty bytů bytovou situaci zamlžují, protože vedou k domněnce, že jsou všechny existující byty využity k trvalému bydlení. V krajích s vysokým podílem neobydlených bytů je bytová situace opticky nezdůvodněně nadhodnocena.

Rozdílná skladba neobydlených bytů podle důvodů neobydlenosti může takto hypoteticky stanovené tendence modifikovat. Některé důvody jsou snadnější, jiné obtížnější překonatelné.

Jak ukazuje tabulka č. 7 na důvod „byty obydlené přechodně“ připadá největší podíl neobydlených bytů ve všech krajích. Důvod „byty slouží k rekreaci“ se uplatňuje nejvíce v krajích Jihočeském, Královéhradeckém a Středočeském; nabývá zde zčásti, přitom stále více také charakteru druhého bydlení.

Tab. č. 7 Neobydlené byty podle důvodů neobydlenosti a podle krajů k 1.3.2001

ČR, kraj	Byty neobydlené přechodně	Slouží k rekreaci	Přestavba bytu	Nezpůsobilé k bydlení
Hl.m.Praha	82,03	0,44	12,55	4,98
Středočeský	74,38	8,01	10,82	9,31
Praha a Středočeský	79,94	1,98	11,94	6,16
Jihočeský	72,08	7,76	10,41	9,75
Plzeňský	72,22	6,03	12,11	9,94
Karlovarský	69,36	2,94	18,18	11,52
Ústecký	59,98	2,26	17,19	20,57
Liberecký	70,28	7	11,38	11,34
Královéhradecký	68,94	6,61	12,29	12,16
Pardubický	72,92	4,84	11,06	11,18
Vysočina	74,23	5,1	10,6	10,08
Jihomoravský	83,99	1,27	8,45	6,39
Olomoucký	73,75	2,72	12,05	11,47
Zlínský	86,63	1,98	6,4	4,99
Moravskoslezský	72,81	2,51	11,88	12,8
Česká republika	75,43	3,33	11,7	9,54

Úbytky bytů

Sledování a vyhodnocení úbytků bytů je značně obtížné v situaci, kdy na rozdíl od jiných zemí (např. Coen, H., Severide, P. J., Zavedení registru bydlení v Norsku, Insee/Eurostat, 2001, překlad in Rozvoj bydlení I., Praha, 2002) není v ČR zaveden průběžně vedený registr bytů. ČSÚ provedl v roce 2002 výběrové šetření, zjišťující mj. úbytky bytů. I toto šetření však navazuje na sčítání lidu, bytů a domů v r. 2001. (viz www.czso.cz/csu/2002/edicniplan.nsf/0/41n1-02-2001)

Výběrové šetření bylo provedeno ve všech okresech republiky včetně Prahy a v každém okrese byly vybrány 2 - 4 obce, v nichž došlo k relativně největšímu přírůstku bytů oproti minulému sčítání. Aby mohlo být šetření fyzicky uskutečněno, bylo omezeno na obce s méně než 600 byty, jen výjimečně proběhlo v obci s větším počtem sečtených bytů. V každém okrese bylo provedeno minimálně ve dvou z vybraných obcí podrobné šetření o přírůstcích a úbytcích bytů v uvedeném desetiletí. V každé obci zahrnuté do šetření byly výsledky sčítání bytů 1991 porovnány s výsledky v roce 2001 a u všech zjištěných rozdílů v počtu a obydlivosti bytů byla zjištěna i příčina tohoto rozdílu.

5 ŠETŘENÍ O BYTOVÉM FONDU VE VYBRANÝCH OBCÍCH

Počet vybraných obcí	Počet bytů 1991	Přírůstky bytů		Úbytky bytů	Počet bytů 2001	Čistý přírůstek bytů
		celkem	z toho nová výstavba			
193	42537	16 720	8 605	1 760	57 497	14 960

Šetření bylo provedeno celkem ve 193 obcích, tedy zhruba ve 3 % celkového počtu obcí a bylo do něj zahrnuto 57 497 bytů, což je 1,3 % úhrnu bytového fondu v České republice. V tomto souboru obcí byl zjištěn čistý přírůstek (přírůstky mínus úbytky bytů) ve výši 15 tisíc bytů, představujících okolo 5 % celkového čistého přírůstku bytů mezi sčítáními 1991 a 2001. Údaje

ukazují, že úbytek bytů činil 4,12% ze stavu v roce 1991 a 10,5% z přírůstku bytů v šetřených obcích. Pokud lze výsledky šetření zobecnit, lze pro odhady úbytků bytů v dalším období použít hodnotu okolo 4% z předchozího stavu, resp. okolo 10% z přírůstku bytů. V šetření zjištěný úbytek bytů 20,4 % z nové výstavby se jeví pro zobecnění příliš vysoký.

Právní typ užívání bytového fondu

Struktura bytového fondu podle právního důvodu užívání ukázala, že ve vlastnickém typu užívání (rodinné domy a byty ve vlastnictví) se nacházelo 47 % trvale obydlených bytů. V nájemním užívání bylo 29 %, z toho asi 17 % bytů s nájemným na základě smluv před rokem 1993. V družstevním sektoru to bylo 17 % a 7 % zůstávalo v roce 2001 v užívání podle jiných důvodů.

Skladba se v dalších letech posunula ve prospěch vlastnického bydlení. K roku 2007 je možné předpokládat již silnější převahu vlastnického bydlení nad ostatními formami právního důvodu užití bytů.

Kraje a krajská města se podílejí na bytovém fondu podle právního důvodu užití dosti rozdílně. Města lze rozdělit do dvou skupin. Ke krajům s větším podílem nájemního bydlení patří hl. m. Praha a s větším odstupem Karlovarský, Ústecký a Moravskoslezský kraj. V ostatních krajích jsou podíly nájemního bydlení pod celostátním průměrem. Nejmenší podíly nájemního bydlení lze evidovat ve Zlínském kraji, v kraji Vysočina a Středočeském, Pardubickém, Královéhradeckém, Jihomoravském a Olomouckém kraji. Krajská města mají vyšší podíly nájemního bydlení, avšak existují i případy, kdy se podíly města a kraje téměř shodují (Liberecký, Olomoucký, Zlínský a Pardubický kraj). Naopak některá krajská města mají patrně velký vliv na udržení podílu nájemního bydlení v kraji. (Brno, Plzeň, Ostrava)

Skladbu podle čtyř typů bydlení přibližují tabulky č. 8 a 9.

Tab. č. 8 Skladba bytů podle právního typu užívání v roce 2001 podle krajů (%)*

ČR, kraj	Ve vlastním domě	V osobním vlastnictví	Nájemní	Bytové družstvo
Hl.m.Praha	13,63	13,36	57,22	15,79
Praha a Středočeský	33,64	12,35	40,15	13,86
Středočeský	55,8	11,23	21,25	11,73
Jihočeský	45,04	9,72	28,44	16,81
Plzeňský	41,27	17,95	29,08	11,7
Karlovarský	23,16	27,24	40,68	8,93
Ústecký	27,23	13,95	40,33	18,49
Liberecký	36,93	11,67	31,25	20,15
Královéhradecký	47,05	11,58	25,65	15,73
Pardubický	51,27	12,18	21,36	15,18
Vysočina	56,73	11,94	16,92	14,42
Jihomoravský	47,94	8,41	27,08	16,58
Olomoucký	46,22	13,15	24,31	16,32
Zlínský	54,88	16,11	13,34	15,67
Moravskoslezský	31,8	7,86	39,93	20,42
Česká republika	39,93	12,27	31,82	15,98

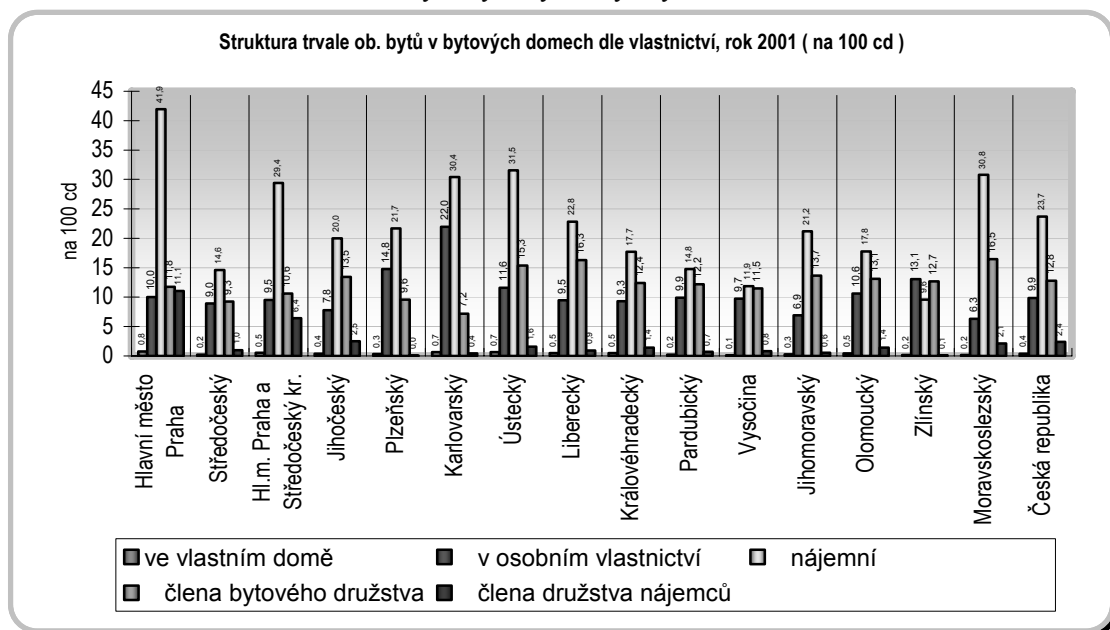
*) Do skladby nezařazen „jiný důvod“. Se započtením se skladba nemění co do relací. (Upřesnění ČR: 36,0, 11,0, 29,0, 17,0, 7,0.)

Tab. č. 9 Skladba bytů podle právního typu užívání k 1. 3. 2001 v krajských městech (%)

Krajské město	Ve vlastním domě	V osobním vlastnictví	Nájemní	Bytové družstvo
České Budějovice	43,44	10,18	23,65	22,73
Plzeň	14,82	34,65	32,06	18,47
Karlovy Vary	23,35	30,15	41,32	5,18
Ústí nad Labem	18,35	31,9	26,89	22,86
Liberec	31,94	15,39	31,27	21,4
Hradec Králové	41,94	10,76	26,34	20,96
Pardubice	40,49	13,52	27,79	18,2
Jihlava	46,88	16,26	20,39	16,46
Brno	18,75	9,13	46,47	25,64
Olomouc	40,38	15,58	28,31	15,73
Zlín	48,55	21,11	15,86	14,48
Ostrava	12,94	6,1	49,44	31,52

O tom jaká je struktura právních důvodů užití bytů v bytových domech v krajích svědčí graf, kde hodnoty jsou přepočteny na 100 cenových domácností. Ukazuje se, že již v roce 2001 byl ve Zlínském kraji nájemní typ užití bytů nižší než byty v ostatních formách, v kraji Vysočina se typy vyrovnávaly ve zhruba třetinové výši.

Graf 3 Struktura trvale obydlených bytů v bytových domech dle vlastnictví



6 KVALITATIVNÍ ZMĚNY V BYTOVÉM FONDU V KRAJÍCH ČR 1991-2001

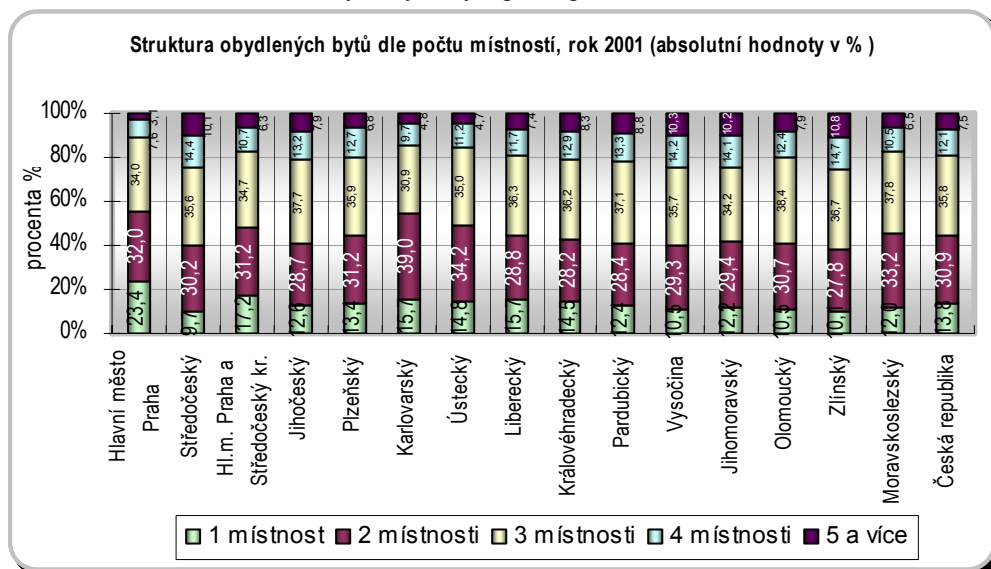
Velikost bytů a jejich zabydlenost

Velikost bytů je možné sledovat a vyjadřovat obytnou plochou bytu nebo počtem obytných místností. Počet obytných místností trvale v bytech roste. Dříve se za „velké byty“ považovaly byty se 3 a více obytnými místnostmi. Kritérium tří pokojů bylo již v současnosti zjevně překonáno, roste počet bytů se 4 i více pokoji. Otázkou je zda tento růst nezakládá současně příliš velké rozdíly mezi regiony a to tak, že v jednom nebo několika se počet místností zvětšuje, v jiném klesá. Také je potřebné odpovědět na otázku zda se při růstu počtu místností nezmenšuje jejich obytná plocha, nevytváří se distorze v užití bytů v různých územích a spolu s tím i v sociální oblasti. Kvalitu bydlení vyjadřuje rovněž počet osob, připadajících na 1 byt.

Tab. č. 10 Struktura trvale obydlených bytů podle počtu místností a podle krajů v přepočtu na 100 domácností 2001

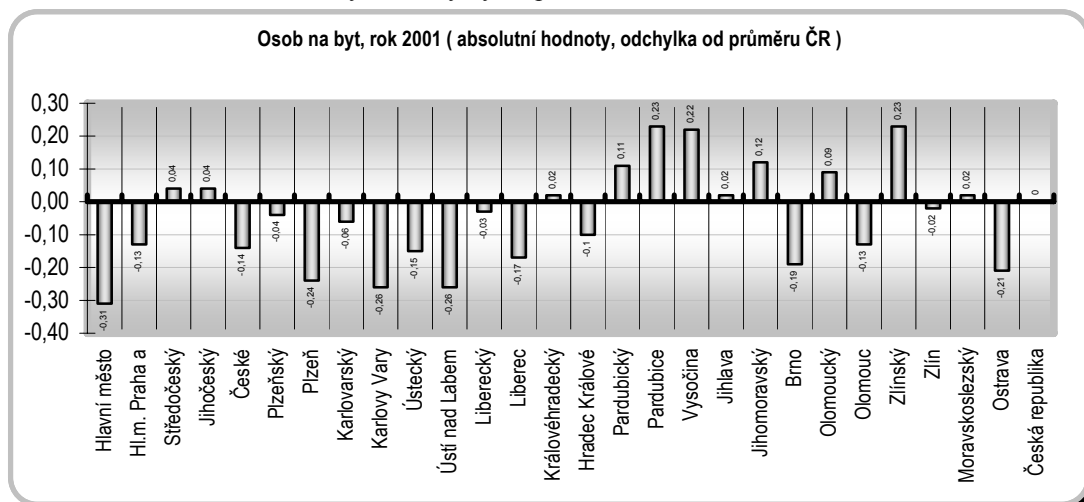
ČR, kraj	Počet místností				
	1	2	3	4	5 a více
Hl.m.Praha	23,41	31,95	33,98	7,56	3,09
Středočeský	9,74	30,2	35,64	14,36	10,06
Jihočeský	12,56	28,73	37,65	13,21	7,86
Plzeňský	13,35	31,23	35,88	12,74	6,81
Karlovarský	15,71	38,98	30,89	9,67	4,75
Ústecký	14,83	34,23	35,04	11,18	4,71
Liberecký	15,74	28,83	36,31	11,73	7,39
Královéhradecký	14,52	28,18	36,17	12,88	8,25
Pardubický	12,43	28,37	37,1	13,32	8,78
Vysočina	10,53	29,28	35,72	14,15	10,33
Jihomoravský	12,21	29,35	34,19	14,05	10,2
Olomoucký	10,54	30,74	38,42	12,44	7,85
Zlínský	10,05	27,82	36,68	14,66	10,8
Moravskoslezský	12,01	33,24	37,82	10,46	6,48
Česká republika	13,77	30,89	35,83	12,05	7,46

Graf 4: Struktura trvale obydlených bytů podle počtu místností



Ve skladbě bytů podle obytných místností se v mezikrajském porovnání velké rozdíly nevyskytují a přepočtení všech místností na 1 byt se vyznačuje až nápadnou vyrovnaností. Ve skladbě pozorujeme rozdíly, které se v souhrnu ztrácejí. V kategorii bytů o 1 místnosti poněkud vybočuje jen kraj Středočeský, v menší míře se ocitají pod celostátním průměrem ještě kraje Zlínský a Vysočina. V Praze jsou byty co do počtu místností poznamenány velkoměstskou skladbou, při níž vyčnívá větší potřeba malých bytů jak z demograficky formované poptávky, tak i ze zvláštností trhu s byty, jenž se pohybuje v extrémních podmínkách atraktivity i většího vlivu spekulativního prostředí. Středně velké byty se 2 – 3 místnostmi se mezikrajsky vyrovnávají a teprve počínají byty se 4, 5 a více místnostmi, se objevují větší podílové rozdíly. I tak se týkají jen několika krajů – Praha, Karlovarský, Ústecký, Liberecký a Moravskoslezský – ve kterých jsou menší podíly velkých bytů. Velké byty jsou přece jen více spojeny s rodinnými domy, a ty jsou zastoupeny více v krajích méně urbanizovaných.

Graf 4b: Počet osob na byt – odchylky od průměru ČR



Jak je tomu s plošnou úrovní bydlení?

Obytná plocha bytů⁶ se značně liší v rodinných a bytových domech. V bytových domech bývá obecně obytná plocha bytu menší a roste pomaleji než v rodinných domech. Spojíme nejdříve obě základní formy bydlení a doplníme údaje o zalidnění bytu (počet osob připadajících na 1 byt a průměrná obytná a celková plocha připadající na 1 osobu). Co se týká obsazenosti bytů, byty v rodinných domech jsou vždy o něco více zalidněny než byty v bytových domech. Také obytná a celková plocha v přepočtu na 1 osobu v celku roste, v rodinných domech ovšem rychleji.

Tab.11: Plošné parametry bydlení podle krajů k 1. 3. 2001

ČR, kraj	Obytná plocha m ² /byt	Užitková plocha/os oba (m ²)	Počet osob/byt	Cenzová domácnost /byt
Hl. m. Praha	43	29	2,3	1,1
Středočeský	54	31	2,7	1,12
Jihočeský	51	29	2,7	1,1
Plzeňský	50	30	2,6	1,1
Karlovarský	46	27	2,6	1,13
Ústecký	47	29	2,5	1,08
Liberecký	49	29	2,6	1,11
Královéhradecký	51	29	2,7	1,11
Pardubický	52	29	2,8	1,11
Vysočina	53	29	2,9	1,1
Jihomoravský	52	29	2,8	1,12
Olomoucký	51	29	2,7	1,11
Zlínský	52	28	2,9	1,13
Moravskoslezský	47	27	2,7	1,1
Česká republika	50	29	2,6	1,11

Mezikrajské rozdíly opět nejsou příliš výrazné. Citlivé jsou ovšem údaje o převisu počtu domácností nad počtem bytů, což je obrácený ukazatel vybavenosti domácností byty. Přesah domácností nebo nedostatek bytů pro domácnosti se vyskytuje nejvíce u Karlovarského a Zlínského kraje, v menší míře v kraji Středočeském a Jihomoravském. U Zlínského kraje zjišťujeme nepříznivé symptomy u všech uvedených ukazatelů, u několika dalších je to převážná většina.

Větší rozdíly se objeví při rozboru obytné plochy na osobu v rodinných a bytových domech podle velikostních skupin obcí a podle krajů.

Údaje za kraje vyjadřují zčásti shodné tendence, zčásti však i tendence opačné. Pak například ve skupině obcí do 2 000 obyvatel jsou údaje za rodinné domy v Jihočeském a Karlovarském kraji s kladnou odchylkou od průměru za ČR, údaje za bytové domy mají minusovou odchylku. Podobně je tomu i v dalších velikostních skupinách. Ve skupině 2 000-4 999 obyvatel je tomu tak u Plzeňského, Karlovarského a Pardubického kraje, ve skupině 5 000-9 999 u Karlovarského a

⁶ **Obytnou plochu bytu** tvoří podlahová plocha obytných místností a část plochy kuchyně, která přesahuje 12 m². V případě bytu, který se skládá z jediné místnosti - obytné kuchyně, tvoří obytnou plochu bytu plocha celé této místnosti. V obytné ploše bytu ani v počtu obytných místností nejsou zahrnuty místnosti bytu vyčleněné k obchodním nebo pracovním účelům (k vykonávání zaměstnání); tyto prostory jsou součástí ostatních prostor bytu.

Celková plocha bytu je součtem plochy obytných místností, kuchyně a ostatních prostor bytu.

Olomouckého kraje a ve skupině 10 000 obyvatel a více u Karlovarského kraje. Existují i opačné relace, tj. pozitivní údaj za bytové domy a nepříznivý za domy rodinné (Jihomoravský, Praha, Pardubický a Královéhradecký). Úkolem v těchto krajích je zjistit příčiny protichůdných tendencí. Oddělené vyhodnocení rodinných a bytových domů v mezikrajském porovnání ukazuje, že celkově jsou údaje za obytné plochy za rodinné a bytové domy podle velikostních skupin sídel méně příznivé v moravských krajích a také v kraji Pardubickém a Karlovarském.

Skladba bytového fondu podle typu materiálu pro výstavbu domu patří ideově rovněž ke kvalitativním znakům bydlení. Ukazuje nejen na životnost staveb, ale také na efektivnost výstavby. U některých stavebních materiálů také na rekonstrukční náročnost a rovněž na rozdílnou energetickou náročnost.

Trvale obydlené byty se podle základních materiálů použitých při výstavbě stěn rozlišují v regionálním pohledu poněkud jiným způsobem než podle velikosti panelové zástavby. Dále je možné poznamenat, že ve všech krajích jiné netradiční materiály prakticky neexistují a nelze je tudíž z hlediska tématu práce hodnotit (dřevostavby).

Tab.12: Skladba bytového fondu podle základních materiálů použitých při výstavbě stěn

ČR, kraj	Trvale obydlené byty v rodinných domech	z toho s materiálem zdi %		Trvale obydlené byty v bytových domech	z toho s materiálem zdi %	
		stěnové panely	cihly, tvárnice, cihlové bloky		stěnové panely	cihly, tvárnice, cihlové bloky
Hl. m. Praha	63 642	1,61	68,3	430 234	47,35	44,02
Středočeský	244 672	1	58,2	163 854	54,42	37,93
Jihočeský	112 739	1,03	54,02	116 060	55,97	37,94
Plzeňský	96 377	0,89	56	110 666	55,91	33,38
Karlovarský	29 461	1,63	50,93	84 889	59,75	29,03
Ústecký	96 743	1,1	41,63	222 594	67,12	23,36
Liberecký	67 108	1,22	55,21	92 460	61,6	27,97
Královéhradecký	104 740	0,97	69,34	96 852	44,82	44,92
Pardubický	101 468	0,68	63,7	79 100	44,1	47,82
Vysočina	108 861	0,71	55,8	69 190	47,47	46
Jihomoravský	203 648	0,64	62,69	198 252	50,24	45,74
Olomoucký	114 537	0,48	62,7	113 799	57,53	36,06
Zlínský	118 925	0,48	76,02	84 285	62,51	33,93
Moravskoslezský	169 210	0,56	78,7	298 495	64,93	32,11
Česká republika	1 632 131	0,84	63,56	2 160 730	55,5	37,23

V rodinných domech se materiál stěn z cihel, tvárnic a cihlových bloků uplatňuje nejvíce v Moravskoslezském, Zlínském, Královéhradeckém kraji, v hl. m. Praze. V ostatních krajích, zejména v Ústeckém a Karlovarském kraji jsou podíly dosti výrazně nižší. V bytových domech se stěnové panely uplatňovaly (stav k 1. 3. 2001) v bytovém fondu nejvíce v kraji Ústeckém, Moravskoslezském, Zlínském a Libereckém. Nízké podíly uplatnění se v roce 2001 projeví v kraji Pardubickém, Královéhradeckém, Vysočina, hl. m. Praze. Naopak využití cihel, tvárnic a cihlových bloků bylo vysoké v Pardubickém, Královéhradeckém kraji, hl. m. Praze, v kraji Jihomoravském a kraji Vysočina. Velmi nízký podíl těchto materiálů přepočteno na celkový počet trvale obydlených bytů v bytových domech byl v kraji Ústeckém, Libereckém, Karlovarském a dostatečně nízký i v kraji Moravskoslezském.

Věková skladba a rekonstrukce bytového fondu

Významným faktorem pro zjištění regionálních rozdílů a disparit v dostupnosti bydlení je stav a vývoj věkové skladby bytového fondu a na tento rozbor navazující rozsah a předpoklady rekonstrukce bytového fondu.

Ve sčítání lidu, domů a bytů byl v ČR zjištěný počet 2 160 730 trvale obydlených bytů posouzen z hlediska stáří domovního fondu a věkové skladby bytového fondu. Kromě bytových domů stárnou i rodinné domy. Byty v rodinných domech představovaly ke dni sčítání 1 632 131 bytů. V ostatních budovách bylo 34 817 bytů. Rekonstrukce spojená s rodinnými domy z hlediska regionálních disparit je však méně náročná, provádí se dosti pravidelně z iniciativy vlastníků. Na regionální disparity má menší vliv. Nejenom stárnutí, ale i opoždění v rekonstrukci bytového fondu spojené s možnostmi vzniku havarijních situací se zdůrazňuje v rozboru stárnutí a rekonstrukce bytového fondu, především pak v rekonstrukci panelových bytových domů. Podíl bytů v panelových, bytových objektech je v ČR vysoký. Odpovídá 55,5 % z celkového počtu trvale obydlených bytů.

V regionálním seskupení se vyskytují kraje s větší či menší naléhavostí a rozsahem rekonstrukce bytového fondu, speciálně pak rekonstrukce bytových domů z panelů.

Tab.13: Trvale obydlené byty podle období výstavby a podle krajů 2001

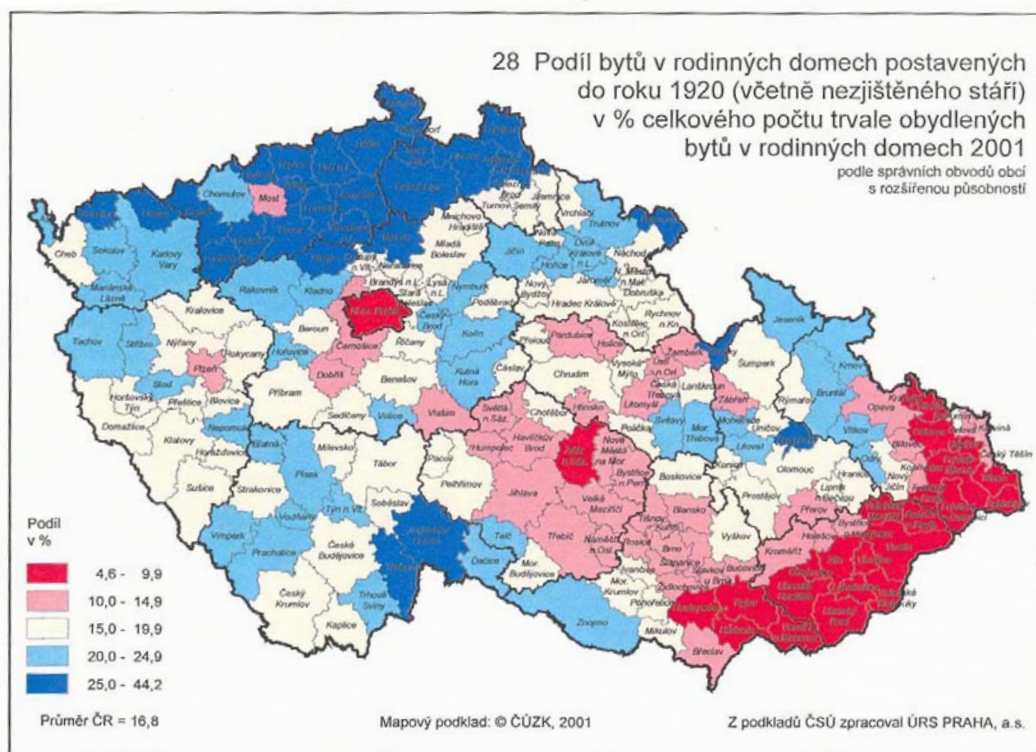
ČR, kraj	Období výstavby				
	do roku 1945	1946-1970	1971-1990	1991-2001	nezjištěno
Hl.m.Praha	37,88	19,87	34,01	1,26	6,97
Praha a Středočeský	33,09	21,87	35,65	1,3	8,09
Středočeský	27,32	24,28	37,62	1,34	9,44
Jihočeský	21,44	24,13	43,97	1,02	9,43
Plzeňský	26,22	25,46	38,84	0,94	8,54
Karlovarský	28,74	33,24	30,19	0,9	6,93
Ústecký	26,05	23,93	42,7	1,22	6,1
Liberecký	32,33	14,3	43,87	1,23	8,28
Královéhradecký	29,42	22,38	38,21	1,09	8,9
Pardubický	22,7	24,82	41,75	0,74	9,98
Vysočina	20,28	25,63	43,53	0,8	9,76
Jihomoravský	26,1	25,02	39,41	0,99	8,45
Olomoucký	24,86	26,6	38,75	0,72	9,07
Zlínský	17,2	31,2	41,62	0,53	9,36
Moravskoslezský	14,5	41,85	36,49	0,56	6,61
Česká republika	25,6	26,31	38,91	0,98	8,2

Tab.14: Trvale obydlené byty podle období výstavby a podle krajských měst k 1. 3. 2001 v %

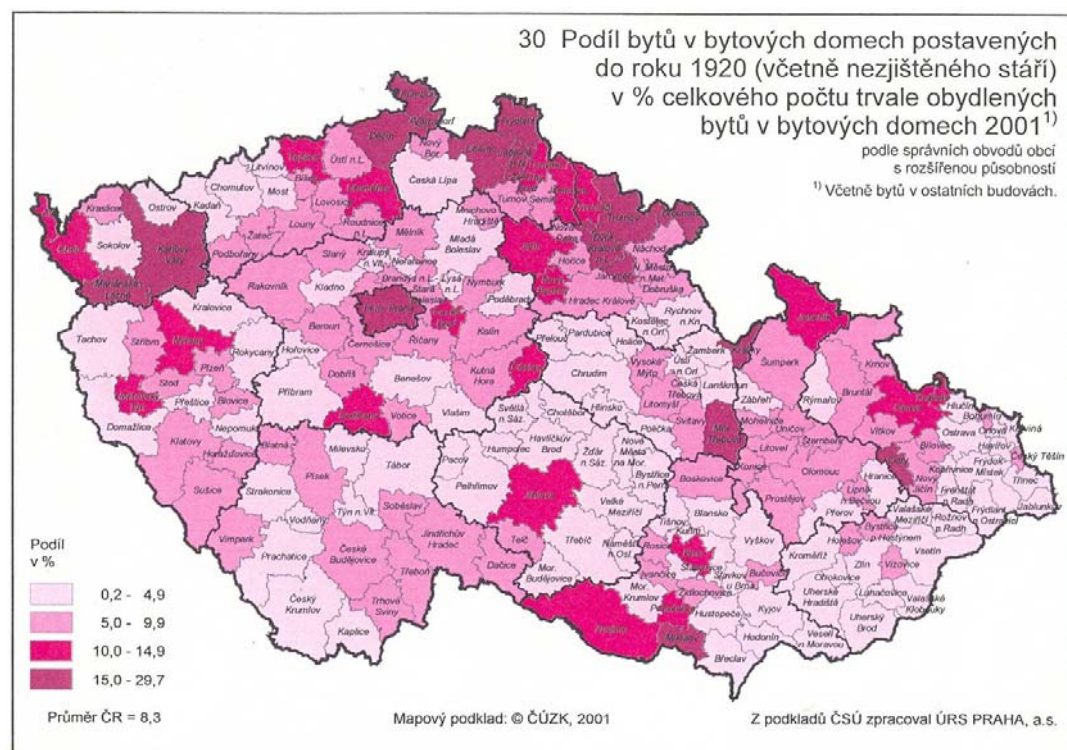
Krajské město	Období výstavby				
	do roku 1945	1946-1970	1971-1990	1991-2001	nezjištěno
České Budějovice	17,68	26,28	46,29	0,8	8,96
Plzeň	23,76	29,3	40,43	1	5,51
Karlovy Vary	36,13	24,12	33,82	0,66	5,26
Ústí nad Labem	19,52	21,55	54,31	1,06	3,56
Liberec	33,9	12,95	45,39	1,53	6,23
Hradec Králové	21,98	28,28	42,18	1,12	6,45
Pardubice	15,14	35,58	41,58	0,71	6,98
Jihlava	21,19	30,57	40,46	0,73	7,05
Brno	32,21	21,08	39,4	1,33	5,98
Olomouc	24,76	26,22	38,41	0,68	9,92
Zlín	20,12	33,0,8	40,43	0,46	5,92
Ostrava	12,32	47,66	33,99	0,67	5,36

Podle věkové struktury se kraje navzájem značně odlišují. Nejvíce o síle nebo naopak slabosti kraje vypovídají dvě období výstavby: do roku 1945 a desetiletí 1991-2001. Hodnocení stáří bytového fondu může být různé podle použitého hlediska. Z hlediska kvality bytů (počtu místností, výměry obytné plochy, lokality apod.) je starší bytový fond zpravidla výhodnější a vyhledávaný. Je však většinou spojen s potřebou modernizace, zejména pokud jde o vnitřní rozvody, způsob vytápění a sanitární vybavení. U rodinných domů je modernizace a náklady na ni záležitostí vlastníků, u bytových domů nájemníků pak záležitostí vlastníků domů. Složitá z hlediska organizace a financování je situace u bytových domů v režimu vlastnických bytů, kde modernizace záleží na shodě společenství vlastníků a jejich aktivitě. U bytového fondu postaveného do roku 1945 však může hrozit úbytek bytů zánikem domů z různých důvodů (zchátralost, celková přestavba území apod.)

Regionálně rozvrstvenou naléhavost modernizace bytového fondu, odvozenou od stáří bytů, znázorňují následující kartogramy.



Obr.2



Obr.3

Vysoký podíl bytového fondu z období roku 1945 je v Praze, v regionu Praha + Středočeský kraj, dále v Libereckém, Královéhradeckém, Karlovarském, a Jihomoravském kraji. Spolu s nízkým podílem postavených bytů v letech 1991-2001 je možné odvodit, že v těchto krajích stárnutí bytového fondu může pokračovat a rekonstrukce je nadále nedostatečná.

Údaje o věkové struktuře bytového fondu za krajská města*) v porovnání s příslušným krajem ukazují, že města České Budějovice, Plzeň, Ústí nad Labem, Hradec Králové, Pardubice, Olomouc a Ostrava mají menší podíl bytů z období výstavby do roku 1945 než kraje a ovlivňují krajské výsledky příznivě. Naopak Karlovy Vary, Liberec, Jihlava a zejména Brno a Zlín se „podepisují“ na krajské věkové skladbě negativně. U některých z těchto měst větší rozsah rekonstrukce bytových domů a růst bytové výstavby po roce 2001 situaci zlepšuje.

Výhodnější věková skladba bytů v bytových domech v přepočtu na 100 cenových domácností je ještě více patrnou v Ústeckém a Plzeňském kraji.

Závěry z analýz fyzické dostupnosti bydlení z hlediska významných regionálních disparit:

- Kraje Ústecký, Moravskoslezský a Karlovarský se ocitly v bydlení na sestupné trajektorii a nebezpečí problémů v dostupnosti bydlení by se mohlo projevit.
- Vysoká a asi přetrvávající neobydlenost se disparitně projevuje v krajích Středočeském, Jihočeském, Plzeňském, Libereckém, Královéhradeckém a Vysočina.

*) Praha je uvedena mezi kraji.

- Vybavenost obyvatel byty vytváří situaci, kterou by bylo možné označit jako regionální disparitu hrozící většími důsledky ve fyzické dostupnosti bydlení v krajích Ústeckém a Moravskoslezském, ve vybavenosti domácností ještě silněji v současnosti také v krajích Karlovarském, Libereckém, Královéhradeckém.
- Vyhodnocení rodinných a bytových domů v mezikrajském porovnání ukazuje, že celkově jsou údaje za obytné plochy za rodinné a bytové domy podle velikostních skupin sídel méně příznivé v moravských krajích a také v kraji Pardubickém a Karlovarském.
- Neobydlenost bytů rostla s různou dynamikou: Více než na 1,5 násobek vzrostla v hl. m. Praze, o téměř polovinu v Jihomoravském kraji a o více než polovinu v kraji Vysočina. Ve středočeské oblasti (Praha a Středočeský kraj činil růst 66,3 %). Nejméně, zhruba o čtvrtinu se zvýšil počet neobydlených bytů v Ústeckém a Libereckém kraji. Rozdílná dynamika vývoje je prvním upozorněním na závažné důsledky, jež jsou s neobydleností spojeny. Na jedné straně se hromadí rezervy, na druhé straně velký růst neobydlených bytů ukazuje na nedostatky v bytové ekonomice, na narůstání problémů ve využití bytového fondu.
- nedostatek bytů pro domácnosti se vyskytuje nejvíce u Karlovarského a Zlínského kraje, v menší míře v kraji Středočeském, Moravskoslezském a Jihomoravském. U Zlínského kraje zjišťujeme nepříznivé symptomy u všech uvedených ukazatelů, u několika dalších je to převážná většina.

Ve vývoji počtu a skladby obyvatel začaly hrát větší úlohu migrační pohyby obyvatel. Přírůstky obyvatel v Praze a Středočeském kraji jsou jedním pólem tohoto vlivu, značná emigrace z Moravskoslezského kraje je pólem druhým. Značný vliv v bydlení má rozdílná věková skladba obyvatel, kde kraje Karlovarský, Ústecký a Moravskoslezský mají důležitou výhodu zmírňující jinak regresní vývoj.

Shrnutí poznatků

Základním poznatkem pro rozbor podobného druhu byla nekompletní údajová základna v oblasti demografie a bydlení, závislá na desetileté periodě cenzu, která byla ve výzkumu doplňována pomocí několika metodických postupů počítajících s využitím tendencí a trendů dosavadního vývoje, doplňkových zdrojů dat z průzkumů a s využitím podnětů vyplývajících ze vzájemné podmíněnosti a závislosti jednotlivých faktorů. Nedostatky ve zdrojích informací vedou k názoru o oprávněnosti zavedení registru bytů existujícího v řadě zemí a poskytujícího průběžně informace pro praktickou bytovou politiku.

V práci bylo prokázáno, že regiony, v daném případě kraje, je možné vcelku dobře odlišit a z hlediska vzniku či prohloubení regionálních disparit ve fyzické dostupnosti bydlení dostatečně věrohodně vymezit velikost a míru stávajících, či nově vznikajících disparit, méně již příčiny těchto závad. K tomu bude možné přistoupit až na úrovni rozboru vazeb mezi menšími územněsprávními jednotkami. I tam je ovšem nedostatek soustavně sledovaných údajů přítomen a musí být v současnosti nahrazován náhradními zdroji, zpravidla průzkumy a odbornými odhady.

Zatím co rozbor kvantitativních regionálních disparit ukázal na změny v tendencích i relacích jako na změny závažné, rozbor kvalitativní, týkající se struktur podle velikostí bytů (obytná plocha, počty místností, obydlenost bytu) se ukázal z hlediska regionálních disparit jako méně závažný, méně ovlivňující fyzickou dostupnost bydlení v krajském i mezikrajském rozměru. Kvalitativní analýza se uplatnila a projevila více při srovnávání krajů na základě velikostní skladby sídel. Avšak i zde se

ukazuje, že bydlení ve venkovských prostorech není svou úrovní příliš vzdáleno městskému standardu, v některých ukazatelích ho i předčí.

V celkovém vyhodnocení bytové situace v krajích k roku 2006 a více modelově i k roku 2010 se ukazuje, že nedochází k masovému výskytu nových a zhoršení stávajících regionálních disparit. To však neznamená, že v některých krajích nejsou tyto podstatné a nevyžadují často i bezodkladného řešení. Závažným jevem je postupné vytlačování nájemního bydlení v důsledku neukončené privatizace a dostatečně tržně a sociálně neprovázaného nájemného. Oba procesy stále ještě pokračují a na úrovni krajů se projevují v souhrnné podobě aktuálních tenzí probíhajících ve městech. Odlišnosti v privatizaci jsou v jednotlivých městech značné, a proto i na krajské úrovni jsou patrné. Dlouhodoběji zakládají disproporce v místním i regionálním rozměru, nepřímo, ale výrazně působí na regionální disparity. Obdobně nepříznivě na dostupnost a mobilitu bydlení působí i nemožnost pořizování bytů formou družstevní výstavby.

7 LITERATURA

- [1] ANDRLE, A., Nové demografické skutečnosti a jejich důsledky pro bytovou politiku, Rozvoj bydlení II., Sborník ČSRB, Praha, 2003
- [2] ANDRLE, A., Nové demografické skutečnosti a jejich důsledky pro bytovou politiku, Urbanismus a území rozvoj, č. 4, 2003
- [3] ANDRLE, A., Fakta a úvahy o vývoji osídlení v České republice, Rozvoj bydlení III., Sborník ČSRB, Praha, 2004
- [4] DUPAL, J., Bydlení v územích České republiky, Rozvoj bydlení III., Sborník ČSRB, Praha, 2004
- [5] ČÁPOVÁ, D., Dostupnost bydlení, Stavitel, 2006
- [6] ENTWICKLUNG, Struktur und regionale Differenzierung der Suburbanisierung in Österreich, Sborník ze semináře Akademie pro prostorový rozvoj, Keszthely, 1999
- [7] Garep, Socioekonomický rozvoj regionů v ČR, katalog mapových listů, Brno 2006
- [8] LUX, M., (ed), Bydlení věc veřejná, Sociologický ústav AV ČR, Praha, 2002
- [9] LUX, M., et al, Standardy bydlení, Sociologický ústav AV ČR, Praha, 2003/2004
- [10] MÜLLER, J., et al, Územně technické podklady na úseku obyvatelstva a osídlení, D. Analýza, F. Atlas, ÚRS PRAHA, a.s., Praha, 2003
- [11] POLEDNÍK, M., Vývoj struktury a forem bydlení v obcích a regionech ČR (vybrané problémy)
- [12] SRB, VL., DUPAL, J., Základní definice ze statistiky bydlení v zemích EU, Rozvoj bydlení, Sborník ČSRB, Praha, 2002
- [13] Strategie regionálního rozvoje České republiky, MMR, Praha, 2005
- [14] Strategien für Grossstadregion in 21. Jahrhundert, in Nachrichten ARL 1/2004
- [15] SUNEKA, P., Makroekonomie bydlení, VŠE, Praha, 2002
- [16] ZDAŘILOVÁ, R., Analýza proměn bydlení – typologický rozbor, Výzkum proměn bydlení v České republice, Sborník prací v řešení projektu GA ČR 103/05/2775, Ostrava

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vlastimil Vyskočil, CSc.

František KUDA¹, Vladimír KOUDELA²

STRUKTURA A ANALÝZA ČINNOSTÍ PROVOZOVATELŮ SLUŽEB FACILITY MANAGEMENTU V ČESKÉ REPUBLICE

Abstrakt

České republika se začlenila do celosvětové sítě Facility Managerů IFMA v dubnu 2000. Dosaďadní vývoj technicko-ekonomických řešení správy, údržby a provozu staveb je formován snahou zvyšovat prioritně efektivnost těchto řešení. Objevuje se stále větší prostor na uplatnění metod *Facility managementu* (dále je FM) v kontextu nákladů životního cyklu stavby, užitků a zachování dlouhodobého, udržitelného rozvoje. Příspěvek se dotýká analýzy rozsahů služeb a SW produktů *Facility managementu*. Systémy pro podporu *Facility managementu* jsou stejně jako jiné IT systémy nasazovány především pro podporu rozhodování, plánování a kontrolu v oblasti FM. Přestože trh s informačními systémy již dlouho nabízí celou řadu komplexních systémů pro řízení údržby, alespoň nějaký systém používá doposud minimum organizací. Příspěvek vznikl na základě tří faktorů ovlivňujících rozvoj FM:

- rozvoj technicko-ekonomických řešení ve vazbě na *Facility management*,
- rozvoj FM v České republice ve vývojových etapách,
- česká verze evropské normy EN 15 221 – 1: 2007.

1. VÝVOJ FACILITY MANAGEMENTU

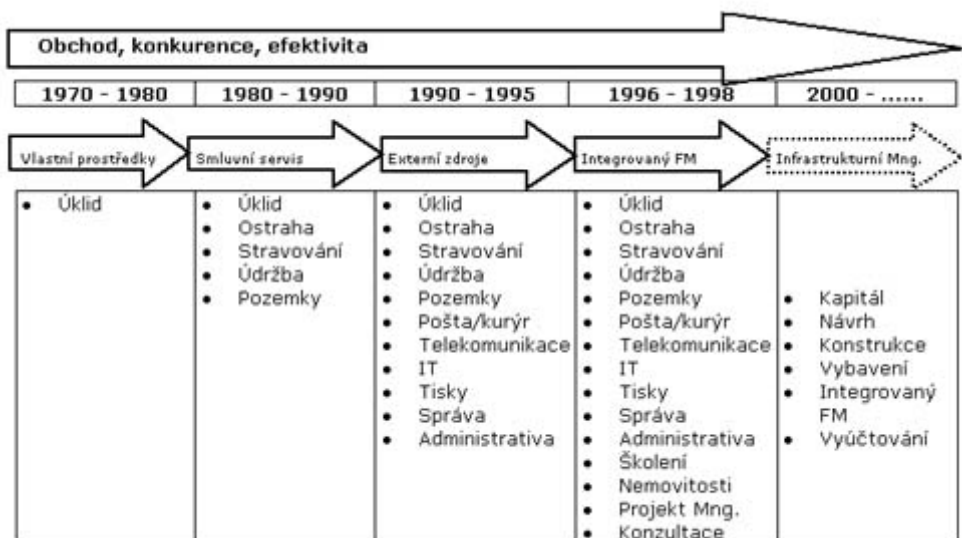
Vývoj FM v České republice byl obdobný jako v ostatních státech. Přes I. a II. etapu se dostal do současnosti, kde se nacházíme ve III. etapě „Externí zdroje“. Mnoho poskytovatelů služeb se soustřeďuje na poskytování kvalitní podpory, která je svým provedením a cenou natolik výhodná, že provozovatelé nemovitostí si ji objednávají. Z těchto poskytovatelů jednotlivých služeb se stávají postupně společnosti nabízející „Integrovaný FM“. Společnosti si najímají komplexní servis, ale zatím od těchto společností nepožadují současně jednotnou správu dat. Pokud se FM posune do vyššího stupně, potom poskytovatel FM (lze tím chápat i interní divizi provozovatele nemovitostí) bude ve spolupráci s facility managerem společnosti tvořit tým, který bude schopen okamžitě poskytnout strategické informace managementu společnosti. Tím se posuneme ke „Komplexnímu poskytovateli služeb FM“.

Facility management jako efektivní metoda integrované správy nemovitostí nachází v našich podmínkách stále větší uplatnění. V současnosti, kdy pozornost firem se stále více zaměřuje na efektivnější řízení hlavního předmětu podnikání s cílem zvýšení své konkurenceschopnosti se stává metoda Facility managementu nanejvýš aktuální.

Nová norma ČSN EN 15 221, která vstoupila v platnost v květnu 2007 je odborným přínosem k řešení problematiky FM. Sjednocuje nejednotnou terminologii a definuje rozsah oboru. Norma se skládá ze dvou částí. ČSN EN 15 221-1 „Facility management-Termíny a definice“ a ČSN EN 15 221-2 Facility management-Průvodce přípravou FM smluv“.

¹ Ing. František Kuda, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, L. Poděšť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, email: frantisek.kuda@vsb.cz, tel. +420 59 732 1934.

² Ing. Vladimír Koudela, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, L. Poděšť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, email: vladimir.koudela@vsb.cz, tel. +420 59 732 1959.



Obr.1: Vývoj FM (zdroj: www.ifma.cz)

Evropský trh Facility managementu s odhadovaným objemem stovek miliard Euro ukazuje, že význam FM stále stoupá s rostoucím tlakem na snižování a optimalizaci nákladů spojených se správou a provozem movitého i nemovitého majetku napříč různými tržními segmenty. Česká republika se tomuto trendu přibližuje. Analýza činností provozovatelů služeb FM v ČR je logickou reakcí na rozvoj FM.

2. SPOLEČNOSTI PŮSOBÍCÍ VE FACILITY MANAGEMENTU V ČR

Struktury služeb společností působících v oboru FM byly seskupeny podle základních požadavků klientů, které mohou být souhrnně zařazeny do dvou hlavních skupin „prostor a infrastruktura“ a „lidé a organizace“. Jsou uváděny jako příklad a nejsou nikterak určující. Pro srovnání byly vybrány pouze společnosti zabývající se komplexními službami v oblasti *Facility Managementu* a působící na celém území ČR. Bylo vybráno celkem 30 základních služeb nabízených v oblasti FM. Všechny 30 služeb zaujímá 100%. Podkladem pro zpracování dat byl internet. Procentuální vyhodnocení jednotlivých poskytovaných služeb je uvedeno v Tab.1.

Přehled nejčastěji užívaných základních služeb společností působících v FM :

Stavební správa, údržba a opravy majetku, evidence majetku, technická správa, údržba, opravy a obsluha TZB, správa systému technické ostrahy, havarijní služba, IT podpora, PO – požární ochrana, odpadové hospodářství, energetické služby (energetický audit), speciální údržba – provádění revizí, atd.

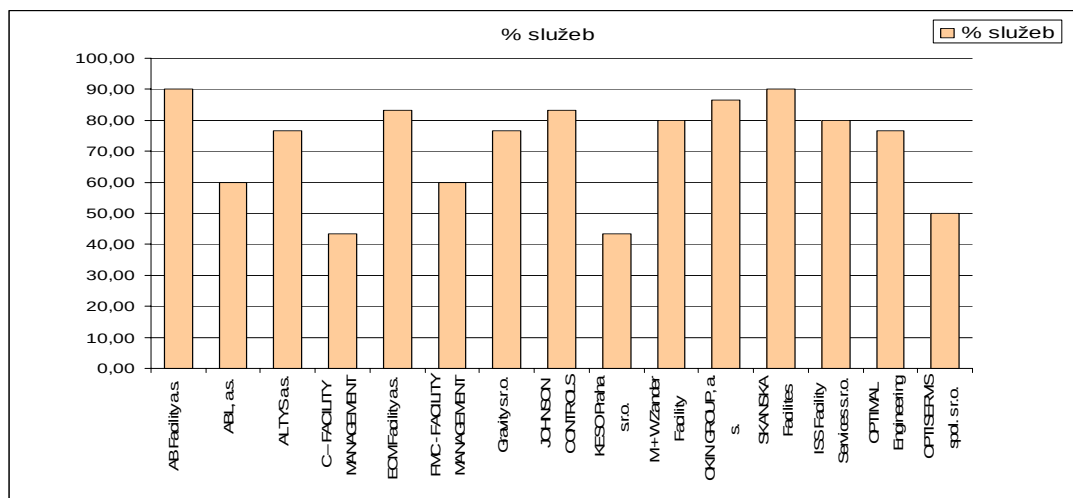
Provedená marketingová analýza 15 vybraných firem FM vycházela z informací v účetních uzávěrkách za rok 2006 uvedených na internetu. Pro názornost byl vybrán přehled těchto ukazatelů:

- počet zaměstnanců,
- celková aktiva,
- vlastní kapitál,
- tržby za prodej výrobků a služeb,
- výkaz zisků a ztrát.

Tab.1: Procentuální vyhodnocení poskytovaných služeb ve FM

	Společnosti poskytující služby FM	% služeb	splněno služeb
1	AB Facility a.s.	90,00	27
2	ABL, a.s.	60,00	18
3	ALTYS a.s.	76,67	23
4	C – FACILITY MANAGEMENT s.r.o.	43,33	13
5	ECM Facility a.s.	83,33	25
6	FMC - FACILITY MANAGEMENT CORPORATION s.r.o.	60,00	18
7	Gravity s.r.o.	76,67	23
8	JOHNSON CONTROLS	83,33	25
9	KESO Praha s.r.o.	43,33	13
10	M + W Zander Facility Management CZ, s.r.o.	80,00	24
11	OKIN GROUP, a. s.	86,67	26
12	SKANSKA Facilites Management CZ, s.r.o.	90,00	27
13	ISS Facility Services s.r.o.	80,00	24
14	OPTIMAL Engineering spol. s r.o.	76,67	23
15	OPTISERVIS spol. s r.o.	50,00	15

Tab.2: Rozsah poskytovaných služeb FM



Tab.3: Marketingová analýza firem poskytujících služby FM

Firmy činné ve FM	Počet zaměstnanců	Celková aktiva (v tisících Kč)	Vlastní kapitál	Tržby za prodej výrobků a služeb	Výkaz zisků a ztrát
1 AB Facility a.s.	135	251 793	31 392	283 027	-3 060
2 ABL, a.s.	1237	67 545	3 864	300 404	3 182
3 ALTYS a.s.	332	61 587	20 331	182 270	19 393
4 C – FACILITY MANAGEMENT s.r.o.	72	26 343	18 661	62 344	9 082
5 ECM Facility a.s.	62	42 596	7 630	83 689	3 868
6 FMC - FACILITY MANAGEMENT CORPORATION s.r.o.	14	718	11	0	886
7 KESO Praha s.r.o.	13	2 864	228	6 726	519
8 M + W Zander Facility Management CZ, s.r.o.	48	34 924	4 379	103 561	2 091
9 ISS Facility Services s.r.o.	3 476	325 220	175 633	595 273	28 048
10 OPTIMAL Engineering spol. s r.o.	22	39 874	286	68 913	86
11 OPTISERVIS spol. s r.o.	75	6 420	1 466	644	1 506
12 SKANSKA Facilities Management CZ, s.r.o.	144	104 914	43 115	248 789	7 674

Z analýzy firem poskytujících služby v oblasti FM vyplynuly následující závěry:

- existuje dostatek firem s komplexními a kvalitními službami,
- dochází k velkému nárůstu zajmu o tuto oblast,
- dochází k zkvalitňování a rozšiřování poskytovaných služeb,
- koncentrace firem v hlavním městě Praze s pobočkami v ostatních městech,
- pole působnosti většiny firem je celá Česká republika,
- rozdílné vykazované zisky na jednoho zaměstnance,
- nedostatek kvalifikovaných pracovníků

Vyhodnocení je zobrazeno v Tab.3 *Marketingová analýza firem poskytujících služby FM*

3. SW PRODUKTY PRO FM

Facility management je systém pro podpůrné procesy, a proto musí být připraven absorbovat a spravovat všechna relevantní data, která jsou ve společnosti používána. Období užívání objektu je dosud nejméně sledovaným obdobím života stavby a tudíž i nejméně podporováno IT systémy. Přitom je nabídka SW systémů celkem bohatá. Vrcholem jsou tzv. CAFM systémy, které spojují klasické CAD prostředí (půdorysy pater či řezy budov) s kvalitní informační databází (evidenční i procesní). Tyto nástroje jsou většinou napojeny na informační systémy (ERP) uživatele či majitele. ERP je označován základní informační systém společnosti, který slouží k řízení základních aktivit společnosti (obchodu, výroby, jednotlivých zdrojů, logistiky, marketingu atd.).

Rozdělení modulů SW produktů:

Moduly pro jednoznačnou identifikaci/přiřazení a vlastní řízení všech FM procesů společnosti – CMMS (Computer Maintenance Management System) moduly. Patří sem zejména IT/telekomunikace, objednávky a smlouvy, krizový management, autopark, energie, úklid,

atd. Efektivní CMMS systém umožňuje dosáhnout maximální operační efektivity jednotlivých podpůrných procesů při optimálních provozních nákladech.

CAFM (Computer Aided Facility Management) moduly, případně vyšší forma CIFM (Computer Integrated Facility Management) slouží k zajištění provozu. Patří sem evidence smluv, prostorový management, majetek, osoby, pasport, subjekty CAD, technologie, tj. FM procesy probíhající v prostoru společnosti, který je na úrovni sofistikované definice FM objektů (movitý/nemovitý majetek, lidi) s CAD podporou,

Běžné i technologicky složité budově po stránce technologické údržby, plánovaných i neplánovaných oprav, revizí či údržby stačí modul CAFM. Pokud však máme zodpovědnost i za provozní údržbu složitého strojového vybavení výrobního podniku (průmyslového provozu), pak potřebujeme CMMS (Computer Maintenance Management System). Tyto systémy používají technicko provozní úseky velkých výrobních společností. CMMS systémy plánují termíny provozní údržby tak, aby byl minimalizován vliv na kontinuální výrobní procesy, poskytují podporu pro personál, který údržbu provádí (potřebný materiál a nářadí, doporučený postup atd.), navíc sledují i sklady náhradních dílů a provozních materiálů údržby, vytíženost provozního personálu i technologické postupy údržby a oprav.

CPMS (Capital Planning and Management Solution) moduly. Patří sem zejména analýzy, monitoring, náklady, plánování nákladů, investice, finanční řízení plánování a optimalizace FM procesů. Představuje silný nástroj pro vytvoření plánu investic, nákladů a metod pro jejich čerpání a kontrolu. To vše v interaktivní vazbě na moduly CAFM resp. CMMS, které zajišťují jejich reprezentaci do reálného prostoru resp. do kontextu reálně probíhajících procesů.

První CAFM systémy byly v České republice implementovány kolem roku 1997. Přes mnohé úspěšné projekty nasazení CAFM systémů v ČR jsou stále uživateli spíše velké společnosti, které jsou zároveň velkými vlastníky nemovitého majetku.

Nejnovějším trendem v těchto systémech je jejich integrace do systému jediného. Tyto systémy jsou označovány zkratkou BAC (Building Automation Controll). Integrace s CAFM poskytuje BAC systémům například grafickou lokalizaci prvků, správu a údržbu, trasování jejich kabeláže a konečně i řešení pro řízení pracovních procesů, dispečink a helpdesk.

Data jsou základem všech SW produktů pro FM. Existují tři skupiny dat z pohledu uživatele CAFM:

1. Data základní (popisná) – evidence a pasporty majetku
2. Data provozní (náklady, termíny, spotřeby) – oblast údržby, pronájmů, energií
3. Data doplňková – integrace s EIS, ISKN, ...

Jednorázové pořízení dat a jejich následné opakované využití a systematické doplňování během životního cyklu stavebního objektu vytváří přidanou hodnotu pro investory, uživatele a správce. Objekty se v průběhu svého životního cyklu neustále mění. Pro pořizování FM dat obvykle platí „čím později – tím dráž“.

Klíčové činnosti pro získání dat jsou zejména:

- spolupráce FM manažera s projektanty,
- vyjasnění potřeb a uživatelských požadavků na pasportizační data v etapě zadání
- projekčních prací
- zařazení těchto požadavků a potřeb do smluvních ujednání s dodavateli,
- upřesnění formátů dat s potenciálním dodavatelem SW podpory FM.

4. SPOLEČNOSTI POSKYTUJÍCÍ SW PRODUKTY PRO FM

Pro srovnání zde byly vybrány pouze softwarové firmy nabízející komplexní moduly pro oblast Facility Managementu. Bylo vybráno celkem 9 společností nabízející software pro FM. Tyto společnosti jsou dále rozděleny dle množství nabízených modulů potřebných pro správu majetku. Jednalo se celkem o 25 vybraných modulů běžně nabízených v oblasti FM. Těchto 25 modulů v daném případě zastupuje 100%. Podkladem pro zpracování dat byl internet. Výsledek je znázorněný v Tab. 4 a Tab. 5.

Tab.4: Procentuální vyhodnocení poskytovaných modulů v oblasti FM

	SW společnosti činné ve FM	% modulů	počet modulů
1	Alstanet s.r.o.	84,00	21
2	ASP a.s.	100,00	25
3	Berit, a.s.	52,00	13
4	Cegra, spol. s r.o. (Archi FM)	52,00	13
5	HSI, spol. s r.o.	72,00	18
6	IKA DATA, spol. s r.o.	60,00	15
7	PIT software s.r.o.	76,00	19
8	Tesco SW a.s.	80,00	20
9	XANADU s.r.o. (FM@Web)	72,00	18

Tab.5: Vyhodnocení poskytovaných SW modulů v oblasti FM pro vybrané společnosti

		CMMS moduly												CAFM moduly							CPMS moduly					
		IT/telekomunikace	Objednávky a smlouvy	Krizový management	Rezervační systém	Stěhování	Pravidelná údržba	Klíčové hospodářství	Helpdesk	Likvidace majetku	Energy	Inventura	Autopark	Evidence smluv	Prostorový management	Majetek	Osoby	Pasport	Subjekty	CAD	Technologie	Analýzy	Monitoring	Náklady	Plánování	Investice
1	Alstanet s.r.o.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X				
2	ASP a.s.	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Berit, a.s.	X	X	X			X			X			X	X	X	X	X	X	X	X						
4	Cegra, spol. s r.o. (Archi FM)	X		X		X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X						
5	HSI, spol. s r.o.		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
6	IKA DATA, spol. s r.o.	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X						
7	PIT software s.r.o.		X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
8	Tesco SW a.s.	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
9	XANADU s.r.o. (FM@Web)	X	X	X		X				X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Provedená marketingová analýza 9 vybraných firem FM vycházela z informací v účetních uzávěrkách za rok 2006 uvedených na internetu.

Z analýzy firem poskytujících SW produkty v oblasti FM vyplynuly následující závěry:

- do roku 1999 – existovaly pouze velké systémy pro údržbu technických budov a zařízení a zahraniční systémy pro *Facility management*,
- po roce 1999 – vznik a silný vývoj českých řešení SW podpory FM (AmiFM, FaMa, apod.), neexistence norem pro FM, individuální vývoje v duchu vývoje FM v ČR,
- nedostatek kvalifikovaných pracovníků,

- česká verze evropské normy EN 15 221 – 1: 2007 podpořila další rozvoj,
- přínosy zavedení FM a CAFM se projevují stále zřetelněji,
- změna v myšlení TOP manažerů s cílem ušetřit provozní prostředky.

Pro přehled jsou na Obr. 2 znázorněna sídla významných SW v České republice společností činných v oblasti Facility managementu.

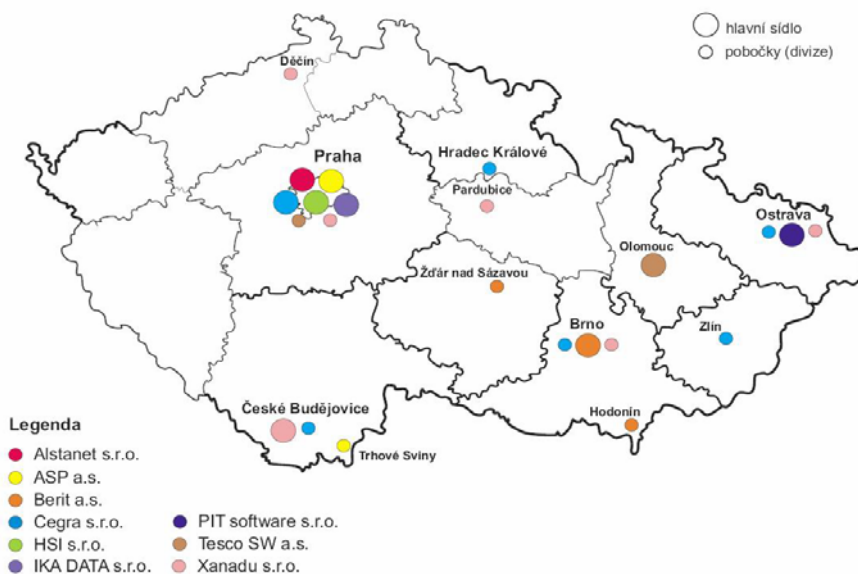
Uživatelská směřování v oblasti FM

Hlavní zájem uživatelů v oblasti *Facility managementu* je soustředěn na:

- pasporty objektů a ploch,
- pasporty technických zařízení,
- zakázky údržby a provozu,
- plány údržby a provozu,
- řízení nájemních vztahů,
- řízení energií a rozpady na nákladů.

V poslední době zaznamenáváme bouřlivý vývoj v oblasti řízení veškerých procesů, které ve společnosti můžeme vysledovat. Tento vývoj se dotkl jak podpůrných činností ve firmách, tak i výchovně vzdělávacího procesu. Podstatný důvod je třeba spatřovat v úspoře režijních nákladů. Změnou procesů dochází k zprůhlednění nákladů a k prokazatelným úsporám. Je průkazné, že vedle vedení podniků si i řadoví zaměstnanci začínají uvědomovat, že nestačí o úsporách jenom mluvit, ale viditelným a prokazatelným způsobem se na každém úseku o těchto úsporách sami přesvědčit. Jak naložit s těmito činnostmi, o tom rozhodují vedoucí pracovníci na základě klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI) z pohledu, zda je řešit insourcinglem nebo outsourcingem, nebo zda je dokonce předat komplexnímu poskytovateli FM služeb.

SÍDLA VÝZNAMNÝCH SW SPOLEČNOSTÍ ČINNÝCH VE FM



Obr.2: Sídla významných SW společností činných ve FM

5. ZÁVĚR

Bez kvalitní informační podpory a efektivních komunikačních prostředků již není možno kvalitně zajišťovat podporu správy nemovitostí a služeb pro jejich uživatele (zejména zaměstnance společnosti). V České republice tato podpora existuje. Správci stavebních objektů začínají využívat standardní IS komplexně podporující agendy správy majetku, který plně pokrývá všechny činnosti související s procesy správy majetku od jeho evidence přes plánování a řízení údržbových prací, sledování nákladů na údržbu a správu majetku, řízení dodavatelsko-odběratelských vztahů, grafické prezentace dat až po vyhodnocování a optimalizaci těchto procesů. Standardy a terminologie ČSN EN 15 220 připravily přechod k vyššímu způsobu využívání IT, a to na tzv. **systém provozně technických informací**. Základem je podrobný popis všech firemních procesů s důsledným stanovením, kdo jaké informace vytváří a kdo je využívá. S tím souvisí kvalitní datová základna - pasporty, kde se objevují veškeré informace, které se dotýkají jednotlivých modulů (stavebního, technického, personálního a dalších). Systém nestojí ve organizaci osamoceně, ale je jedním ze základních informačních pilířů společnosti, který např. z hlediska ekonomického pohledu na majetek podniku vytváří solidní podklady pro komplexní rozhodování.

Pro zvýšení efektivnosti je třeba provázat systémy CAFM (Computer Aided Facility Management) a CIFM (Computer Integrated Facility Management) s aplikačními softwary v oblasti správy majetku, které se zabývají otázkami životnosti dílčích konstrukčních prvků a následnou optimalizací jejich obnovy.

LITERATURA:

- [1] ŠTRUP, O. Softwarová podpora FM. Facility Mangement News 1/2006.
- [2] ČSN EN 15221-1, Facility management – Část 1: Termíny a definice. 2007.
- [3] TALÁŠEK, J. Efekty využití SW podpory FM, konference FM, Praha 2008
- [4] TESARČÍK, M. Data věcná, dostupná a relevantní, konference FM, Praha 2008
- [5] [http://www. firem uvedených v analýze](http://www.firem-vedenych-v-analize)

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Vlastimil Vyskočil, CSc.

Vítězslav KUTA¹

PROMĚNY OBYTNÉHO ÚZEMÍ NAŠICH MĚST A JEJICH DOPRAVNÍ SOUVISLOSTI

Abstrakt

Článek pojednává o vývoji obytného území měst v České republice, jeho proměnách, ale rovněž o nebezpečích a hrozbách s ním spojených. Především se zabývá přesunem distribuční sítě z obytného území na okraje měst a to v souvislosti s rozvojem automobilizace a vznikem supermarketů a hypermarketů jako nového typu prodejních jednotek.

1 ÚVOD

Funkční zóna určená v městech pro bydlení je zpravidla prostorem kde většina občanů tráví rozhodující část svého života a někteří dokonce jeho většinu. Rozhodně se to týká mládeže, obyvatel v postproduktivním věku a žen v domácnosti. Bude tedy prospěšné učinit situaci obytného území našich měst předmětem krátké úvahy, v níž především bude akcentována urbanistická role a její proměny zejména po roce 1989, v němž byly vytvořeny příznivé společenské, politické a ekonomické podmínky pro razantní nástup všestranných změn.

2 RÁMCOVÁ ÚVAHA O DOSAVADNÍM VÝVOJI

Zdá se být nesporné, že celý poválečný vývoj a specificky pak vývoj po roce 1989 přinesl řadu pozitivních změn, které výrazně ovlivňovaly stav životního prostředí obytného území. Není však pochyb ani o tom, že zmíněné období s sebou přineslo i některé závažné změny, jež můžeme označit spíše za negativní. Naši pozornosti si však zaslouží především období po roce 1989, neboť po odstranění politických a ekonomických bariér byla uvolněna cesta celé řadě razantních a zásadních změn. Jedna z nejzásadnějších změn proběhla po roce 1989 v obytném území našich měst, je změna distribuční sítě a jejich provozních podmínek. Navíc distribuční síť představuje v obytném území našich měst oblast natolik typickou, že na jejich změnách lze úspěšně demonstrovat celkové proměny obytného území i jejich vliv na zdravotní parametry zmíněného území.

Poválečná obnova tzv. socialistická etapa našeho vývoje byla rovněž léty významných změn v obytném území našich měst. Byla dlouhodobě preferována forma činžovního bydlení, byla tvrdě prosazována tuhá typizace. To vše, navíc ve spojení s nízkou kvalitou prováděných stavebních prací a systematicky zanedbávanou údržbou a obnovou vedlo k hluboké uniformitě a šedivosti obytných zón, pro něž u nás zdomácněl někdy trochu hanlivě vnímaný název sídliště. V období po roce 1989, tedy období po proběhlé zásadní změně společenské, politické a ekonomické situace došlo k rehabilitaci individuální bytové výstavby, k uvolnění svěrací kazajky tuhé typizace, ale rovněž i k dosažení historického minima v počtu ročně postavených bytů. To vše je však doprovázeno i výraznou snahou odstranit všechny neduhy v minulosti zcela převládající panelové výstavby, tedy postupně prováděné regeneraci stávajícího panelového obytného fondu.

Není pochyb o tom, že veškeré proměny obytných území našich měst jsou bezprostředně svázány s životním způsobem a jeho vývojem. Samozřejmě životní styl má své duševní i hmotné rozměry. Proměny životního způsobu jsou tak mimo jiné svázány s posuny společenského a politického klimatu včetně jeho mravních a morálních stránek, ale jsou zejména spojeny s průběhem ekonomického růstu a vědecko technologického rozvoje. V rámci těchto posunů se do proměn obytného území v posledním století zřejmě nejsilněji promítl i dosud promítá vynález spalovacího motoru a na něj navazující výroba osobního automobilu. V souvislosti s ekonomickým růstem však je

¹ Prof. Ing. Vítězslav Kuta, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 961 e-mail vitezslav.kuta@vsb.cz.

rozhodující nástup masové výroby osobního automobilu zejména pak jeho všeobecná dostupnost pro nejširší vrstvy obyvatel. Je vhodné však konstatovat, že celosvětový trh s osobními automobily není stále dosud nasycen a v procesu automobilizace nebylo dosud dosaženo stropu. Díky předchozímu vývoji ani v České republice tomu není jinak.

Máme-li pak hovořit o české situaci, pak je nezbytné vzít v úvahu jistá specifika českého prostoru. V první řadě, že přirozený společenský a ekonomický rozvoj české společnosti byl do značné míry uměle v letech 1938 až 1989 pozdržen. Z počátku byl pozdržen průběhem 2. světové války, posléze pak nástupem komunistické diktatury. To vše způsobilo postupnou ztrátu bezprostředního kontaktu s průmyslově vyspělými zeměmi, takže po roce 1989 byly probíhající změny poznamenány enormní snahou o vyrovnání vývojového handicapu a zvýšenou vnímavostí pro impulsy přicházející se západních vyspělých zemí.

3 VÝVOJOVÉ TENDENCE VNĚJŠÍCH PODMÍNEK BYDLENÍ

Obytné území

Je mimo jakoukoliv pochybnost, že vliv změn urbanistických funkcí bydlení se nesmazatelně podepsal do proměn obytného území našich měst v období posledních 15ti let. Jestliže s nástupem procesu industrializace byl započat rozpad středověkého měšťanského domu a jeho funkční jednoty, tudíž středověkého města a byl postupně nahrazován rozmístěním základních městských funkcí do jednotlivých funkčních zón, pak s dalším postupem industrializace a urbanizace byl tento rozpad čím dál tím markantnější. Přes vědomí problematičnosti tohoto stavu, nutno konstatovat, že posledních 15 let vývoje tento stav nadále prohlubuje. Distribuční síť i řada dalších typů občanského vybavení opouští obytné území a tím přispívá i nadále k jeho monofunkčnosti, ztrátě rozmanitosti a oslabení jeho atraktivnosti. Prudký nárůst stupně automobilizace přinesl zvýšenou mobilitu obyvatel, ale také zvýšení intenzity automobilového provozu v obytném území a tím i zhoršení úrovně životního prostředí. To vše jen znovu podtrhuje problémy s nimiž se obytné území našich měst potýká. Vezmeme-li v úvahu i nebezpečný nástup segregace v bydlení, pak je oprávněné hovořit o hrozbách, jež stojí před naším obytným územím.

Urbanistická struktura měst

Můžeme považovat za jednoznačné, že tendence a trendy i případné hrozby, jež dosavadní vývoj přináší obytnému území, se zcela evidentně promítají i do urbanistické struktury našich měst. I městské centrum jako tradičně největší stanoviště občanského vybavení v městě je postiženo odchodem části distribuční sítě a nástupem nových typů sportu a zařízení pro ně určených, ale rovněž novými druhy kultury a jejich uskutečňováním. Standardům, jimiž disponují supermarkety a hypermarkety umístěná na okraji měst, zejména v oblasti kvalitního bezplatného parkování, budou městská centra jen ztěžovat konkurovat a čelit. Hrozí zde pokles významu městských center. Rovněž monofunkčnost výrobního území našich měst se výrazně posiluje a to zejména v důsledku výstavby průmyslových zón, i když často jde o provozy, která by mohla zcela úspěšně koexistovat s obytnou funkcí. I neustálý růst vysoké intenzity automobilové dopravy se stává velmi závažným handicapem našich měst, zejména ze zorného úhlu úrovně životního prostředí. Je zřejmě zcela nezbytné výrazně znásobit úsilí v hledání a nalézání nových cest při řešení současných problémů převážně většiny našich měst.

Sídelní struktura České republiky

Jestli se proměny bydlení tak úzce dotýkají urbanistické struktury našich měst, pak není pochyb, že se budou dotýkat i sídelní struktury České republiky. Téměř patnáctiletá přestávka v hledání směru rozvoje našeho osídlení začíná být stále více patrná a je silně pociťována jako významná překážka pro stanovování optimálních tendencí a trendů v jeho dalším vývoji. Potřeba aktivního přístupu k formování dalšího rozvoje našeho osídlení začíná být zcela nezbytná. Zpracovaná Politika územního rozvoje České republiky, schválená vládou České republiky v květnu 2006, je v tomto směru určitě vítaným počinem. Důvodem je nejen nástup procesu suburbanizace, kdy pozice a velikost sídelních a průmyslových aglomerací dále narůstá, ačkoliv počet obyvatel

v jejich jádrech se zmenšuje, ale i proměny prvního a druhého bydlení, ekonomický růst naší společnosti, razantní nástup stupně automobilizace a obecně celkový růst civilizační úrovně národní pospolitosti. Je nutno podtrhnout, že problematika probíhajících proměn bydlení a v návaznosti i osídlení, není ani zdaleka pouze otázkou našich měst a sídelních a průmyslových aglomerací, ale týká se také zcela zřetelně našeho venkova, jehož se zmiňované civilizační proměny mohou dotknout daleko tragičtěji. Jistý propad našeho zemědělství, které odpovídá za zachování charakteru naší krajiny, může přinést těžko odhadovatelné důsledky.

Distribuční síť

Jestli označíme vznik a vývoj obchodních domů za v pravdě revoluční zvrát v zásobování obyvatel veškerým zbožím a konstrukci obchodní sítě, pak vznik supermarketů, hypermarketů a rozsáhlých nákupních středisek můžeme označit za druhý stejně významný revoluční zvrát. Vznik a rozvoj prodeje v supermarketech a hypermarketech byl umožněn, zejména rozvojem samoobslužné techniky prodeje a rozvojem konzervační a obalové techniky v případě prodejen, rozvojem chladírenské techniky pro uchování potravin v případě domácností. Rozhodujícím způsobem však dynamickým rozvojem automobilismu, tedy kdy většina rodin má přístup k osobnímu automobilu. Souhrn uvedených okolností vyústil v systém týdenních rodinných nákupů osobním automobilem. Samozřejmě souhrn těchto okolností přinesl s sebou řadu důsledků

Důsledky probíhajících změn distribuční sítě

Důsledky probíhajících změn distribuční sítě, tedy vznik supermarketů a hypermarketů, pro život našich občanů, ale i pro tvář našich sídlišť, měst i venkova, jsou samozřejmě jak pozitivní, tak i negativní. V tomto ohledu se lze pokusit o následující shrnutí, samozřejmě bez nároku na vyčerpávající úplnost.

Pozitivní důsledky:

- Výrazné zvýšení kultury prodeje.
- Rozšíření sortimentu zboží.
- Růst kvality obalové techniky.
- Možnost nákupu na jednom místě pod jednou střechou.
- Možnost uskutečnění celotýdenních nákupů.
- Možnost plnohodnotného občerstvení i kultivovaného stravování během nákupu.
- Možnost uspokojení potřeb řady služeb (holičství, kadeřnictví, cestovní kanceláře a podobně).
- Bezplatné parkování často v krytých prostorech, což v zimním a deštivém období pocítují návštěvníci zvláště pozitivně.
- Prodloužená otvírací doba a to i během dnů volna.
- Možnost spojit nákup s trávením volného času formou happeningu, což je opět lákavé v době nepříznivého počasí.

Negativní důsledky:

- Distribuční síť postupně opouští obytné území našich měst.
- Pokles úrovně sociální kontroly v obytném území.
- Ztráta rozmanitosti, funkční, objektové i vzhledové.
- Posílení vazby pouze na nákup automobilem.
- Diskriminace lidí bez automobilu v dostupnosti distribuční sítě.
- Zvýšený tlak na automobilovou dopravu ve městech.
- Celkové zvýšení mobility obyvatel a to jak měst, tak i venkova.
- Posilování monofunkčnosti obytného území.
- Proměna tradičních objektů občanského vybavení (okresková centra, samoobsluhy atd.) v obytném území města v nevzhledné a nedostatečně udržované objekty.
- Pokračující tlak na vyliďňování venkova.
- Zvýšené nároky na parkování na sídlišťích.
- Obecně roste intenzita automobilové dopravy v obytném území a úměrně pak klesá bezpečnost obyvatel na komunikacích v obytném území.

- Celkové zhoršení životního prostředí ve městech včetně obytného území (zejména hluk a čistota ovzduší).

Nelze zajisté pochybovat o mnoha přednostech, jež s sebou změny v oblasti distribuční sítě pro každého občana přinášejí. Vývoj bude přinášet a již přináší obyvatelům větší pohodlí a větší komfort při nakupování, přináší do jisté míry nižší ceny prodávaného zboží. Šetří obyvatelům čas, který musí věnovat nákupům a který pak mohou lépe využít pro naplnění svých zájmů. Bohužel, tak jak to u nových aktivit zpravidla bývá, doprovázejí ony nesporné přednosti i mnohé závažné problémy, které přinášené přednosti pak mohou významně degradovat. Bude proto zajisté velmi přínosné pokusit se nastínit zjednodušený předpokládaný scénář vývoje obytného území reflektujícího ony nepříznivé důsledky.

4 PŘEDPOKLÁDANÝ SCÉNÁŘ NÁSTUPU NEPŘÍZNIVÝCH DŮSLEDKŮ ZMĚN DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V OBYTNÉM ÚZEMÍ

Jak jsme již uvedli dramatický růst stupně automobilizace české společnosti a vývoj dalších doprovodných procesů umožnil vznik zcela nové formy prodeje představované supermarkety, hypermarkety a nákupními centry. Tyto procesy spolu s rozvojem technicko organizačních stránek obchodu ve svém důsledku znamenaly odchod tradiční distribuční sítě z obytného území našich měst, ale i z městských center, kde přeci jen je bydlení přítomné, ale rovněž ze zastavěného území našeho venkova. V obytném území měst se tak zachovaly pouze nevelké prodejny typu „večerek“, tedy jakýsi pohotovostní a náhradní prodej.

Nárůst počtu automobilů v obytném území ovšem naráží na docela fatální nedostatečnost statické dopravy, tedy konkrétně nedostatek parkovacích míst. V jednotlivých sídlištních celcích představuje tato nedostatečnost 30 až 50% z celkového současného potřebného množství parkovacích míst. Poddimezování počtu parkovišť pak zpravidla souvisí se stářím jednotlivých sídelních útvarů. Při jistém zjednodušení můžeme říci, že čím delší doba uplynula od vzniku sídelního útvaru, tím je nedostatek parkovacích míst výraznější. Tato značná absence parkování je zvláště nepříznivá pro mladé lidi a zejména lidi v produktivním věku, pro které je automobil zpravidla nepostradatelný, především z hlediska výkonu povolání.

Samozřejmě, že je patrná snaha tento handicap našich sídlišť pokud možno rychle odstranit. Nicméně snaha naráží na nepřehlédnutelné potíže při rozšiřování parkovišť. Především ze strany ochránců životního prostředí jsou kladeny značné překážky a je vyvíjen silný odpor proti zmenšování zeleně na ploše sídliště. Při čemž je nutno říci, že pořizování nových parkovacích míst v sídlištních na povrchu terénu, nelze docílit jinak než na úkor zelených travnatých ploch, mají-li být investiční náklady na jejich pořízení finančně přijatelné. Ovšemže lze docílit výstavby nových parkovacích míst bez zásadní újmy pro zelené travnaté plochy a to cestou výstavby vícepodlažních parkovacích objektů. Náklady na pořízení jednoho parkovacího místa jsou však v tomto případě podstatně vyšší a to řádově. Nejinak je tomu i při výstavbě garáží podzemních. Jedná se tak o řešení zcela evidentně nejelegantnější, avšak pochopitelně i nejnákladnější.

Za uvedené situace, charakteristické zásadním nedostatkem investičních prostředků, nedostatky v parkování ve významné části našich sídlišť přetrvávají. Odchod obyvatel především v produktivním věku je pak přirozenou reakcí na přetrvávající nedostatek parkovišť. Pohyblivost a mobilita je samozřejmým požadavkem mladých aktivních lidí a nemožnost zaparkovat svůj automobil v dostupné vzdálenosti od svého bydliště znamená podstatný zásah do dnes již obecně zažitého životního způsobu. Odchod z dosavadního bydliště s problémy parkování není pro mnoho občanů reakcí ani nepředpokládanou ani neúměrnou. Situace s problémy parkování je pak zdrojem postupného poklesu atraktivity těchto sídlišť, která se mimo jiné projevuje v následném poklesu cen nemovitostí, v našem případě obytných domů a jednotlivých bytů. V případě nájemného bydlení to znamená pokles výše nájemného. Uvolněné byty jsou obsazovány lidmi staršími zdravotně postiženými, kteří z důvodů mimoekonomických stejně automobil nemohou využívat a pro něž je nízké nájemné velmi lákavým faktorem.

Proces je pak doprovázen zcela zřetelným poklesem sociální kontroly předmětného prostoru na straně jedné a nárůstem negativních společenských jevů na straně druhé. Půjde o nárůst agresivity, kriminality, nárůst míry alkoholismu a drogové závislosti. Souhrnně pak můžeme hovořit o celkovém poklesu pocitu bezpečí na značné části obytného území našich měst. Důchodci, zdravotně postižení a sociálně vyloučení obyvatelé začínají tvořit postupně větší část obyvatel daného obytného území. V této souvislosti je v některých velkoměstech zaváděna specifická autobusová doprava provozovaná přímo distribučními řetězci, s jejichž pomocí mají do nakupování v supermarketech, hypermarketech a schooping centrech být zapojeni i obyvatelé zjednodušeně řečeno bez osobního automobilu. Poklesu atraktivity a nárůstu negativních společenských jevů však ani tato opatření dlouhodobě nezabrání.

Ztráta dobré adresy je postupně provázána celkovou pauperizací nemalé části obytného území. Odtud je již jenom krůček ke vzniku sociální segregace v bydlení. Pokud pak sociální segregace přeroste i v segregaci etnickou může dojít k završení procesu vznikem gheta.

Odchod distribuční sítě z obytného území způsobuje ještě v mnoha případech další komplikace. Odcházející distribuční síť ponechá v obytném území celou řadu degradovaných a často i opuštěných objektů, jež byly v minulosti vybudovány pro potřeby občanského vybavení. Jejich podstatnou část samozřejmě tvořila distribuce. I když se podaří do těchto objektů implantovat nové funkce, jde zpravidla o funkce ekonomicky nepřilíš silné, takže ani tyto aktivity nemohou dlouhodobě zabránit celkové devastaci a propadu vzhledu i stavebně technickému stavu zmíněných objektů. Pokud se v těchto částech obytného území naopak podaří úspěšně regenerovat rozhodující část obytných domů, pak rozdíl kvality a úrovně objektů bytových a objektů původně určených občanskému vybavení působí obzvlášť tristně.

Bohužel ani současná úroveň venkovních úprav v převážné části obytného území našich měst neposkytuje příliš radostnější pohled. Údržba a obnova travnatých ploch, nízké i vysoké zeleně není prováděna nebo je prováděna jen částečně a s nízkou kvalitou. Údržba se mnohdy omezuje pouze na sečení trávy a to pouze ve dvou termínech v roce. Nejinak je tomu i se všemi zpevněnými plochami určenými pro rekreaci odpočinek i sport a to včetně chodníkových tras. I stav drobné architektury i celého mobiliáře není z hlediska údržby a obnovy v lepším stavu. Zvlášť patrné je to v případě laviček určených k odpočinku. Naopak z řady států západní Evropy je známo, že právě těmto částem sídlišť je věnována prvořadá pozornost. Naopak nedostatek pozornosti a nedostatečná péče o venkovní plochy našich sídlišť vede k devalvaci mnoha úspěšných snah o celkovou regeneraci i revitalizaci vlastního bytového fondu. Nekomplexnost jako nepříjemná skvrna na tváři našich sídlištních celků je zřejmá a to jsme ještě nehovořili o často nevyhovující úrovni dopravní a technické infrastruktury.

Jestliže v úrovni a kvalitě dopravního skeletu našich měst shledáváme velmi často nepříjemné mezery, pak v případě vnitřních okrskových komunikací, zpevněných ploch pro parkování, požárních ploch a obratišť shledáváme nedostatky v kvalitě povrchů téměř plošně. Situaci v technické infrastruktuře lze označit za ještě horší. Snad tomu přispívá i fakt, že defekty na povrchu zpevněných ploch jsou patrné pouhým okem, zatímco závady na technické infrastruktuře jsou lidskému oku skryty pod povrchem terénu. Závady pak jsou začasté odstraňovány až v zcela kritickém okamžiku. Urychleně se blíží doba kdy bude muset být rekonstruována celá technická infrastruktura. Je jen škoda, že nástup státní podpory regenerace panelových sídlišť (tedy regenerace dopravní a technické infrastruktury a venkovních úprav) ztratil zcela dech dříve než byl úspěšně nastartován.

Nárůst kriminality postupně může vytvořit v našem obytném území celé rozsáhlé plochy v podstatě pro běžného občana nepřístupné z důvodů osobní bezpečnosti. Stejně tak jsou však pro průměrného občana nepřístupné stále častěji vznikající plochy velmi nadstandardního bydlení, které jsou obehnané nepřekonatelným oplocením a se vstupem střeženým placenou ochrannou službou.

Závěrem lze celkově konstatovat, že v současnosti prožíváme období razantního nástupu hluboké diferenciaci bydlení a tudíž i období hluboké diferenciaci charakteru jednotlivých částí obytného území našich měst.

Samozřejmě uvedený scénář se nebude ani zdaleka plošně týkat celého obytného území našich měst, ale pouze těch částí, které včas nezachytí regenerační nástup. I tak však představuje značné nebezpečí.

5 ÚLOHA NĚKTERÝCH DALŠÍCH TYPŮ OBČANSKÉHO VYBAVENÍ

Uvedené tendence lze nejznatelněji sledovat u zařízení pro kulturu a sport. Bez podrobnějšího důkazu lze konstatovat, že zvětšování objemu volného času zejména obyvatel měst bude i nadále pokračovat. To bude mimo jiné znamenat poptávku po využití kulturních a sportovních zařízení. S růstem poptávky však současně roste kapacitní velikost a takto velké víceúčelové haly či jiné typy zařízení již zpravidla v obytném území nelze dost dobře umístit. Tento trend rovněž obecně zvětšuje celkovou mobilitu občanů i pohyb vozidel v obytném území. Obzvláště významnou roli zde sehrává rekreace a trávení volného času. Rekreace denní i týdenní (o celoroční dovolené nemluvě) stále častěji odvádí obyvatele z jejich tradičního území a nejínak je tomu i s trávením volného času, jehož fond z různých důvodů neustále narůstá. Znovu jde o posilování mobility, o růst intenzity dopravy se všemi svými důsledky a souvislostmi. Avšak i jiné druhy provozu občanského vybavení začínají vykazovat obdobné znaky. K tomu všemu je nutno připočítat důsledky druhého bydlení, které nesporně přesahuje evropské zvyklosti.

6 ZÁVĚR

Můžeme považovat za jednoznačné, že trendy a případné hrozby, jež dosavadní vývoj přináší obytnému území se zcela evidentně promítají i do urbanistické struktury našich měst. I městské centrum jako tradičně největší stanoviště občanského vybavení v městě je postiženo odchodem části distribuční sítě a nástupem nových druhů sportu a zařízení pro ně určených, ale rovněž novými druhy kultury a jejich uskutečňováním. Standardům jimiž disponují supermarkety a hypermarkety a nákupní centra umístěná na okraji měst, zejména v oblasti kvalitního a bezplatného parkování, budou městská centra jen stěží úspěšně čelit. Hrozí zde pokles významu městských center.

Bylo by zajisté zpozdilé se domnívat, že se lidé vzdají oněch nesporných předností, jež nové formy distribuce, sportu, kultura a rekreace přinášejí ve prospěch návratu k minulým formám životního způsobu bez vysokého stupně automobilizace. Řešení nutno nalézat v postupné eliminaci uváděných negativních důvodů při zachování rozsahu a úrovně citovaných výhod. Toto úsilí musí směřovat nejen odstranění záporných vlastností automobilu (zplodiny, hluk), ale i k formulaci nových opatření a postojů v oblasti urbanizace, ale i socioekonomické sféře.

Ve snaze o kratičkou stručnou rekapitulaci problematiky, lze konstatovat, že největší vliv na pokles atraktivity, rozmanitosti a sociální stability obytného území našich měst má do jisté míry masový nástup osobních automobilů, vymístění distribuční sítě na okraj intravilánu měst a nepřímo pak i rozvoj některých dalších typů občanského vybavení, jakož i rekreace a některé zaběhnuté typy trávení volného času. V těchto oblastech tedy je nutno hledat celkovou nápravu v řešení.

LITERATURA

- [1] KUTA, V., KUDA, F.: Trendy a rizika současného bydlení, Sborník referátů z konference Regenerace bytových domů – Dynamika proměn bydlení, Ostrava, 15.2.2007
- [2] KUTA, V., KUDA, F.: Bydlení – součást kvality života, jeho funkce a změny, Urbanismus a územní rozvoj č. 1/2005
- [3] KUTA, V., SEDLECKÝ, J., KUDA, F.: Revitalizace panelového bydlení v Ostravě, Sborník X. mezinárodní konference Městského inženýrství, Karlovy Vary, 19.6.2005
- [4] JACOBSONOVÁ, J.: Smrt a život amerických velkoměst, Odeon, Praha 1975
- [5] KRIER, L.: Architektura – volba nebo osud, Akademia, Praha 2001

Tento příspěvek vznikl za podpory Grantové agentury České republiky a projektu 103/05/2775 „Výzkum proměn bydlení v České republice“

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Regina Kuchtová

Vítězslav KUTA¹, František KUDA²

**OČEKÁVANÉ PROBLÉMY A TRENDY V PROMĚNÁCH ČESKÉHO BYDLENÍ
A ÚLOHA LOKÁLNÍCH SAMOSPRÁV**

Abstrakt

Článek pojednává o jednotlivých dílčích problémech naší současné bytové politiky, jimž dosud nebyla věnována dostatečná pozornost. Uvádí výchozí situaci, přehled jednotlivých problémových okruhů i jejich stručnou charakteristiku. Zvažuje úlohu veřejné správy při jejich řešení a zejména klade otázku zda lokální samospráva je dostatečně způsobilá pro jejich zvládnutí.

1 ÚVOD

Poslední léta představují pro Českou republiku období nepřehlédnutelného oživení a ekonomického rozvoje. Nelze pochybovat o tom, že tento pozitivní trend se promítne do všech oblastí života naší společnosti. Promítne se tedy i do oblasti bytové výstavby, která nesporně z hospodářského oživení bude čerpat impulsy a bude přijímat podněty pro svůj další vývoj. V této souvislosti nelze ovšem opomenout, že bytová výstavba je jen jednou částí velmi složitého komplexu vzájemně silně provázaných problémů bytové politiky. Nebude tedy určitě na školu pokusit si odpovědět na otázku, zda obce, města i regiony jsou sdostatek připraveny na zvládnutí této nové situace. Následný text by tedy měl alespoň rámcově představit rámcové kontury naznačeného problému.

2 VÝCHOZÍ SITUACE

Není pochyb, že nové naznačené možnosti a z nich vyplývající úkoly si vyžádají nové formy řešení a tím i pravděpodobně nové nástroje pro realizaci bytové politiky. Bude proto vhodné řádově definovat jednotlivé segmenty bytové politiky i nad rámec tradičního pojmu bytové výstavby. Máme-li hovořit o výchozí situaci, pak je nezbytné se zmínit především o dvou významných faktorech. Především je nutno znovu podtrhnout fakt, že bydlení je základní městotvorný prvek. Výrobní aktivity nově vstupují do organismu našich měst a regionů, naopak zastaralé odumírají a odcházejí. Rovněž občanské vybavení prochází proměnami své druhovosti i objemů. Nejinak je tomu i v dopravě zejména ve vazbě na technický pokrok. Zatímco bydlení je konstanta, která prochází celou historií našich vesnic i měst a v podstatě celým osídlením. Neméně významným je však i fakt, že volné plochy vybavené nezbytnou technickou a dopravní infrastrukturou v období před rokem 1989 jsou dnes již v podstatě vyčerpány a nové bytové výstavbě bude již muset předcházet potřebná realizace zmíněné infrastruktury. Situace je o to závažnější, že současný ekonomický růst bude následovat i růst objemu bytové výstavby v jednotlivých letech. Lze očekávat, že nárůst ročního objemu bytové výstavby může dosahovat hodnot 45 až 50 tisíc nově postavených bytů. Při těchto objemech již nebude možno vystačit s převahou realizace formou tzv rozptýlené bytové výstavby, ale naopak bude stále ve větší míře nutno přistupovat k bytové výstavbě cestou přípravy nových ucelených vícekapacitních ploch vybavených potřebnou infrastrukturou a které v závěru výstavby

¹ Prof. Ing. Vítězslav Kuta, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 961 e-mail vitezslav.kuta@vsb.cz.

² Ing. František Kuda, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, email: frantisek.kuda@vsb.cz, tel.: (+420) 59 732 1934.

budou zkompleťovány kvalitními úpravami meziblokových prostorů, zahrnujících jak terénní a sadové úpravy, tak i realizaci pěších komunikací, potřebného mobiliáře a drobné architektury.

3 RÁMCOVÝ PŘEHLED NĚKTERÝCH PROBLÉMOVÝCH SEGMENTŮ BYTOVÉ POLITIKY

Jak již bylo řečeno nová bytová výstavba je pouze jedním problémovým okruhem komplexu bytové politiky. Jestliže se dá tušit, že výrazně nová situace si nezbytně vyžaduje nové postupy i nové nástroje pro řešení jednotlivých problémových okruhů bytové politiky, pak je zcela nezbytné provést základní rekapitulaci těchto okruhů a jejich základní charakteristiku i když se bude jednat pouze o velmi stručné konstatování. Půjde tedy o následující přehled problémových okruhů:

1) Výběr a vymezení lokalit pro novou bytovou výstavbu

Jednotlivé lokality musí respektovat obecné požadavky na novou lokalizaci bytové výstavby, ale současně musí vycházet z požadavku na ekonomickou efektivnost návrhu potřebné technické a dopravní infrastruktury. Musí rovněž brát na vědomí současnou vlastnickou situaci pozemků. Konkrétní návrhy pak musí být součástí schváleného územního plánu obce či města a počtem i kapacitou by měly převyšovat odhadovanou potřebu pro budoucí možnost operativního výběru.

2) Pozemková politika města jako součást bytové politiky

Je nesporné, že reálná situace ve vlastnictví pozemků i jejich předpokládaná cena, jsou rozhodujícími faktory pro uvolnění předmětných lokalit pro zahájení vlastní bytové výstavby. K úspěšnému řešení může přispět právě programově cílená pozemková politika jednotlivých měst, jež povede k tvorbě vlastnický ucelených ploch určených pro bytovou výstavbu. Samozřejmě pozemková politika se nerealizuje pouze formou nákupu a prodeje, při čemž město apriorně nemusí hrát roli vlastníka.

3) Příprava a realizace potřebné technické infrastruktury pro novou bytovou výstavbu

Jde o požadavek nezbytného předstihu v budování technické infrastruktury před výstavbou vlastních bytových objektů. Pouze v případě velkých investorů bytové výstavby může být budování technické infrastruktury součástí vlastní bytové investice. V tom případě se však otvírá otázka zdrojů a podílnictví na financování předmětné infrastruktury. Lze hovořit o nastavení pravidel pro financování infrastruktury ze strany veřejných rozpočtů.

4) Příprava a realizace potřebné dopravní infrastruktury pro novou bytovou výstavbu

Jedná se v podstatě o obdobnou situaci jako v případě technické infrastruktury i když struktura vlastníků případně provozovatelů bude zřejmě jednodušší. Nelze ovšem pominout, že součet investičních nákladů může představovat 30 až 50 procent nákladů na vlastní bytovou výstavbu a nelze rovněž zapomenout, že jako součást dopravní infrastruktury nutno chápat i požadavky na statickou dopravu.

5) Příprava a realizace terénních a sadových úprav meziblokových prostorů nové bytové výstavby

Na rozdíl od budování technické a dopravní infrastruktury jsou terénní a sadové úpravy realizovány až následně po výstavbě bytových objektů, v některých případech pak souběžně. Vlastnictví pozemků nebude často totožné s vlastnictvím pozemků vlastních bytových objektů a proto příprava může znamenat dosti obtížnou a náročnou operaci, ovšem pro bezkolizní výsledek nezbytnou.

6) Regenerace panelových sídlišť a jejich koordinace s regenerací jednotlivých bytových domů

Regenerace panelových sídlišť představuje značně složitou operaci, neboť zahrnuje nejen regeneraci vlastních terénních a sadových úprav, nezbytné opravy venkovního mobiliáře, drobné

architektury regeneraci vnitrokrskových komunikací včetně parkovacích stání a zpevněných požárních ploch a chodníkových tras včetně úpravy dětských hřišť a pískovišť. Zahnuje však také, což je možná nejpodstatnější, i potřebnou rekonstrukci inženýrských sítí a zařízení, což vše společně klade značné koordinační nároky a to v oblasti provozní, technické, časové i koordinaci mezi vlastníky jednotlivých druhů majetku. Sladěno musí být provádění regenerace panelového sídliště s regenerací panelových domů, při čemž vlastnictví jednotlivých panelových obytných objektů nebo objektů občanského vybavení je dnes velmi různorodé a o to je samozřejmě koordinace náročnější.

Řešení regenerace vlastních obytných panelových domů z hlediska sledovaného pohledu obdobné s novou bytovou výstavbou, neboť lze očekávat, že bude především doménou privátních investorů

7) Řešení problému neobydleného bytového fondu

Neobydlený bytový fond vždy zahrnuje část bytů neobydlených tedy bytů, které jsou v podstatě mimo provoz. Důvodů lze uvést celou řadu. Podstatné však je, že v posledním období tento problém nabírá na významu, neboť objem neobydleného bytového fondu dosti rapidně narůstá. Při sčítání domů, bytů a lidí v roce 1980 představoval 7,0% , v roce 1990 již 7,7% a v roce 2001 dokonce 12,3% z celkového objemu bytového fondu. Neobydlený bytový fond je tedy natolik rozsáhlý, že řešení tohoto problému nrdá již nadále vyhýbat. Řešení však je podmíněno důkladnou znalostí jednotlivých charakteristik neobydleného bytového fondu. Monitoring a fundovaná analýza a to specificky pro jednotlivá města či vesnice, musí tedy předcházet návrhu i vlastnímu řešení.

8) Řešení a zajištění výstavby objektů pro sociální bydlení

Pokud pro část občanů našich obcí i měst bude přiměřené bydlení fyzicky a zejména finančně nedostupné, musí být vynaloženo úsilí na uspokojení jedné ze základních potřeb člověka tedy bydlení pro zmíněnou skupinu občanů. Prakticky to znamená zajistit dostatečný počet bytů charakteru sociálního bydlení pro občany sociálně slabé nebo občany v sociální nouzi. Samozřejmě v prvé řadě musí jít o bilanci stávajícího bytového fondu charakteru sociálního bydlení a teprve v řadě druhé o jeho potřebné doplnění o novou výstavbu. Není pochyb o tom, že současná situace je v jednotlivých sídlech výrazně odlišná a vyžádá si tudíž různé přístupy a různé řešení.

9) Příprava a realizace bydlení pro občany se zdravotním postižením

Zdravotně postižených občanů v naší společnosti stále přibývá a proto zajištění pro ně bezbariérové bydlení je závazným úkolem prosperující společnosti. Požadavek je o to naléhavější, neboť zdravotně postižení tvoří dnes již velmi výraznou skupinu našich občanů. Ostatně v souvislosti s našim členstvím v Evropské unii můžeme hovořit o významném závazku.

10) Bydlení pro seniory

Do jisté míry tvoří senioři jistou podskupinu zdravotně postižených občanů. Závažnost problému není nutné nijak zdůrazňovat. Podíl seniorů v naší společnosti neustále narůstá a to v závislosti na zdravotním stavu naší populace a ve vazbě na dosahovanou délku života. I když je ideální jak pro seniory tak pro celou společnost, mohou-li senioři své stáří prožít v péči příbuzných zejména dětí, není pro řadu z nich z různých důvodů tento ideál dosažitelný. Forem bydlení pro seniory je k dispozici celá škála. Není však asi účelné je na tomto místě podrobně rozebírat. Na dva momenty při řešení naznačeného problému je však nutno upozornit. Prodlužuje se nejen lidský život, ale prodlužuje se i délka aktivní části života našich občanů. Bydlení, jež je tedy seniorům poskytováno, musí této prodloužené aktivitě vycházet vstříc a musí pro ni vytvářet přijatelné podmínky. Senior se musí v naší společnosti cítit zcela rovnoprávný. Druhý, snad ještě závažnější moment, představuje požadavek na zachování důstojnosti i v posledním období života člověka. Z tohoto hlediska pak sehrává bydlení jednu z klíčových rolí.

11) Řešení obytných lokalit charakteru ghet

Přestože na nebezpečí vzniku ghet v našem bydlení bylo odbornou veřejností již dlouhodobě poukazováno, teprve poslední zveřejněné informací o počtu lokalit, jež mají všechny znaky ghet v našich městech, vyvolalo zvýšený zájem o zmíněnou problematiku. Navíc zahraniční zkušenosti z posledních let dávají tušit o jak závažné až hrozivé skutečnosti se jedná. Je všeobecně známo, že nebezpečí až hrozby, které jsou s existencí ghet spojovány významně narůstají v okamžiku kdy se sociální segregace mění v segregaci etnickou. Řešení musí být hledáno a uskutečňováno rychle a bezodkladně, neboť nebezpečí z prodlení je pro naši společnost mimořádné.

12) Problematika bezdomovců

O tom, že se bezdomovectví stalo po roce 1990 u nás závažným problémem není pochyb. Ve velkých městech je dnes již potkáváme na každém kroku. Přesto objektivních informací o tomto fenoménu nemáme příliš mnoho. Nemáme dokonce ani přesnější údaje o jejich počtu. V různých materiálech a tiskovinách najdeme údaje v rozsahu od sto do dvouset tisíc. V každém případě jde o občany, kteří nemají k dispozici bydlení ani v té nejnižší úrovni standardů. Nejen, že jde o problém zatěžující už svým výskytem celou společnost, ale jde o vážný problém humanitní. Zdá se, že solidarita v naší společnosti v tomto ohledu jednoznačně selhává a to bez ohledu na příčiny, jež jednotlivce k bezdomovectví přivedli.

13) Realizace startovacího bydlení pro mladé manželství

Shodnost křivky vývoje příjmů rodiny a křivky nezbytných výdajů představuje svým způsobem ideální stav. Bohužel skutečnost je dosti odlišná. Manželské páry po uzavření sňatku a narození dítěte jsou postaveni před nutnost velmi vysokých výdajů spojených s péčí o dítě, nutností zařídit domácnost a zaplatit poměrně vysoké náklady na bydlení, aniž disponují dostatečnými prostředky na jejich úhradu. Situace vede buď k možným rodinným havariím, nebo daleko častěji k odkladu založení rodiny a narození dítěte. Obě situace nejsou pro společnost rozhodně pozitivním přínosem. Startovací bydlení by s minimálním plošným standardem umožnilo začínajícím rodinám překlenout toto pro ně tíživé období. Výstavba objektů pro potřeby startovacího bydlení musí být programově připravována i realizována. Jen ztěží lze očekávat, že by zde privátní sektor sehrál rozhodující roli.

14) Uskutečnění chráněného bydlení pro občany ve svízelné životní situaci

Nelze považovat za něco zcela mimořádného postihně-li člověka velmi obtížná životní situace. Nejčastěji se hovoří o situaci mladých matek těsně po porodu, o mladistvých, kteří opouštějí výchovné ústavy a jsou bez rodinného zázemí, ale hovoří se také o lidech opouštějících nápravná zařízení po ukončení trestu. I když jde o případy zcela rozdílné, jedno mají zcela evidentně společné. Jde o situace, jejichž neovládnutí může jedince poznamenat na celý život a nejsou výjimkou případy kdy jedinec je zcela vyřazen z regulérní společnosti. V každém ohledu jde o případy společnost silně zatěžující. Chráněné nebo záchytné bydlení je forma, která je schopna uvedené případy úspěšně řešit. Existuje zde již řada pozitivních zkušeností. Pořízení takového bydlení však musí být rovněž cíleně a programově připravováno a realizováno.

15) Dosažení potřebných proporcí mezi nájemným a vlastnickým bydlením

Nájemní bydlení je v České republice tradiční formou provozování bytových objektů. Nájemní forma nikdy neovládla zcela oblast našeho bydlení, ale také nikdy neztratila svou významnou pozici. V poslední době se však zdá, že nájemní forma bydlení silně ztrácí svou pozici ve prospěch bydlení vlastnického a to paradoxně v době, kdy je stále hlasitěji slyšet volání po zvýšení mobility našeho obyvatelstva, která by umožnila v rozsáhlejší míře stěhování za prací. Stěhování by pak umožnilo pružnější pohyb na trhu práce a snadnější řešení vzniklých lokálních nezaměstnaností. Uvedená argumentace není až tak jednoznačně přesvědčivá, ale fakt, že nájemné bydlení umožňuje velmi rychle řešit aktuální potřebu některých profesí v našich městech je zcela nesporná. Ostatně nájemní bydlení bylo vždycky součástí životního způsobu české společnosti. Nezbytná renesance nájemního

bydlení a obnovení potřebné proporce mezi nájemním a vlastnickým bydlením je úkol s nímž se bude muset nastupující období vyrovnat.

16) Profesionalizace provozu a správy bytového majetku

Poslední položkou v předkládaném přehledu jednotlivých významných aspektů bytové politiky je nezbytnost prohloubení profesionalizace provozu a správy bytového fondu. Jestli je provoz a správa bytového fondu označena jako poslední položka předkládaného přehledu, pak rozhodně nejde o položku poslední z hlediska jejího významu a závažnosti. V letech direktivního řízení našeho národního hospodářství došlo mimo jiné k hlubokému propadu profesionality a naopak k nárůstu amaterismu ve správě bytového majetku, který se významně promítl i do hlubokého dluhu v údržbě a obnově bytového fondu. Správa bytového majetku dokonce po dlouhou dobu byla odkázána do role činností společensky nepříliš významných. Má-li být odstraněn dlouhodobý dluh v běžné údržbě a obnově bytového fondu a máma-li zamezit vzniku nového, pak správa bytového fondu musí být vykonávána zcela efektivně, což nelze dosáhnout bez plošného uplatnění metody facility managementu, tedy profesionalizací uvedených činností. Zavádění nebude ovšem snadné, ale k jeho zahájení musí být přistoupeno bezodkladně. Prohlubování škod na bytovém majetku si dál společnost již nemůže dovolit.

Samozřejmě všechny uvedené segmenty bytové politiky, problémové okruhy a skutečnosti volající po nápravě, nepředstavují přehled zcela vyčerpávající. Je rovněž jasné, že naléhavost řešení není u všech uvedených problémových okruhů totožná. Mezi jednotlivými okruhy jsou rovněž výrazné rozdíly v rozsahu a náročnosti. Pro všechny je však společný ekonomický a finanční rozměr problému. Žádný z nich není řešitelný bez výrazných finančních vstupů a v každém případě alespoň částečně na jejich řešení se musí podílet veřejné prostředky. Žádný z nich však není bezvýznamný, nepodstatný a tudíž žádný z nich nemůže společnost dlouhodobě ignorovat.

4 NĚKTERÉ PODMÍNKY ŘEŠENÍ

Je-li konstatováno, že žádný z problémových okruhů nelze úspěšně řešit bez značných finančních výdajů, i když jejich konkrétní výše může být v jednotlivých případech různá, nezbyvá než toto konstatování doplnit o požadavek vysoké efektivnosti při vynakládání požadovaných finančních prostředků. Je-li požadována vysoká efektivnost, pak nutno říci, že jí nikdy nelze dosáhnout bez důkladného poznání a důkladné přípravy jejich řešení. V podstatě je řeč o potřebnosti výzkumných prací postupně pro všechny problémové okruhy a jejich pokračování v podobě jasně nastavených realizačních programů. Snad zbývá ještě dodat jak chápat onen zdánlivě jednoznačný pojem efektivnost. Hovoříme-li o efektivnosti, pak musíme mít na mysli vždy dvojí efektivnost a to ekonomickou a efektivnost společenskou. Bohužel na stránku společenské efektivnosti, která především zohledňuje společenské důsledky jednotlivých aktivit či naopak jejich absenci, se velmi často zapomíná a nebo se nebere dostatečně v úvahu. Nutno říci, že u většiny uvedených problémových okruhů naší bytové politiky, je společenská efektivnost kritériem rozhodujícím.

5 ZÁVĚREČNÉ KONSTATOVÁNÍ

Již v úvodu statě je naznačeno, že úloha veřejné správy je pro řešení rozvedených problémových okruhů nepostradatelná. Je patrné, že svůj význam má a bude mít minimálně metodická a finanční účast státu. Je rovněž patrné, že i regionální úroveň státní správy a samosprávy musí sehrát svou úlohu zejména v rovině koordinace bytové politiky v rozmezí regionů a v tomto směru bude muset sehrávat i svou iniciační roli. Zcela jednoznačná je však role lokální samosprávy. Role lokálních samospráv je v uskutečňování úspěšné bytové politiky na svých územích zcela nepostradatelná, ale i zcela nezastupitelná. Utvrzují nás v tom nejenom naše minulé zkušenosti, ale i současné přístupy zemí Evropského společenství. Za základní však musíme považovat otázku zda naše současné lokální samosprávy jsou schopné a hlavně připravené úkoly spojené s řešením

uváděných problémových okruhů bytové politiky úspěšně řešit. Nalézt jednoznačnou odpověď na takto formulovanou otázku není v současné situaci nijak snadné. Při bližším zkoumání je však slyšet mnoho varovných hlasů a lze se setkat s velkou dávkou skepse. Má-li být námaha vynaložená na přípravu řešení souboru naznačených okruhů bytové politiky korunována úspěchem, pak současně musí proběhnout docela zásadní ověření, zda lokální samosprávy jsou schopny se úspěšně vypořádat s naznačenými úkoly.

Závěrem nutno podtrhnout skutečnost, že žádný z uvedených problémových okruhů není řešitelný bez aktivní účasti lokální samosprávy, i když je zřejmé, že míra účasti při řešení může být u jednotlivých problémových okruhů různá. To vše lze snad závěrem ještě zdůraznit tím, že řešení je neodkladné a mimořádně naléhavé a pro zdravý vývoj naší společnosti i zcela nezbytné.

6 PŘEHLED LITERATURY

- [1] HORÁKOVÁ J. a kol.: Zadávací teze bytové politiky města Ostravy – 1. etapa, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, prosinec 2000
- [2] SRB L.: Populační situace a vývojové tendence obyvatelstva a domácností města Ostravy do roku 2020, Terplán a.s. Praha, duben 2001
- [3] KUTA V. + KUDA F.: Regenerace panelových obytných domů jako součást bytové politiky Ostravy, Sborník konference, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, únor 2003
- [4] KUTA V. + KUDA F.: Koncepce bytové politiky měst a obcí, Sborník konference, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, únor 2005
- [5] KUTA V. + KUDA F.: Bydlení – součást kvality života, jeho funkce a změny, Urbanismus a územní rozvoj, číslo 1, ročník 2005

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Regina Kuchtová

Vítězslav KUTA¹, František KUDA², Martin FERKO³

VÝVOJ VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MĚSTA A LETIŠTĚ – VÝBĚR PROBLÉMU

Abstrakt

Předkládaná stať si vytýčila jako úkol definovat základní obsahové rozměry tématu konference, pojednávající o vztahu města a letiště. V úvodní části soustřeďuje pozornost na význam letecké dopravy, vývoj vztahu města a letiště, historii stavby civilních letišť a charakteristice vzletových a přistávacích ploch, jako základnímu technickému prvku letiště. Dále se článek věnuje přehledu překážkových rovin a ploch a ochranným pásmům a leteckému provozu na krátké tratě. V závěrečné části referátu jsou sledovány územně technické důsledky existence letiště, role kvality letecké dopravy, jakož i důvody rozvoje požadavků na leteckou dopravu.

1 ÚVOD

Za více jak sto let létání na strojích, jež jsou těžší než vzduch, nabyla letecká doprava mimořádného významu pro život lidské společnosti. Zvláště výrazně se zapsala a dále zapisuje do života velkých sídel v jejichž blízkosti se nacházejí letiště. Letecká doprava tak nejen ovlivňuje sociální, hospodářské a znalostní stránky naší společnosti, ale výrazně ovlivňuje i celou sídelní soustavu. Není proto divu, že *městské inženýrství* vidí v letecké dopravě významný rozvojový faktor našich měst i regionů. Proto je pochopitelné, že městské inženýrství považuje vztah města a letiště za významný segment své vědomostní výbavy a není proto ani překvapující, že tématu vzájemného vztahu města a letiště věnuje samostatně jednu ze svých pravidelných a tradičních konferencí.

V úvodu je však ještě nutné konstatovat, že letišť z hlediska svého poslání je rozlišováno několik druhů. Mimo letiště civilní, lze jmenovat i letiště vojenské, zkušební, tovární, sportovní a případně účelové. Předkládaný článek soustředí svou pozornost výhradně na letiště civilní, neboť jejich význam pro rozvoj letecké dopravy je určující.

2 VÝZNAM LETECKÉ DOPRAVY

Úkoly jednotlivých druhů dopravy předurčují jejich společenský význam a váhu a tím definují i jejich rozdělení. Rozdělení pak reflektuje, jak dopravní obor uspokojuje potřeby společnosti a jak se vyrovnává s omezujícími faktory. Rozdělení úkolů jednotlivých druhů dopravy však není jednorázové, ale naopak se trvale vyvíjí. Trvalé přizpůsobení dopravních oborů měnícím se faktorům a společenským podmínkám je současně požadavkem i zásadní direktivou. Toto trvalé přizpůsobování zejména v případě letecké dopravy bude probíhat ovšem s dosti významným časovým zpožděním. To vše souvisí s několika nevýznamnými okolnostmi:

- Jde především o jistý rozpor mezi časovými parametry životnosti letadel představovanými hodnotou 20 až 30 let a životností letišť. Na rozdíl od letadel,

¹ Prof. Ing. Vítězslav Kuta, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 961, e-mail: vitezslav.kuta@vsb.cz.

² Ing. František Kuda, CSc., Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 934, e-mail: frantisek.kuda@vsb.cz.

³ Ing. Martin Ferko, Katedra městského inženýrství, Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 597 321 966, e-mail: martin.ferko.fast@vsb.cz.

letišť, bez nichž letecký provoz není myslitelný, dosahují délky životnosti 80 až 100 let.

- Reálně lze předpokládat, že nebude již mnoho příležitostí pro stavbu nových velkých letišť.
- Letiště jsou vystaveny velkým dopravním špičkám.
- Všechna letiště jsou v území dlouhodobým fixním prvkem a proto je nutné letiště plánovat i budovat s dlouhodobým předstihem.

3 VÝVOJ A CHARAKTERISTIKA VZTAHU MĚSTA A LETIŠTĚ

Vztah letišť a osídlení a specificky pak vztah letiště a mateřského města je u všech typů letišť a u civilních letišť především dán čtyřmi základními aspekty:

- Vzájemným dopravním vztahem.
- Vlivem letiště na životní prostředí.
- Inspirujícím významem letiště pro rozvoj města a naopak.
- Územně technické omezením, jímž letiště zatěžuje své okolí.

Vzájemný vztah města a letiště vznikl v okamžiku vzletnutí prvního letadla. Vztah procházel velkými proměnami, které se promítaly do míry významu jednotlivých uvedených aspektů. Vzájemný dopravní vztah nalézá své vyjádření zejména v druhu zvoleného přepravního prostředku, jejichž současná škála je dosti značná. Životní prostředí pak letiště ovlivňuje především hlukem, který letadla způsobují při svém letu, startu a přistání a dále pak v menší míře produkcí plyných exhalací leteckých motorů. Inspirující význam letiště je směřován spíše k rozvoji ekonomickému, obzvláště v případech kdy v blízkosti letiště vznikne významná průmyslová zóna. Za specifickou oblast z tohoto hlediska lze považovat turistický ruch. Územně technická omezení rovněž procházela významnými změnami a to zejména ve vazbě na vývoj technických a kapacitních možností letadel. V poslední době se však územně technická omezení zdají být dosti stabilizovaná.

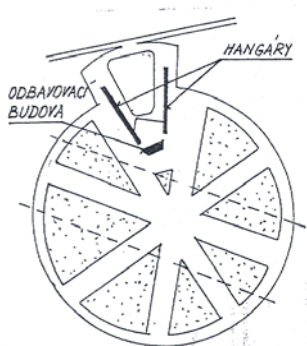
Vývoj vztahu města a letiště lze do jisté míry velmi dobře pozorovat na historickém vývoji stavby letišť.

4 HISTORIE STAVBY CIVILNÍCH LETIŠŤ

Vývoj letišť a jejich stavby byl v podstatě obdobný na celém světě, i když v nestejných časových relacích.

- Po dlouhé období sloužily pro starty a přistání velké travnaté plochy – louky. Pro starty a přistání byly louky používány ve všech směrech, neboť start i přistání musel být uskutečňován proti větru. Velký problém vždy představovala rozmoklá plocha letiště po vydatných deštích a proto se začalo přistupovat k odvodnění letištních travnatých ploch nejčastěji formou osazených drenáží.
- Růst hmotnosti dopravních letadel umožnil nižší citlivost při startech a přistáních na boční vítr. To umožnilo budování provozních pásů o rozměrech 200 x 800 až 1.000 m s tím, že provozní pásy byly budovány v jednom nebo několika směrech, tzv. dráhový systém. Taková letiště byla budována zpravidla u důležitého silničního tahu z důvodu dobré dopravní dostupnosti letiště, ale z důvodů dobré orientace letců v terénu.

- Vzhledem k uvedené nižší citlivosti letadel na boční vítr tolerovala se odchylka od směru větru $22^{\circ}30'$. Tento požadavek zhruba splňovalo 3 pásové letiště, kdy pásy vzájemně svíraly úhel 60° .
- Plně vyhovující pak bylo letiště se 4 provozními pásy při vzájemném úhlu jednotlivých provozních pásů 45° .



Obr. 1 Dráhový systém kruhového letiště



Obr. 2 Dráhový systém eliptického letiště

- Nezbytnost spojení tedy létání i za špatného počasí si vyžádalo prodloužení provozních pásů na 2.000 m, čímž vznikl koncept eliptického letiště. Pro pilotovu orientaci bylo zvlášť významné barevné rozlišení, kdy provozní pásy byly šedé a okolní travnaté plochy zelené.
- Nástup letadel s vysokou hmotností si vynutil budování zpevněných drah, které navíc umožňovaly rozjezd letadel až o 1/3 kratší a to v důsledku nových podvozkových systémů, zdvojených kol letadel a zavedením brzdných systémů.

Uvedený přehled vývoje stavby letišť je sice stručný a tudíž i zjednodušující, poskytuje však alespoň rámcový názor na změny jimiž letiště prošla. Tak jak se měnily tvary a rozměry letišť, měnil se kvalitativně i kvantitativně vztah města a letiště. Pro lepší pochopení nebude zřejmě od věci více přiblížit současnou situaci vzletových a přistávacích drah.

5 CHARAKTERISTIKA VZLETOVÝCH A PŘISTÁVACÍCH DRAH

Mezi základní charakteristiky vzletových a přistávacích drah nesporně patří jejich druh, délka, šířka a jejich příčné a podélné sklony. Délky zpevněných vzletových a přistávacích drah se na dnešních letištích zpravidla pohybují v rozmezí 900 m až 3.500 při čemž v konkrétních případech jde o škálu hodnot 1.300, 1.800, 2.600 a 3.250 m. Z hlediska druhů pak se zpravidla hovoří o přístrojových drahách, drahách pro přesné přiblížování a drahách nepřístrojových. Šířky vzletových a přistávacích drah jsou nejčastěji v hodnotách 30, 45 a 60 m. Podélný sklon jednotlivých částí vzletových a přistávacích drah se pohybuje v rozmezí 1,0 až 1,5%, při čemž sklon přímky spojující oba konce vzletové a přistávací dráhy představuje hodnotu 1,0%. Příčné sklony VPD nesmí překročit 2%.

Počet, směr a umístění vzletových a přistávacích drah se stanovuje v závislosti na podmínkách:

- 1) klimatických (směr a síla větru, dohlednost, výška mrakové základny)
- 2) topografických (výšková členitost území)

- 3) letecko-provozních (hustota a druh leteckého provozu, vztah k zájmové oblasti, k provozu sousedních letišť a k poloze letových cest).

Z předchozích rámcových konstatování plyne zcela jednoznačně, že letiště jsou zcela pravidelně situována ve velmi rovinatém území. Vyhledat takto rovinaté území s dostatečnou rozlohou v blízkosti velkých měst bývá většinou úlohou velmi obtížnou. Stavba letiště obsahuje (zahrnuje) všechny druhy inženýrských staveb. Převažují zemní práce, které se vyskytují ve velkém rozsahu a na velké ploše. Dále to jsou zpevněné plochy, lstešní dráhy a jejich vybavení.

Specifickou kategorií představují vrtulníková přístaviště, která bývají budována jako pozemní heliporty nebo heliporty na konstrukcích.

6 PŘEKÁŽKOVÉ ROVINY A PLOCHY A OCHRANNÁ PÁSMA

Územně technické omezení, jimž letiště zatěžuje své okolí má v podstatě dvojí charakter. Jednak jde o překážkové roviny a plochy a jednak o ochranná pásma.

Překážkové roviny a plochy

Vzdušný prostor, který slouží pro přiblížení letadel na přistání nebo prostor, ve kterém vstoupají letadla po vzletu či provádějí okruhy nad letištěm, musí zajišťovat bezpečnost všech těchto pohybů. Vzdušný prostor je proto v blízkosti letiště vymezen systémem překážkových rovin a ploch, přes které nemají přesahovat jakékoliv překážky. Systém je sám o sobě dosti složitý. Svědčí o tom výčet překážkových rovin a ploch:

- vzletová překážková rovina
- přibližovací překážková rovina
- vnitřní vodorovná překážková rovina
- kuželová překážková plocha
- vnější vodorovná překážková rovina
- přechodová překážková plocha
- vnitřní přibližovací rovina
- vnitřní přechodová plocha
- rovina nezdařeného přiblížení

Ochranná pásma

Ochranná pásma leteckých pozemních zařízení se člení na pásma:

- užšího okolí letiště
- širšího okolí letiště
- leteckých zabezpečovacích zařízení
- ornitologická.

Konstrukce návrhu ochranných pásem leteckých pozemních zařízení musí respektovat:

- stavebně technické a letecko provozní posouzení letiště
- koncepci dlouhodobého rozvoje leteckých pozemních zařízení
- výhledové studie leteckých pozemních zařízení
- technické parametry leteckých zabezpečovacích zařízení
- Dokumenty územně plánovacího charakteru.

Pro lepší pochopení a orientaci bude vhodné uvést alespoň členění ochranných pásem užšího okolí letiště:

- se zákazem staveb
- s výškovým omezením staveb

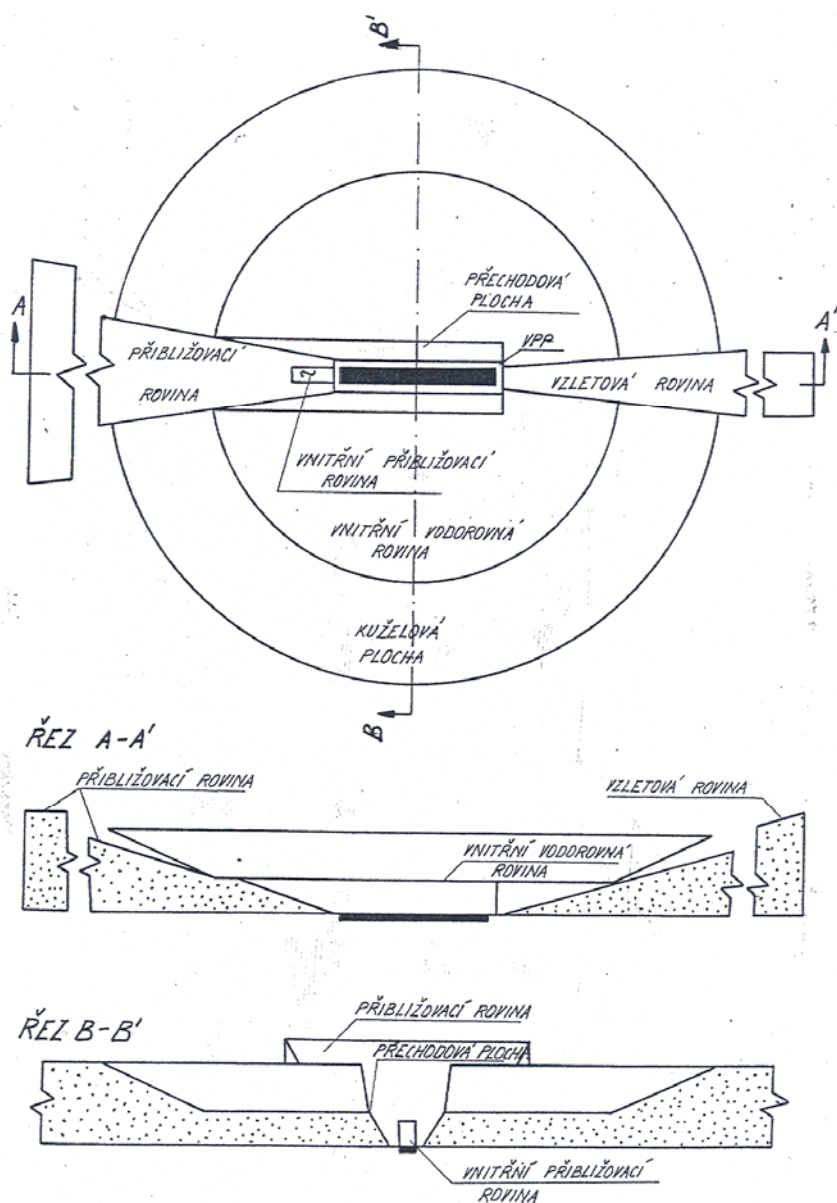
- proti nebezpečným a klamavým světlům
- s omezením staveb vzdušných vedení vn a vvn

Z předchozího konstatování je patrné, jak výrazně letiště a letecká pozemní zařízení obecně zatěžují své bezprostřední okolí, ale i širší navazující prostor.

7 DOPRAVNÍ PROSTŘEDKY PRO SPOJENÍ MĚSTA A LETIŠTĚ

Dopravní spojení města a letiště lze nejlépe charakterizovat přehledem dopravních prostředků, jež jsou pro tento účel používány. Dopravních prostředků pro spojení města a letiště je dnes celá řada a v poslední době se objevují i některé netradiční:

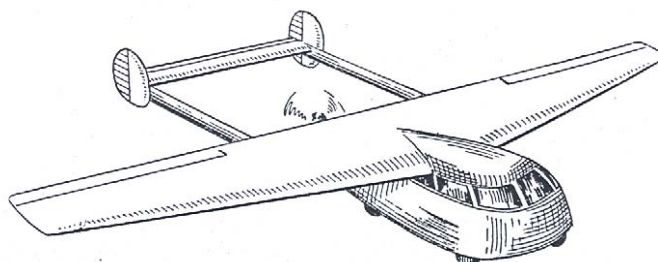
- **Autobusy** – Dnes jsou jimi vybaveny prakticky všechna letiště. Velmi často autobusy vlastní a provozují letecké společnosti a jejich provoz má pak velmi dobrou vazbu na letový řád. Častější je však případ, kdy autobusové linky jsou součástí městské hromadné dopravy, což znamená krátké intervaly a relativně nízké ceny jízdného. Tato forma dopravy je vhodná i pro zaměstnance a návštěvníky letiště. Mezi výhody lze zahrnout pohyblivost, možnost objížděk, možnost změny stanoviště a využití městských komunikací i bez přímých investičních nákladů. Průměrná cestovní rychlost autobusu je však pouze 35 km za hodinu.



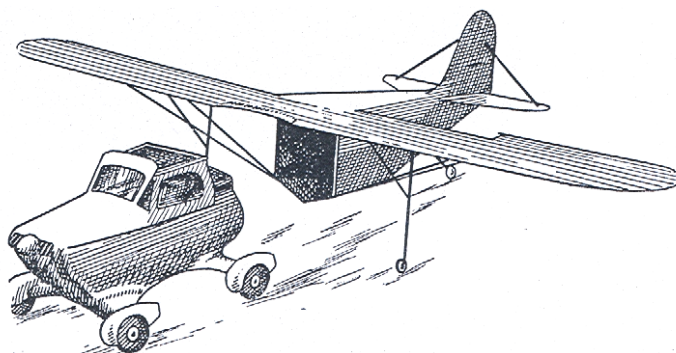
Obr. 4 Překážkové roviny a plochy letiště – půdorys a řezy

- **Elektrická trať** – tramvaj – husté zastávky tramvajové dopravy snižují ovšem rychlost spojení a navíc je vyloučena možnost zvláštních přímých souprav pro cestující leteckou dopravou. Pokud ovšem lze docílit umístění tramvaje na vlastní těleso mimo komunikace, pak lze programovat málo zastávek, čímž lze docílit větší cestovní rychlosti, která u tradiční tramvaje se pohybuje v rozmezí 15 až 25 km/hod.
- **Trolejbusy** – v podstatě se jedná o obdobnou situaci jako v případě tramvají.

- **Rychlodráhy** – kolejová rychlodráha na kolejovém svršku s mimoúrovňovým křížením představuje velmi dobrou vazbu na letová řád, zvýšenou kapacitu souprav i snadný odvoz velkých zavazadel.
- **Metro** – jde o velmi náročný dopravní systém a to investičně i technicky, avšak dopravní systém velmi atraktivní. Přeprava dosahuje vysokých cestovních rychlostí a je charakteristická vysokou výkonností. Lze ji však nasadit pouze v případě velkoměst vybavených metrem. Např. Ženeva, Düsseldorf, Chicago, Londýn (Hearthrow).
- **Rychlodráha + metro** –Jako velmi zdařilá se jeví kombinace rychlodráhy a metra. Jde o případ kdy na trase mezi městem a letištěm je dráha vedena jako pozemní, která je však v prostoru letiště zapašně pod zem tak, aby bezprostředně navazovala na odbavovací halu pro cestující letecké přepravy. Např. letiště Brusel takto obsluhuje nejen vlastní Brusel, ale i další okolní města viz Antwerpy.
- **Osobní automobily** – tato přeprava je umožněna na všechny letiště je však ekonomicky značně nevýhodná. Nezbytným předpokladem je vybudování kapacitních parkovišť na letišti a také kapacitních komunikací mezi městem a letištěm. Zvlášť významnou roli zde zaujímá taxislužba.



Obr. 5 Za druhé světové války navrhl v Americe konstruktér Stout „létající automobil“. Pozdější některé koncepce se neliší valně od jeho tehdejšího návrhu.



Obr. 6 Robert E.Fulton, potomek vynálezce parolodi, navrhl „létající automobil“ s oddělitelnou letadlovou částí od automobilové. Ve vzduchu má jeho typ dosáhnout 200 km/h, po silnici 75 km/h.

- **Vrtulníky** – nasazení vrtulníků představuje nezávislost na ostatních druzích přepravy, dosahování poměrně velké rychlosti a malé nároky na přistávací plochu. Vedle toho však vykazuje dosti závažné nevýhody. Jednak jde o malou kapacitu vrtulníků, problémy při špatné viditelnosti a závažné problémy spojené s hlukem.

Za zvlášť nepříjemné důsledky možno označit nadměrný hluk, účinek proudu vzduchu od rotoru (až 100 km v hodině), při čemž dosah se rovná až trojnásobku průměru rotoru což je až 75 m a konečně nadměrná rotace.

Nutno říci, že v několika případech tento systém byl použit. Později však bylo od něj upuštěno. Jako příklad lze uvést zejména nasazení leteckou společností SABENA v Bruselu již v roce 1953, Moskva – Šeremetěvo, New York – La Guardia, Newark a San Francisco. Svou roli hraje i skutečnost, že provoz vrtulníky je třikrát dražší než klasickými letadly.

- **Netradiční dopravní systémy** – netradičních dopravních systémů je dnes již k dispozici také několik, mají ovšem vesměs experimentální charakter. Za jiné lze uvést systém Alweg..

Z uvedeného je patrné, že vztah město a letiště dnes již nabývá mnoha podob a volba nejvhodnějšího dopravního prostředku je otázkou konkrétní podoby vzájemného vztahu města a letiště i specifických podmínek města, letiště a vzájemné propojující cesta, jakož i mnoha dalších.

8 LETECKÝ PROVOZ NA KRÁTKÉ TRATĚ

Obecně se konstatuje, že letecká doprava je až osmkrát rychlejší než železniční. Toto konstatování je však velmi diskvalifikováno v případě přepravy na krátké tratě, která vykazuje značné časové ztráty způsobené zejména:

- Odbavením cestujících a letadel
- Mrtvými časy
- Vzdáleností letiště od města
- Odbavováním leteckých nákladů a pošty
- Velkými vzdálenostmi od dopravního prostředku k letadlu
- Celní a pasovou kontrolou
- Rolováním letadla od staniční budovy k odletové dráze.

9 ÚZEMNĚ TECHNICKÉ DŮSLEDKY EXISTENCE LETIŠTĚ

Charakter vzájemného vztahu města a letiště silně dokresluje specifikace územně technických důsledků existence letiště, které pro svou jednoznačnost není nutno dále komentovat:

- Terénní a vodohospodářské úpravy a likvidace lesních porostů mohou vést k možné změně klimatu
- Letecký hluk
- Znečištění ovzduší
- Znečištění podzemních vod.

Za nejvýznamnější důsledek na území lze bezesporu označit letecký hluk. V této souvislosti bude jistě vhodné uvést cesty, jež mohou vést k omezení leteckého hluku:

- Omezování vzniku leteckého hluku a to prostřednictvím použití méně hlučných motorů, umístěním letové tratě mimo hustě obydlené území a omezováním intenzity leteckého provozu
- Používání zvukových izolací, tlumících stěn a místních úprav

- Komplexní územně plánovací přístup k řešení hluku

10 KVALITA LETECKÉ DOPRAVY

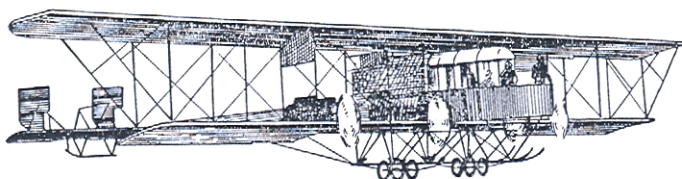
Vzájemný vztah města a letiště velmi úzce souvisí s kvalitou letecké dopravy. Zmíněná kvalita velmi silně ovlivňuje uváděný vzájemný vztah. Růst kvality letecké dopravy bude nesporně znamenat růst počtu jejích klientů, což povede k dalšímu zintenzivnění zmíněného vztahu. Co všechno tedy kvalita letecké dopravy zahrnuje:

- Rychlost přepravního procesu
- Bezpečnost v době celé přepravy
- Pravidelnost přepravy
- Přepravní kapacita
- Pohodlí během přepravy

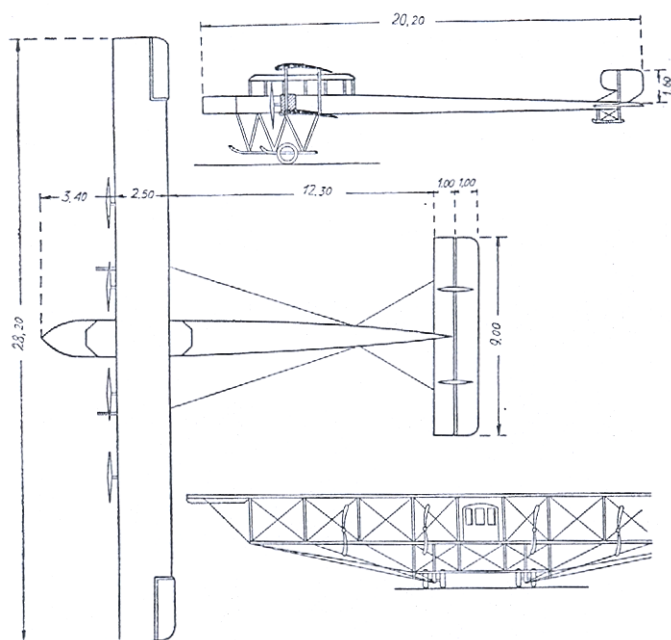
11 DŮVODY ROZVOJE POŽADAVKŮ NA LETECKOU DOPRAVU

Dříve než předkládaná stať dospěje ke svému závěru, je potřebné ještě uvést důvody rozvoje požadavků na leteckou dopravu, neboť tyto se nesporně budou intenzivně promítat do dalšího vývoje vztahu města a letiště a budou jej velmi silně stimulovat. Souhrnně lze říci, že důvody rozvoje požadavků na leteckou dopravu spočívají v:

- Rostoucím počtu obyvatel světa
- Stále rostoucím stupni vzdělání
- Zvyšujícím se zájmu o cestování
- Koncentraci obyvatel do měst tedy v procesu urbanizace lidské společnosti.



Obr. 7 První úspěšné velkoletadlo se čtyřmi motory sestrojil r. 1912 v Rize ruský konstruktér Sikorský. Jsou tu poprvé motory uspořádány na nosné ploše podél rozpětí. Tím začíná vývoj letadel s větším počtem motorů a vůbec vývoj velkoletadel, dopravních i vojenských. Na přídě je ochoz, kde lze stát za letu, za ním jedna z prvních kabin.



Obr. 8 Náčrt čtyřmotorového dvouplošníku Igora Sikorského podává představu o prvním úspěšném velkém a zároveň vícemotorovém letadle. Jeho rozměry byly úctyhodné, ale podle tehdejší techniky lehká stavba s velmi nízkým plošným zatížením umožnila, že tak velké letadlo vystačilo s výkonem pouhých 400 k. s. k dobrým letadlům. Vykonán let se 16 cestujícími na palubě.



Obr. 9 Boeing 737-500



Obr. 10 Airbus A 310-300

12 ZÁVĚR

Především je nutno uvést, že rozhodujícím úkolem překládané statě je rámcově definovat základní obsahové rozměry tématu konference tj. vzájemného vztahu města a letiště. Přístup k problému je nazírán prizmatem urbanistického a rozvojového pohledu měst a zejména měst velkých, přičemž je akcentován zejména rozvoj ekonomický. Z hlediska věcného vymezení tématu je pozornost zaměřena na civilní letiště, prvoplánově na osobní dopravu a teprve následně na dopravu nákladní. Za rozhodující nutno považovat skutečnost, že vztah města a letiště podléhá neustálému vývoji a tudíž neustálým změnám, o čemž mimo jiné svědčí historie výstavby letišť. Změny, jež mají tendenci akcelarovat, se týkají jak fenoménu města, tak letiště, ale i jejich vzájemného propojení. Město podmiňuje rozhodující parametry letiště, zejména pak kapacitní. Letiště pak stimuluje socioekonomický rozvoj města. Letiště však současně zatěžuje své bezprostřední okolí i širší navazující prostor mimo jiné hlukem a územně technickými důsledky (viz. Překážkové roviny a plochy a ochranná pásma). Nakonec nelze pominout volbu dopravního prostředku pro spojení města a letiště a její význam pro kvalitu předmětného vztahu.

13 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠVEJDA, V.: Stavba letišť, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1964
- [2] FÁBERA, J, KYNCL, M.: Dopravní letiště, Nakladatelství dopravy a spojů, Praha 1977
- [3] RONDOS, L. KAUN, M.: Letiská, alfa Vydavatelstvo, technickej a economickej literatury, Bratislava 1990
- [4] KAZDA, A.: Design a prevádzka, Vydala Vysoká škola dopravy a spojov v Žilíně 1995
- [5] KAUN, M.: Letiště (Navrhování), Vydavatelství ČVUT Praha 1996
- [6] SEDLÁČEK, B.: Letecká doprava, Vydala Žilinská univerzita v Žilíně, 2000

14 GRAFICKÉ PŘÍLOHY:

- [7] Grafické přílohy č. 1 až 4 byly převzaty z publikace Doc.Ing. Miroslav Kaun, CSc: Letiště (Navrhování), ČVUT Praha 1996
- [8] Grafické přílohy č. 5 až 8 byly převzaty z publikace Pavel Beneš: Svět křidel I až III díl, Orbis, Praha 1949
- [9] Grafické přílohy č. 9 a 10 byly převzaty z publikace Doc.Ing. Bohuslav Sedláček, CSc: Letecká doprava, Žilinská univerzita v Žilíně, 2000

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Regina Kuchtová.

Josef ALDORF¹, Eva HRUBEŠOVÁ², Karel VOJTASÍK³, Lukáš ĎURIŠ⁴

STANOVENÍ TUHOSTI BETONOVÉHO OSTĚNÍ VYZTUŽENÉHO VÁLCOVANÝMI PROFILY

1 ÚVOD

Pro primární vyztužení tunelů prováděných NRTM se používá stříkaný beton vyztužený ocelovými prvky. Základní vstupní veličinou pro matematické modelování primárního ostění je stanovení ohybové a normálové tuhosti ostění, což zejména u průřezu vyztužených tuhými válcovanými prvky (v současnosti např. tunel Dobrovského v Brně) může výrazně zkomplikovat řešení. Pro nahrazení takového vyztuženého průřezu průřezem homogenním je používána teorie ocelobetonu, kde homogenizace průřezu je prováděna podle vztahů

$$b_{ci} = \frac{b_c \cdot E_c}{E_s} ; A_{ci} = b_{ci} \cdot h_c ;$$

převádějících problém homogenizace na stejnorodý průřez s modulem pružnosti E_s , ze kterého jsou dále počítány průřezové veličiny J_x a další. Tento postup zejména u časově závislých modulů pružnosti betonu vede k potřebě opakování výpočtu s jinou hodnotou b_{ci} . V příspěvku je předložen alternativní přístup, využívající teorii nehomogenních spolupracujících prstenců podle Fotievy homogenizující průřez ve vztahu modulu pružnosti betonu.

2 POSTUP PŘI STANOVENÍ KVAZIHOMOGENNÍHO MODULU PRUŽNOSTI PRŮŘEZU

Algoritmus pro stanovení kvazihomogenního modulu pružnosti kruhového nehomogenního výztužního prstence vychází z analytického modelu pro výpočet napěťo-deformačního stavu ve vícevrstevném kruhovém prstenci, který byl formulován Fotievovou [1]. Tento algoritmus vychází z předpokladu, že se vnější zatížení (normálové i smykové) prstence přenáší jednotlivými vrstvami pomocí tzv. přenosových koeficientů, které obecně plynou z podmínky spojitosti deformací na jednotlivých kontaktech vrstev výztuže. Tyto přenosové koeficienty jsou funkcemi tloušťky vrstev a přetvárných charakteristik materiálů vrstev (Poissonovo číslo, modul pružnosti). Metoda vychází z následujícího tvaru vnějšího zatížení (obr.1).

¹ Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 944, e-mail: josef.aldorf@vsb.cz.

² Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

³ Doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 947, e-mail: karel.vojtasik@vsb.cz.

⁴ Ing. Lukáš Ďuriš, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 948, e-mail: lukas.duris@vsb.cz.

$$p = p_n = p_0 + p_2 \cos 2\theta$$

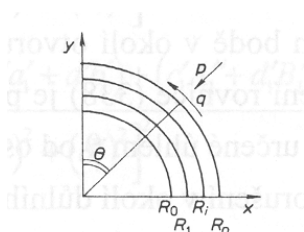
$$q = q_n = q_0 \sin 2\theta$$

p_0 – radiálně symetrická složka normálového vnějšího zatížení

p_2 – radiálně nesymetrická složka normálového vnějšího zatížení

q_2 – složka vnějšího tangenciálního zatížení

Napětí p_k, q_k na jednotlivých kontaktech vrstev jsou definována pomocí přenosových koeficientů následujícími vztahy:



$$p_k = p_0(k) + p_2(k) \cos 2\theta$$

$$q_k = q_0(k) \sin 2\theta$$

$$p_0(k) = \left(\prod_{i=k+1}^n K_0(i) \right) p_0$$

$$\begin{pmatrix} p_2(k) \\ q_2(k) \end{pmatrix} = \left[\prod_{i=k+1}^n \begin{pmatrix} K_{pp}(i) & K_{pq}(i) \\ K_{qp}(i) & K_{qq}(i) \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} p_2 \\ q_2 \end{pmatrix}$$

Obr. 1: Základní výpočetní schéma vícevrstvého výztužního systému

kde $K_0(i)$, $K_{pp}(i)$, $K_{pq}(i)$, $K_{qp}(i)$, $K_{qq}(i)$, $i=1, \dots, n$ jsou přenosové koeficienty přes i -tou vrstvu výztuže (přenosové koeficienty přes první (vnitřní) vrstvu jsou rovny nule).

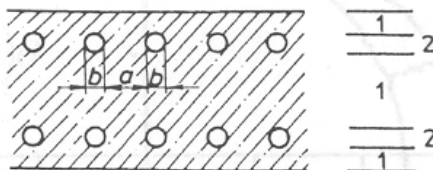
Takto vyjádřeným hodnotám napětí na jednotlivých kontaktech vrstev pak odpovídají posuny na kontaktech vrstev. Pro radiálně symetrickou složku posunů na vnějším povrchu k -té vrstvy platí vztah:

$$u_0(k) = \frac{R_k}{4G_k(c_k^2 - 1)} \left(p_0(k)d_1' - p_0(k-1)d_2' \right)$$

$$c_k = \frac{R_k}{R_{k-1}}, \kappa_k = 3 - 4\mu_k \quad (1)$$

$$d_1' = c_k^2(\kappa_k - 1) + 2, d_2' = \kappa_k + 1$$

Uvedená výpočetní metodika je základem pro stanovení kvazihomogenního modulu pružnosti nehomogenního ostění. Nehomogenní ostění s vnitřními vložkami z odlišného materiálu (např. ocelové vložky) lze totiž rozdělit na jednotlivé dílčí vrstvy, z nichž některé jsou vrstvy homogenní (tři vrstvy označené 1 na obr. 2), některé jsou nehomogenní s pravidelně se střídajícími dílčími tuhostně odlišnými oblastmi (výplň, vložka) (dvě vrstvy označené 2 na obr. 2). Celé toto ostění tak může být považováno za speciální případ vícevrstvého ostění a pro stanovení napětí-o-deformačního stavu lze tedy vycházet z již zmíněného algoritmu pro řešení vícevrstevných prstenců.



Obr. 2: Metodika rozdělení nehomogenního ostění na jednotlivé dílčí vrstvy typu 1 a 2

Výpočetní postup pro stanovení kvazihomogenního modulu pružnosti nehomogenního ostění lze rozdělit do dvou dílčích kroků:

1) stanovení dílčího kvazihomogenního modulu pružnosti v jednotlivých dílčích nehomogenních vrstvách, ve kterých jsou instalovány ocelové vložky

2) stanovení celkového kvazihomogenního modulu pružnosti pro celý prstenec ostění

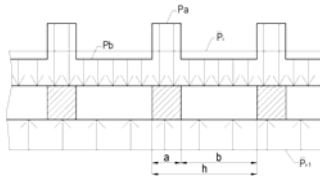
3 STANOVENÍ DÍLČÍHO KVAZIHOMOGENNÍHO MODULU PRUŽNOSTI V DÍLČÍ NEHOMOGENNÍ VRSTVĚ

Tvar pro vyjádření dílčího kvazihomogenního modulu pružnosti dílčí nehomogenní vrstvy plyne ze základního předpokladu, že radiální posunutí na kontaktních plochách jednotlivých vrstev je identické jak v případě kontaktu s vložkou, tak v případě kontaktu s výplní. Napětí na jednotlivých kontaktech však, na rozdíl od posunů, vykazují nespojitý průběh (obr. 3), v tužších prvcích systému (např. ocelové vložky) s určitým modulem pružnosti E_a se napětí koncentrují, v poddajnějších částech (výplň), charakterizovaných modulem pružnosti o velikosti E_b , jsou napětí nižší (Poissonova čísla považujeme v obou materiálech za identická). Průměrná radiálně symetrická složka normálového napětí v této nehomogenní vrstvě i odpovídá stanovovanému dílčímu kvazihomogennímu smykovému modulu pružnosti, napětí odpovídající vložkám a napětí ve výplni lze dle vztahů Fotievy vyjádřit vztahy:

$$p_a = \bar{p}_i \left(1 + \rho \frac{h}{a} \right), \quad p_b = \bar{p}_i \left(1 - \rho \frac{h}{b} \right), \quad h = a + b$$

$$\rho = A_p \left(1 - K_0(\bar{G}) \frac{d_2'}{d_1'} \right), \quad A_p = \frac{a}{h} \frac{1 - \chi_b}{\chi_b + \frac{a}{b}}, \quad \chi_b = \frac{G_b}{G_a}, \quad G_b = \frac{E_b}{2(1 + \mu)}, G_a = \frac{E_a}{2(1 + \mu)}, \quad \mu = \mu_a = \mu_b$$

kde $K_0(\bar{G})$ je koeficient přenosu zatížení přes analyzovanou dílčí nehomogenní vrstvu i odpovídající kvazihomogennímu modulu pružnosti $\bar{G}$, výrazy $X_a = 1 + \rho(h/a)$ a $X_b = 1 - \rho(h/b)$ jsou přerozdělovací koeficienty průměrných hodnot napětí mezi vložky a výplň.



Obr. 3: Schéma vzájemného vztahu průměrných hodnot napětí a hodnot napětí ve výplni a ve vložkách v nehomogenní dílčí vrstvě

Ze základního výchozího předpokladu rovnosti posunů na kontaktu s vložkou (u_a) i s výplňovým materiálem (u_b) plyne:

$$u_a(G_a) + u_b(G_b) = 2u(\bar{G})$$

Po dosazení

$$\frac{R_i}{4G_a(c^2 - 1)} \bar{p}_i \left[\left(1 + \rho \frac{h}{a} \right) d_1' - K_0(\bar{G}) d_2' \right] + \frac{R_i}{4G_b(c^2 - 1)} \bar{p}_i \left[\left(1 - \rho \frac{h}{b} \right) d_1' - K_0(\bar{G}) d_2' \right] = 2 \frac{R_i}{4\bar{G}(c^2 - 1)} \bar{p}_i \left(d_1' - K_0(\bar{G}) d_2' \right)$$

Z předchozí rovnice vyplývá vztah pro určení dílčího kvazihomogenního smykového modulu pružnosti v dílčí nehomogenní vrstvě, který je váženým průměrem obou modulů G_a a G_b s vahami odpovídajícími příčným rozměrům a , b tuhostně odlišných oblastí:

$$\bar{G} = \frac{G_a a + G_b b}{a + b}, \quad \bar{E} = 2\bar{G}(1 + \mu)$$

4 STANOVENÍ CELKOVÉHO KVAZIHOMOGENNÍHO MODULU PRUŽNOSTI PRO CELÝ PRSTENEC OSTĚNÍ

Postup stanovení celkového kvazihomogenního modulu pružnosti pro celý výztužní prstenec lze charakterizovat následovně:

a.) homogenizujeme první dvě vnitřní vrstvy výztužního prstence s využitím podmínky, že radiální složka posunů na vnějším obrysu v pořadí druhé vrstvy musí být identická jak v případě, že uvažujeme dvouvrstvý systém s rozdílným modulem pružnosti v každé vrstvě, tak v případě, že uvažujeme jednu vrstvu (její tloušťka je součtem tloušťek obou dílčích vrstev) s kvazihomogenním modulem pružnosti $\bar{G}^c$.

Výchozí podmínka pro radiální posun na vnějším poloměru 2. vrstvy má tedy tvar:

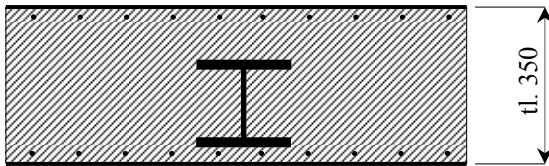
$$u_0(R_0, R_2, \bar{G}^c) = u_0(R_1, R_2, G_1, G_2)$$

kde

$u_0(R_0, R_2, \bar{G}^c)$ je radiální posun odpovídající jedné vrstvě s vnitřním poloměrem R_0 a vnějším poloměrem R_2 charakterizované hledaným celkovým kvazihomogenním modulem pružnosti

$u_0(R_1, R_2, G_1, G_2)$ je radiální posun odpovídající dvěma vrstvám charakterizovaným modulem pružnosti G_1 a G_2

S využitím vztahů [1] pro vyjádření hodnot radiálních posunů a po úpravě dostáváme tvar celkového kvazihomogenního smykového modulu pružnosti:



$$\bar{G}^c = \frac{d_1' G_2 (c^2 - 1)}{(c^{*2} - 1)(d_1' - K_0(G_1, G_2)d_2')}$$

$$c = \frac{R_2}{R_1}, c^* = \frac{R_2}{R_0}, d_1' = c^2(2 - 4\mu) + 2,$$

$$d_2' = 4 - 4\mu, d_1^{*'} = c^*(2 - 4\mu) + 2$$

Obr. 4: beton SB 25, mřížovina 6x6x100, HEB 200

- $K_0(G_1, G_2)$ koeficient přenosu zatížení přes druhou vrstvu

b.) po provedení homogenizace prvních dvou vnitřních vrstev výztuže zavedeme tuto homogenizovanou vrstvu s tloušťkou rovnou součtu tloušťek obou dílčích vrstev do uvažovaného vícevrstvého systému a proces homogenizace opakujeme dle postupu popsaného výše.

Algoritmus pro stanovení celkového kvazihomogenního modulu pružnosti nehomogenního prstence ostění lze tedy formulovat následovně:

1) Rozdělení prstence na určitý počet vrstev homogenních (typ vrstev 1) a určitý počet vrstev nehomogenních (typ vrstev 2). Omezujícími podmínkami pro toto dělení je to, že nesmí následovat dvě nehomogenní vrstvy bezprostředně za sebou, musí být vždy odděleny alespoň jednou homogenní vrstvou (i když o minimální tloušťce).

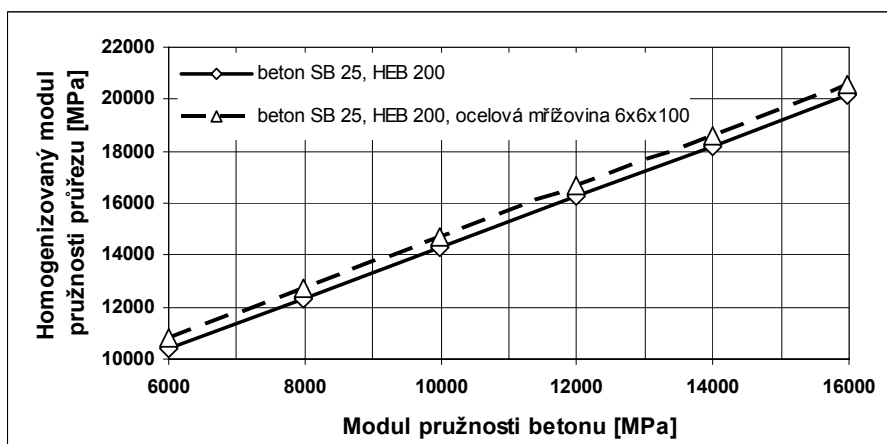
2) Stanovení příslušných dílčích kvazihomogenních modulů pružnosti pro všechny nehomogenní vrstvy v systému.

3) Určení celkového kvazihomogenního modulu pružnosti pro celý prstenec (metoda postupné homogenizace od vnitřních vrstev k vnějším).

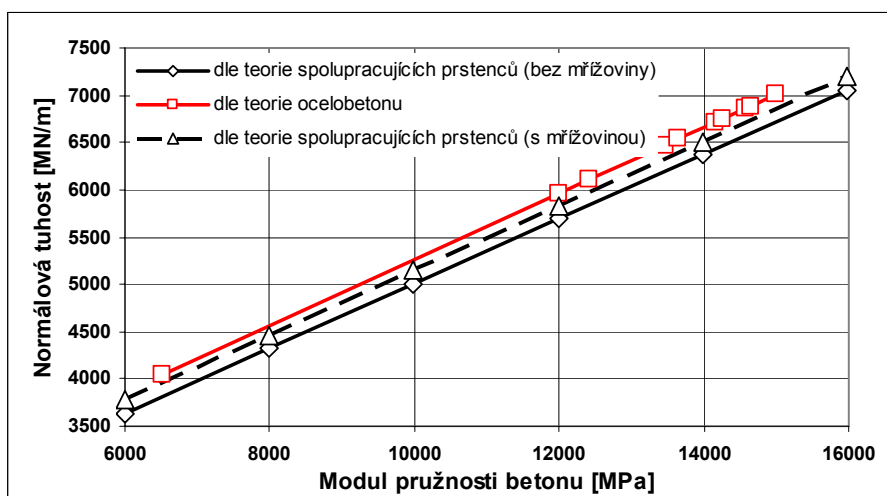
5 SROVNÁVACÍ ŘEŠENÍ VELIKOSTI OHYBOVÉ A NORMÁLOVÉ TUHOS- TI OSTĚNÍ TUNELU DOBROVSKÉHO

Primární ostění tunelu Dobrovského je vyztuženo ocelovými válcovanými nosníky HEB200 a dvěma vrstvami mřížoviny KARI 6x6x100 mm. Velikosti ohybových a normálových tuhostí byly stanoveny způsobem uvedeným výše (využitím teorie ocelobetonu) pro průřez na obr. č. 4. Výsledky řešení jsou uvedeny v grafech na obr. č. 6 a 7.

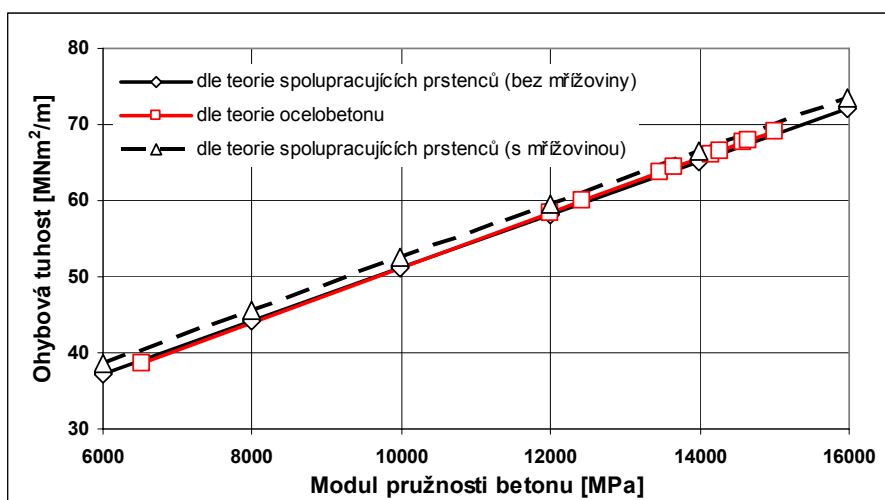
Výše uvedeným postupem byl zpracován výpočtový systém HOMOGENIZACE, který umožnil stanovení náhradního kvazihomogenního modulu pružnosti (G_b , E_b), pomocí kterého jsou jednoduchým způsobem stanoveny hodnoty normálové ohybové tuhosti, protože moment setrvačnosti průřezu je stále konstantní. Výsledky řešení jsou uvedeny na obr. č. 5 (stanovení velikosti kvazihomogenního modulu pružnosti betonového průřezu) a na obr. č. 6 a 7, ve kterých jsou porovnány hodnoty tuhostí ve srovnání s řešením zpracovatele statického řešení tunelu Dobrovského. Lze říci, že navržený alternativní postup dává naprosto srovnatelné výsledky, lišící se v řádu do 3 %.



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7

LITERATURA

- [1] N.S. Bulyčev: Mechanika podzemnych sooruzenij. NEDRA Moskva 1982
- [2] S. Šmirák: Pružnost a plasticita I. Akademické nakladatelství Brno, 1999
- [3] Statický výpočet primárního ostění tunelu Dobrovského. Amberg Engineering, Brno 2007
- [4] Aldorf, J. Mechanika podzemních konstrukcí. VŠB-TU Ostrava 1999

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., MSc., CEng., MICE

Josef ALDORF¹, Eva HRUBEŠOVÁ², Petr JANAS³

VYUŽITÍ 3D MODELOVÁNÍ PRO DIMENZOVÁNÍ DŮLNÍCH BEZPEČNOSTNÍCH HRÁZÍ

Abstract

The paper deals with the utilizing of the 3D - mathematical modelling (software CESAR LCPC) for the new design of the emergency dam in the drift. On the basis of the realized analysis there were formulated the recommendations for the thickness of the dam with respect to the construction material (Tekblend, Jb, Izolitex), the shape of the dam (conical or non-conical shape) and external stabilization of the dam in the rock mass.

1 ÚVOD

Metody matematického modelování jsou v současné době stále více rozšířeným nástrojem používaným pro návrh a posouzení různých typů konstrukcí, charakterizovaných jak tvarem a materiálovými vlastnostmi, tak i charakterem zatížení. V rámci řešení úkolu ČBÚ č. 48-06 „Navržení nového typu uzavíracích hrází z hlediska konstrukce a použitých materiálů, bezpečnosti pracovníků v hlubinných dolech a v podmínkách podzemního stavitelství“, na němž se fakulta stavební VŠB-TU Ostrava v současné době podílí, byla provedena prostorová modelová dynamická analýza napětíodeformačního stavu bezpečnostní hráze pomocí dynamického modulu programového systému CESAR-LCPC (Francie). Cílem této numerické analýzy, založené na metodě konečných prvků, bylo stanovení minimální mocnosti hráze pro zajištění její bezpečné funkce.

2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA POUŽITÉHO SOFTWARE A VÝPOČETNÍ METODY

K modelování uvedené prostorové úlohy byl využit dynamický modul softwarového systému CESAR –LCPC, distribuovaný francouzskou firmou ITECH, pracující na základě metody konečných prvků. Výpočetní dynamický modul vychází z následující soustavy rovnic, která je rozšířením základní soustavy rovnic odpovídající řešení statických úloh metodou konečných prvků:

$$Mu'' + Cu' + Ku = F \quad (1)$$

u – vektor posunů v uzlových bodech (časově závislý)

u' – vektor rychlostí v uzlových bodech (časově závislý)

u'' – vektor zrychlení v uzlových bodech (časově závislý)

M – hmotnostní matice

C – matice tlumení

K – matice tuhosti

F – vektor známých sil a zatížení (časově závislý)

¹ Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 944, e-mail: josef.aldorf@vsb.cz.

² Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

³ Doc. Ing. Petr Janas, CSc., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 308, e-mail: petr.janas@vsb.cz.

Aplikovaný dynamický výpočetní modul DYNI předpokládá, že matice M , C a K jsou konstantní v čase. Matice tlumení C je lineární kombinací matice tuhosti a hmotnostní matice a lze ji vyjádřit pomocí Rayleighových parametrů tlumení α_R, β_R následovně:

$$C = \alpha_R K + \beta_R M$$

Při řešení výchozí soustavy rovnic s časově proměnnými hodnotami posunů, rychlostí a zrychlení je aplikována tzv. Newmarkova implicitní metoda přímé integrace. Tato metoda vychází z následujících vztahů pro stanovení posunů a rychlostí v čase $t+\Delta t$:

$$u^{t+\Delta t} = u^t + u'^t \Delta t + \left(\left(\frac{1}{2} - \alpha \right) u''^t + \alpha u''^{t+\Delta t} \right) \Delta t^2$$

$$u'^{t+\Delta t} = u'^t + \left((1 - \beta) u''^t + \beta u''^{t+\Delta t} \right) \Delta t$$

kde Δt je časový krok, α, β jsou integrační konstanty implicitní metody. Pro standardní volbu integračních konstant α, β platí: $\alpha=0.25, \beta=0.5$.

S využitím Newmarkova implicitního algoritmu a po úpravě lze základní soustavu rovnic (1) pro neznámé složky vektoru Δu zapsat ve tvaru:

$$(c_0 M + c_1 C + K) \Delta u = F_{ext}^{t+\Delta t} + M(c_2 u''^t + c_3 u''^{t+\Delta t}) + C(c_4 u'^t + c_5 u'^{t+\Delta t}) - F_{int}^t$$

$$\Delta u = u^{t+\Delta t} - u^t$$

kde koeficienty $c_i, i=1, \dots, 5$ jsou závislé na časovém kroku Δt a na integračních konstantách Newmarkovy metody, $F_{ext}^{t+\Delta t}$ je vektor vnějších sil v časovém kroku $t+\Delta t$, F_{int}^t je vektor vnitřních sil (reakcí) v časovém kroku t .

3 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY ANALYZOVANÝCH MODELOVÝCH VARIANT

3.1 Základní modelové faktory

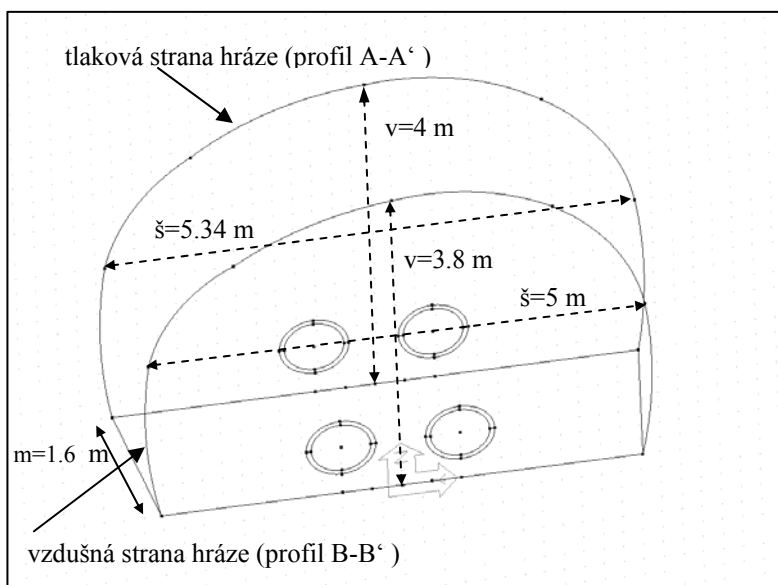
Obecně je napěťo-deformační stav hráze závislý na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou materiál hráze, tvar hráze, velikost příčného průřezu hráze, mocnost hráze, pevnostní a přetvárné vlastnosti okolního prostředí hráze, způsob uchycení hráze v okolním horninovém prostředí, charakter a velikost dynamického zatížení. Doposud nebylo možno z časového hlediska v rámci tohoto výzkumného úkolu modelově analyzovat vliv všech těchto faktorů, v této fázi řešení byl vyhodnocen vliv materiálu hráze (tři typy materiálu), tvaru hráze (kónický nebo nekónický podélný tvar, tvar příčného průřezu obloukový), způsobu uchycení hráze v okolním prostředí (se zářezem a bez zářezu) a tuhosti okolního prostředí hráze (vápenec, uhlí). Velikost maximální amplitudy dynamického zatížení byla uvažována konstantní (1.1 MPa), modelově byly analyzovány dvě varianty časového průběhu dynamického zatížení. První z nich odpovídala experimentálně naměřeným hodnotám velikostí zatížení v čase, druhá varianta odpovídala „trojúhelníkové“ aproximaci tohoto časového záznamu skutečného naměřeného průběhu dynamického zatížení.

Návrh mocnosti hráze vychází tedy jednak z analýzy výsledků provedených parametrických modelových výpočtů a dále z výsledků laboratorních zkoušek, provedených pracovníky Laboratoře stavebních hmot FAST VŠB-TUO pod vedením Ing. Lukše, Ph.D. V této souvislosti bylo dílčím cí-

lem řešení projektu rovněž stanovení určujících kritériálních charakteristik pro stanovení mocnosti hráze, což umožňuje upřesnit jednak požadavky na typ modelových výstupů a jednak základní požadavky na typy nutných laboratorních zkoušek a přesnost a objektivitu jejich výsledků. Výchozí matematický model byl dále kalibrován z hlediska tuhosti materiálu hráze dle výsledků realizovaného monitoringu posunů na vzdušné straně hráze při zkušebních odstřelech in – situ realizovaných ve zkušební štolě Štrambersk. Na základě monitorovaného časového vývoje deformační odezvy tělesa hráze byla rovněž provedena dílčí inverzní analýza pro stanovení tlumících charakteristik materiálu hráze.

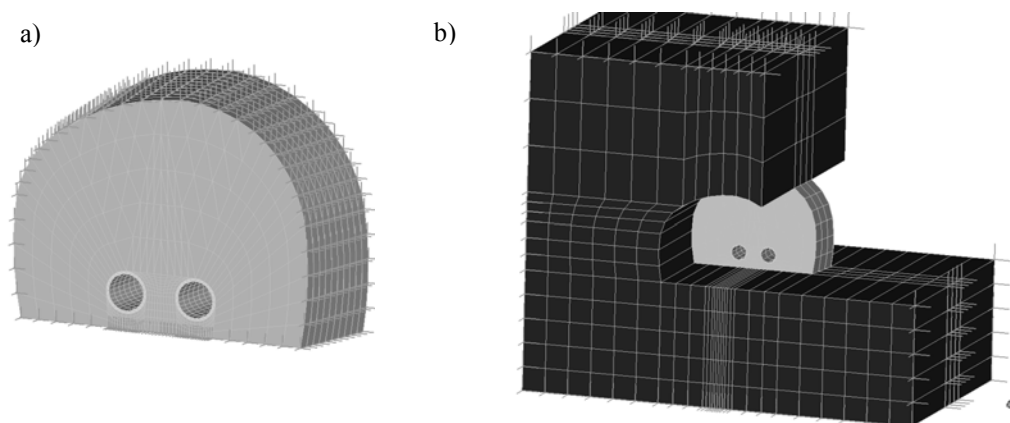
3.2 Charakteristika geometrie analyzovaných tvarů hrází

V rámci řešení projektu byla analyzována hráz s obloukovým příčným průřezem, a to ve dvou tvarových variantách v podélném směru. V prvním případě se jednalo o hráz kónického tvaru s klesající průřezovou plochou ve směru od strany tlakové (strana hráze, na níž je aktivováno dynamické zatížení) ke straně vzdušné. Druhá varianta pak uvažovala nekónický tvar hráze v podélném směru. V modelu byly zohledněny dva vyztužené průlezné otvory o průměru 600 mm, jejichž středy jsou umístěny ve vzdálenosti 600 mm od spodní hranice zátky, středová vzdálenost průlezných otvorů je 1200 mm. Výchozí modelová geometrie samotného tělesa hráze pro kónickou hráz o mocnosti 1.6 m (mocnost hráze a tvar hráze při prvním experimentálním odstřelu), včetně uvažovaných průlezných otvorů je uvedena na následujícím obrázku č.1.



Obr. 1: Výchozí geometrie kónické hráze bez záseku o mocnosti 1.6 m

V modelové analýze byla mocnost hráze ve směru podélné osy štoly uvažována variabilně – mocnost 1.6 m, 1.3 m, 1.1 m, 0.9 m a 0.6 m s tím, že referenčním profilem v těchto variantách zůstává u kónických typů hrází profil A-A' (tlaková strana hráze). Celkem tedy bylo modelováno 5 variant mocností hráze. Dynamická odezva byla analyzována za předpokladů dvou typů okrajových podmínek. V prvním případě byl model řešen pouze pro samotnou hráz s podmínkami vetknutí na pomyslných kontaktech s okolním prostředím (obr. 2a), ve druhém případě byla uvažována deformační spolupráce hráze s okolním horninovým prostředím při eliminaci přetížení hráze horninovým prostředím (obr. 2b). Z hlediska uchycení tělesa hráze v okolním horninovém prostředí (zajištění větší stability hráze) byla uvažována jednak nejméně příznivá varianta uchycení – varianta bez záseku (plošný kontakt s horninovým prostředím) a dále varianty s pravoúhlým zásekem hlubokým 40 cm, a to buď po celém obvodu tělesa hráze (včetně počvy) nebo varianta bez záseku v počvě.



Obr. 2: a) Model hráze s podmínkou vetknutí. b) Model hráze zohledňující deformační spolupráci s okolním prostředím.

3.3 Materiálové charakteristiky modelu

Modelová analýza byla provedena za předpokladu izotropního prostředí a pružného materiálového modelu. Celkově byl návrh mocnosti hráze proveden pro tři typy materiálů s tržními názvy Tekblend, Jb a Izolitex. U všech těchto typů materiálů se vycházelo při samotném modelovém výpočtu pro stanovení napěťo-přetvárného stavu z předpokladu přibližně identických hodnot objemové tíhy i přetvárných charakteristik (modulu pružnosti a Poissonova čísla), materiály se však lišily hodnotami tlakových a tahových pevností, z čehož plyne i rozdílný návrh mocnosti hráze pro různé typy testovaných stavebních materiálů. Nejproblematictější vstupním parametrem se ukázalo stanovení modulu pružnosti materiálu hráze při dynamickém namáhání. Tento parametr nebyl laboratorně stanoven zcela jednoznačně, výsledky různých laboratorních metod se dosti podstatně lišily. Byla tedy přijata koncepce stanovení tohoto modulu pružnosti na základě kalibrace modelu, založené na srovnání posunů získaných modelem a posunů na vzdušné straně hráze naměřených při experimentálních odstřelech. První kalibrace modelu byla provedena na základě naměřených posunů 2.5 mm na vzdušné straně hráze odpovídající prvnímu zkušebnímu odstřelu hráze o mocnosti 1.6 m (materiál Tekblend) a vycházela z předpokladu, že k maximálnímu posunu ve směru podélné osy hráze dochází v čase maximálního dynamického zatížení. V průběhu dalšího upřesňování modelového řešení této úlohy se však ukázalo, že tento předpoklad nebyl správný a že maximální posuny nastávají až v čase cca 10 ms po výbuchu. Další upřesňující kalibrace, zohledňující tento poznatek, pak byla realizována po naměření posunů při třetím odstřelu hráze o mocnosti 1.2 m z téhož materiálu, kdy se použilo přesnější monitorovací zařízení pro měření posunů a bylo tedy možno předpokládat vyšší vypovídací schopnost tohoto měření. Relativně vysoká hodnota naměřených posunů 13 mm v případě hráze s nižší mocností byla pravděpodobně způsobena oslabením tělesa hráze tahovými trhlinami na vzdušné straně hráze. Tyto trhliny hloubky cca 10-15 cm byly indikovány vizuální kontrolou tělesa hráze po provedeném odstřelu a jejich lokalizace velmi dobře koresponduje s výsledky získanými numerickým modelem. Provedenou upřesňovací kalibrací modelu po třetím experimentálním odstřelu byl tedy stanoven modul pružnosti $E_b = 530 \text{ MPa}$, který velmi dobře koresponduje s hodnotou získanou při dynamickém zatížení vzorků (Petroš, 2007). Lutnové průřezy lokalizované v tělese hráze byly ocelové.

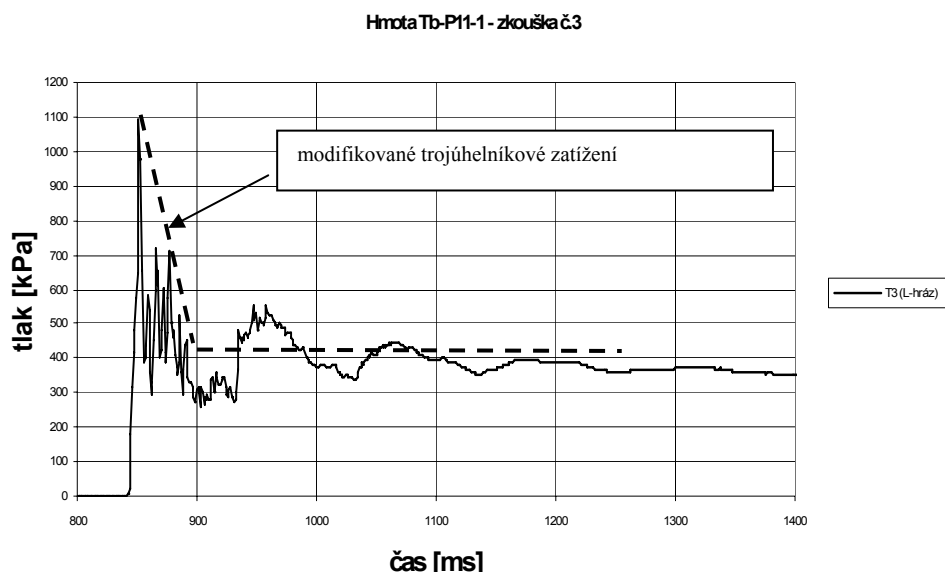
Obklopující horninové prostředí bylo uvažováno ve dvou variantách – první z nich odpovídala realizaci hráze v uhlí, druhá ve vápencovém prostředí pokusné štolý Štramperk. Parametry materiálu hráze uvádí následující tabulka:

Tab. 1: Základní charakteristiky analyzovaných materiálů hráze

	objemová tíha (kN/m ³)	modul pružnosti při dynamickém zatěžování (MPa)	Poissonovo číslo	tlaková pevnost po 8 hodinách tvrdnutí (MPa)	tahová pevnost po 8 hodinách tvrdnutí (MPa)
materiál hráze	16	530	0.25	Tekblend:8.9	Tekblend:2.08
				Jb: 6.56	Jb:1.65
				Izolitex 3.67	Izolitex:1.1

3. 4 Charakteristika dynamického zatížení

Časový vývoj dynamického namáhání (monitorovaný in-situ a modifikovaný trojúhelníkový) je uveden na obr. 3 Charakteristiky dynamického zatížení vycházejí z podkladů dodaných firmou VVUÚ a.s.. Na základě vyhodnocení monitorovaného časového záznamu dynamického zatížení bylo do výpočtu zavedeno dynamické zatížení hráze charakterizované hodnotami napětí v sedmi časových řezech 840 až 900 ms s časovým krokem 10 ms (max. hodnota napětí 1.1 MPa), což odpovídá průběhu dominantní primární dynamické vlny. Vliv dalšího průběhu dynamického zatížení, odpovídajícího odražené dynamické vlně, nebyl ve výpočtu zohledněn. V případě varianty s modifikovaným trojúhelníkovým zatížením byl vyhodnocován vliv dynamického zatížení v delším časovém úseku (840 – 1300 ms). Zatížení přírub výztuže průlezných otvorů bylo navýšeno až na maximální hodnotu 3.1 MPa, což odpovídá velikosti reakce pod přírubou, při zatížení uzávěru lutny tlakem výbuchu ve výši 1,1 MPa.

**Obr. 3:** Časový záznam dynamického zatížení (monitorovaný a modifikovaný trojúhelníkový).

4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MODELOVÉ ANALÝZY A ZÁKLADNÍ DOPORUČENÍ PRO DIMENZOVÁNÍ HRÁZE

Parametrická modelová analýza napěťo-deformační situace v bezpečnostní hrázi, následné vyhodnocení parametrických modelových výsledků pro různé konstrukční typy hrází zhotovovaných z jednoho ze tří analyzovaných materiálů a stanovení doporučené mocnosti hráze probíhala v několika fázích, v jejichž průběhu byl model kalibrován a upřesňován, byla vyhodnocována citlivost odezvy hráze na vstupní parametry úlohy, formulována základní kritéria pro dimenzování hráze a provedeno jejich vyhodnocení pro tři materiály (Tekblend, Jb, IzoliteX) a různé konstrukce hráze (kónický tvar, nekónický tvar, hráz s pravoúhlým zásekem, hráz bez záseku).

Za určující kritéria pro stanovení dolní hranice mocnosti hráze byla přijata:

- maximální posun hráze ve směru její podélné osy je menší nebo roven maximálně přípustnému posunu hráze 8.9 mm, stanovenému laboratorně na trámci 100 x 100 x 400 mm při zohlednění součinitele spolehlivosti 1.2
- maximální hodnoty tahových napětí v tělese hráze (vzdušná strana hráze) jsou menší než tahová pevnost daného materiálu stanovená laboratorně po 8 hodinách tuhnutí hmoty (dobu 1 odstřelu) s respektováním součinitele spolehlivosti 1.2
- maximální hodnoty tlakových napětí v tělese hráze (tlaková strana hráze) jsou menší než tlaková pevnost daného materiálu stanovená laboratorně po 8 hodinách tuhnutí hmoty s respektováním součinitele spolehlivosti 1.2

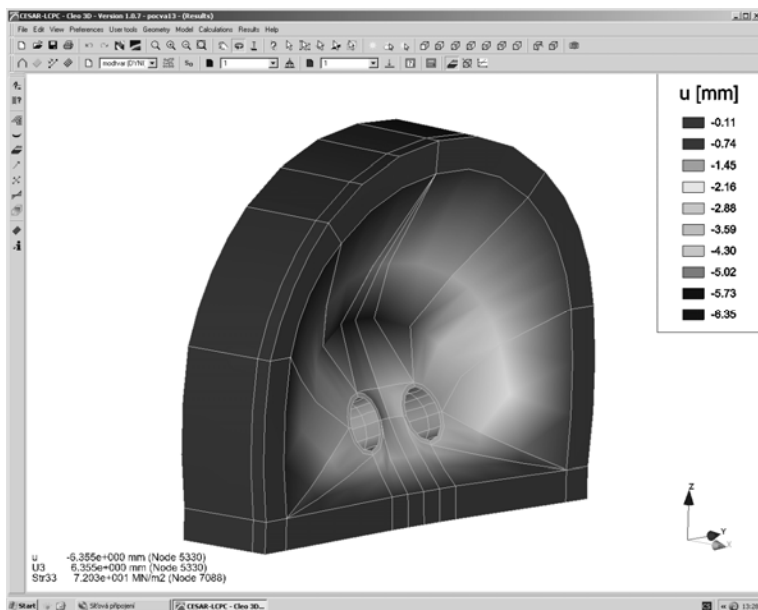
Vyhodnocení výsledků modelování ukázalo, že rozhodujícím kritériem dimenzování mocnosti hráze z hlediska její vnitřní stability je kritérium tahových napětí na vzdušné straně hráze. Z hlediska vnější stability hráze byl pak dále posuzován způsob uchycení hráze v okolním horninovém prostředí (zásek, kotvení), a to s ohledem na velikosti smykových napětí vznikajících na kontaktu tělesa hráze s okolním prostředím.

V rámci numerické analýzy byla vyhodnocována rovněž situace odpovídající opakovanému odstřelu hráze, který je charakterizován redukcí původní mocnosti hráze (odpovídající 1. odstřelu) v důsledku vlivu tahového porušení vzdušné strany hráze. První výsledky modelování ukázaly pouze minimální vliv dvou uvažovaných tuhostí okolního horninového prostředí na maximální hodnoty tahových resp. tlakových napětí ve středové části hráze. Následující závěrečná doporučení mocností hrází lze tedy považovat za platná jak pro lokalizaci hráze v uhelné sloji, tak i pro hráz ve vápencovém prostředí pokusné štoly ve Štramberku.

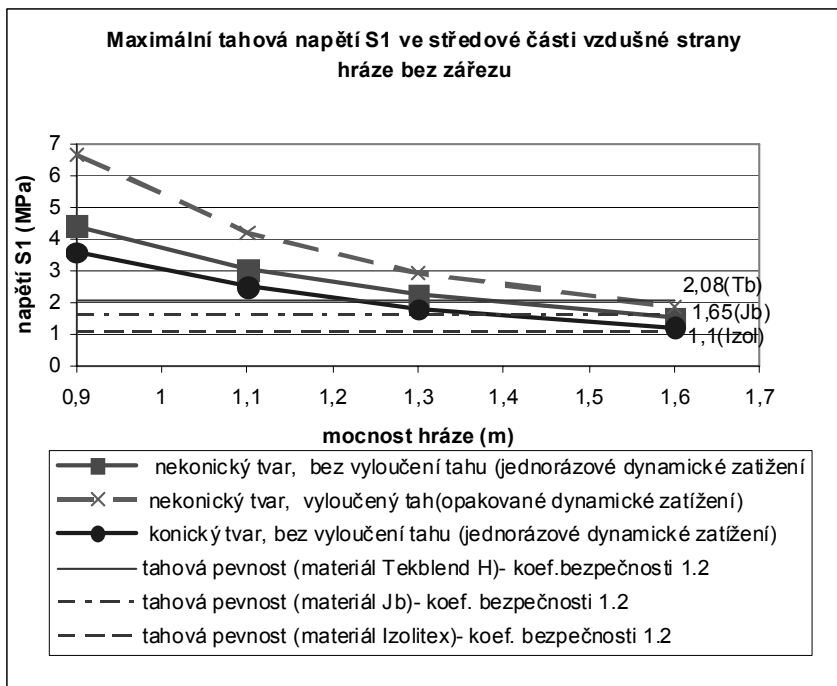
Závěrečná doporučení pro dimenzování bezpečnostní hráze, jejíž geometrické charakteristiky jsou uvedeny na obr.1 :

- při použití materiálu Tekblend je doporučovanou tloušťkou vyhovující kritériu tahové pevnosti hodnota 1.3 m, a to jak pro hráze kónického tvaru, tak i hráze nekónické se zářezem po celém obvodu; vzhledem k rozptylu hodnot tahové pevnosti lze připustit tuto mocnost hráze 1.3 m jako hraniční mocnost i pro hráze nekónické bez zářezu; pro hráze kónického tvaru bez zářezu jsou pak hraniční tloušťky 1.1-1.2 m
- při použití materiálu Jb vyhovují požadavku stability hráze s mocností minimálně 1.6 m (nezávisle na konstrukci hráze)
- pro všechny analyzované konstrukce hrází z materiálu IzoliteX je doporučovaná minimální mocnost hráze 1.7 m
- opakované dynamické zatížení je dle modelové analýzy pro nekónický tvar hráze spolehlivě možné v případě hráze z materiálu Tekblend o minimální tloušťce 1.6 m, u ostatních materiálů je pro tuto tloušťku překročena při opakovaném dynamickém zatížení tahová pevnost na vzdušné straně hráze; hodnoty tlakových pevností se pro nekónický tvar hráze o této hraniční mocnosti 1.6 m sice

zvyšují ve srovnání s jednorázovým dynamickým zatížením až o 100 %, avšak tlaková pevnost všech tří posuzovaných materiálů není překročena; deformace při druhém dynamickém zatížení je o cca 20-30 % vyšší.



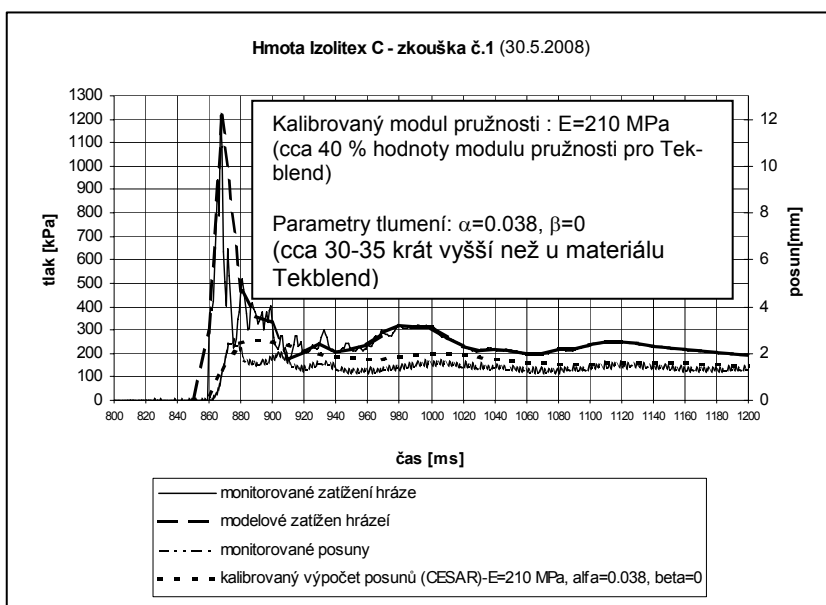
Obr. 4: Průhyb tělesa hráze při dynamickém zatížení.



Obr. 5 Vyhodnocení maximálních tahových napětí ve středové části vzdušné strany hráze.

5 MODELOVÁ ANALÝZA TLUMÍČÍHO EFEKTU TĚLESA HRÁZE

Výsledky modelové analýzy, uvedené v předchozí kapitole, nezohledňují tlumící efekt projevující se v průběhu dynamické odezvy hráze. Rayleighovy parametry tlumení α_R , β_R vstupující do základní soustavy rovnic (1), jsou totiž velmi obtížně stanovitelné a z tohoto důvodu byla modelová analýza z velké části provedena s nulovými hodnotami těchto tlumících charakteristik. Realizovaná monitorovací měření časového vývoje posunů v tělese hráze však dokumentovala útlum kmitání hráze, a to v závislosti na celkové hmotnosti hráze, materiálu a geometrickém tvaru hráze. Vyhodnocení těchto časových záznamů deformačního vývoje v tělese hráze, získaných při experimentálních odstřelech, a následná inverzní analýza byly za dané situace v podstatě jedinou možností pro orientační stanovení útlumových charakteristik. Primární inverzní analýza pro stanovení těchto útlumových charakteristik byla provedena na základě výsledků monitoringu získaných při 3. experimentálním odstřelu hráze z materiálu Tekblend o tloušťce 1.2 m – byly stanoveny Rayleighovy parametry tlumení $\alpha_R=0.001$, $\beta_R=0$. Detailnější inverzní analýza, jejíž výsledkem byly nejen hodnoty útlumových charakteristik materiálu, ale i další upřesnění modulu pružnosti, pak byla provedena na základě výsledků monitoringu získaných při 4. experimentálním odstřelu kónické hráze z materiálu IzoliteX o tloušťce 2.1 m. Inverzní postup vycházel v tomto případě z maximální hodnoty posunů v podélném směru osy hráze (2.54 mm), ze zbytkové hodnoty posunů (1.4 mm) a z monitorovaného časového vývoje posunů v podélném směru hráze. Výsledky ukázaly v případě hráze z materiálu IzoliteX výraznější útlumový efekt ve srovnání s hrázi z materiálu Tekblend $\alpha_R=0.038$, $\beta_R=0$ a jsou uvedeny na obr. 6.



Obr. 6: Výsledky inverzní analýzy pro stanovení parametrů tlumení (IzoliteX).

6 VLIV PŘERUŠENÍ BETONÁŽE TĚLESA HRÁZE NA JEJÍ ÚNOSNOST

V rámci realizované modelové dynamické analýzy bylo rovněž provedeno zhodnocení vlivu přerušení plnění hráze o mocnosti 1,2 m a snížení tahových pevností na pracovních sparách při přerušení betonáže na její únosnost. Při přerušení betonáže dochází ke vzniku horizontální pracovní spáry, která může snížit tahovou pevnost ve vztahu k napětí působícímu ve svislém směru rovnoběžně se svislou osou hráze.

Za tím účelem byly provedeny tahové zkoušky na trémciích s pŕiŕnou ŕŕlenou pracovní spárou (VŠB-TU, FAST, Ing. Jiŕí Lukš, Ph.D., Ing. Zita Lebedová). Z tŕŕchto vŕsledkŕ, bez ohledu na hodnoty dosaŕenŕch pevností, lze dedukovat:

- nárŕst pevnosti v tahu pŕi pŕerušenŕ betonáŕi lze oŕekávat maximálnŕ do 1 hod. od pŕerušení, bude-li dalšŕ plnŕnŕ do tŕto doby opŕetovně zahájeno
- pŕi pŕerušení delšŕm neŕ 1 hodina dochází cca k 30 % snŕížení tahové pevnosti na pracovní spáŕe
- k porušení zkušebních vzorkŕ dochází vŕdy v místŕ plochy pŕerušení betonáŕe
- pevnost v tlaku zjišŕtŕnŕ po 8 hodinách odpovídá dŕŕve zjišŕtŕnŕm hodnotám tlakovŕ pevnosti

Z tŕŕchto vŕsledkŕ laboratorních zkoušek lze usuzovat, ŕe pŕerušení betonáŕe ne delšŕ neŕ 1 hodina se na hodnotŕ tahové pevnosti projeví pouze v zanedbatelnŕ mŕŕe. V pŕŕpadŕ pŕerušení delšŕho neŕ 1 hodinu dochází k vŕraznému snŕížení tahových pevností o cca 30-35 %, coŕ mŕže zpŕůsobit vznik tahového porušení aŕ do hloubky cca 0,25 m. Prodleva pŕi pŕerušení betonáŕe delšŕ neŕ 2 hodiny je jiŕ z ŕnosnostního hlediska nepŕŕpustná a zajišŕtŕnŕ ŕnosnosti tŕlesa hráze by muselo bŕt řešeno vyztuŕením hráze mŕŕiŕovinou KARI 100x100/ min.6,3 mm umŕstŕnou v ploše ŕčinku tahových namáhání. Umŕstŕnŕ mŕŕiŕoviny by muselo bŕt řešeno jiŕ pŕed zaŕátkem plnŕnŕ tŕlesa hráze.

Na základŕ vyhodnocení rozloŕení tahových napŕtŕ na ploše vzdušného ŕela hráze lze odhadnout plochu ŕčinkŕ tahových namáhání následovně:

a) šŕŕka plochy, ve které pŕerušení betonáŕe mŕže mŕt negativní vliv na ŕnosnost, odpovídá vnŕjšŕmu rozmŕru vnŕjšŕch koncŕ lutnovŕch pŕŕlŕzŕ s rozšŕřením cca 0,5 m na kaŕdou stranu

b) vŕška oblasti, ve které mŕže pŕerušení betonáŕe ovlivnit ŕnosnost hráze, je cca 2 m nad hornŕ hranou pŕŕlŕzu

V tŕto ploše vzdušného ŕela hráze mŕže mŕt pŕerušení betonáŕe nejvŕšŕí vliv na její ŕnosnost ve vztahu ke snŕížení tahové pevnosti na plochách pŕerušení betonáŕe.

Hloubka tahové oblasti v tŕlese hráze není vŕšŕí neŕ cca 15-20 % tloušŕky hráze. Zbytek pŕŕezu tŕlesa hráze je namáhán buď tahovým napŕtŕm menšŕm neŕ ŕinŕ tahová pevnost na ploše pŕerušení betonáŕe, pŕŕpadně je namáhán pouze tlakovým napŕtŕm nepŕevyšujícím hodnotu tlakovŕ pevnosti materiálu Tekblend.

7 ZÁVŔR

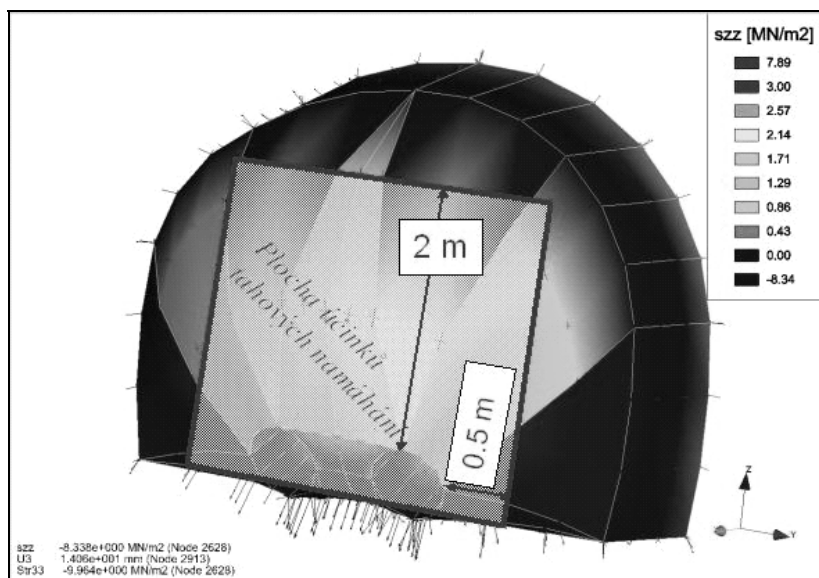
Realizovaná dynamická modelová analŕza pŕŕspěla k objektivnějšŕ pŕedstavŕ o chování tŕlesa bezpeŕnostní hráze v pŕŕbŕhu referenŕního dynamického zatŕžení s maximální amplitudou 1.1 MPa. Vŕsledky modelování a jejich komparace s dostupnými vŕsledky mŕření a dalšŕmi reálnŕ pozorovanými projevy odezvy experimentálních hrází dokumentují dobrou vypovídací schopnost numerického modelu a jeho pouŕitelnost pro formulovaná doporuŕení dimenzování bezpeŕnostních hrází. Na základŕ komplexního vyhodnocení modelových vŕpoŕtŕ a s vyuŕitŕm regresní analŕzy pak byly zkonstruovány návrhové grafy pro stanovenŕ tloušŕky tŕlesa hráze v profilech 00-0-10 aŕ 00-0-16 (obr. 8).

Tento pŕŕspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu ŒBŬ 48-06 „Navŕzení novŕho typu uzavŕracŕch hrází z hlediska konstrukce a pouŕitŕch materiálŕ, bezpeŕnosti pracovníkŕ v hlubinnŕch dolech a v podmínkách podzemního stavitelství“

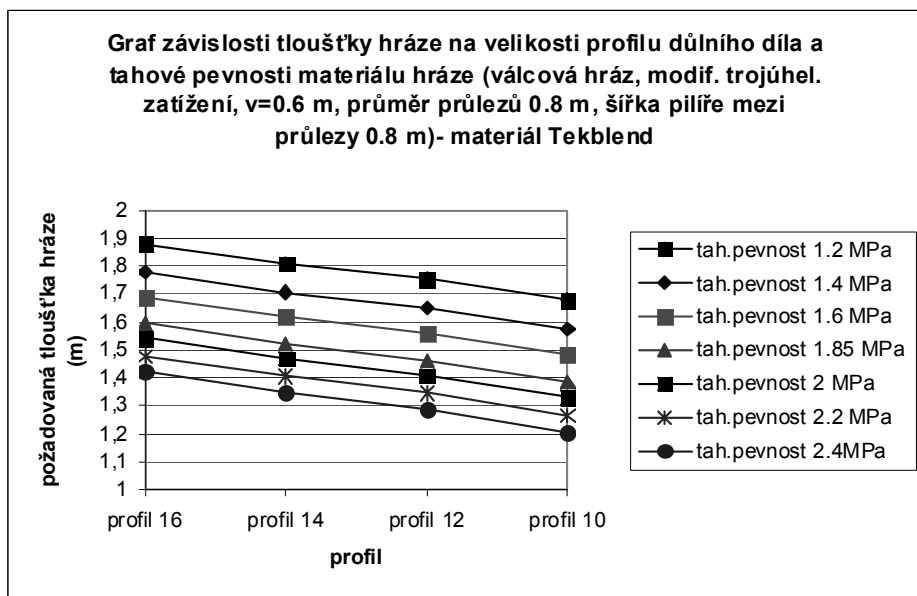
LITERATURA

- [1] Manuál programového systému CESAR LCPC
- [2] Instrukce 1/2003 pro stavbu výbuchovzdorných hrází. OKD, HBZS, a.s., Ostrava-Radvanice, 2003.

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. Petr Konečný, CSc.



Obr. 7: Modelově stanovená plocha účinků tahových namáhání na vzdušné straně hráze.



Obr. 8: Návrhové grafy pro stanovení tloušťky tělesa hráze v závislosti na profilu důlního díla a tahové pevnosti materiálu hráze.

Josef ALDORF¹, Lukáš ĎURIŠ², Eva HRUBEŠOVÁ³, Karel VOJTASÍK⁴, Jiří GÉRYK⁵

ZMĚNY A SLEDOVÁNÍ TEPLIT V DOPRAVNÍCH TUNELECH

Abstrakt

Teplotní zatížení tunelového ostění je nedílnou součástí každého statického výpočtu. Sledováním těchto teplotních změn, bylo prokázáno že je potřeba v určité míře s tímto zatížením počítat. V příspěvku je několik příkladů sledování teplotních změn na dálničních tunelech a aplikace výsledků měření do výpočtu zatížení tunelového ostění.

1 ÚVOD

Navrhování definitivních ostění ražených tunelů je složitý úkol. Statické působení závisí na interakci tunelového ostění s horninovým masivem a zatížení je závislé na tuhosti ostění, velikosti výrubu, geotechnických podmínkách, postupu výstavby a v neposlední řadě na klimatických podmínkách.

Vzhledem k dopravnímu významu tunelů není možné připouštět jakékoliv výluky nebo jiná omezení provozu. Návrh ostění proto musí být bezpečný, rovněž ekonomický a zároveň musí splňovat nejvyšší požadavky na užitné vlastnosti po celou dobu životnosti díla. Zkušenosti s dlouhodobou funkcí a skutečným namáháním jsou však ve světě různé, a proto je třeba ověřit tyto skutečnosti v českých podmínkách.

Předmětem příspěvku je zejména prezentovat možnosti návrhu teplotního zatížení v závislosti na výsledcích měření v tunelech postavených v ČR a uvést některá doporučení získaná na základě provedených měření.

2 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ A STANOVENÍ VELIKOSTÍ VNITŘNÍCH SIL OD TEPLITNÍHO ZATÍŽENÍ

Naprostá většina tunelů budovaných v posledních letech v České republice je ražena Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Jednou ze zásad této metody je budování primární a sekundární obezdívky, mezi které se vkládá izolace proti vodě. Primární ostění se buduje při samotné ražbě tunelu a jeho hlavní úlohou je zajistit bezpečnou ražbu a vytvořit prostor pro zbudování definitivní (sekundární) obezdívky. Primární čištění je tvořeno zejména stříkaným betonem, který je doplněn ocelovou výztuží (rámy, sítě) a kotvami. Sekundární část tunelového ostění je tvořena monolitickým betonem ať už vyztuženým nebo prostým. Monolitický beton je ukládán do formy, která tvaruje příslušný tunelový průřez. Správné navržení ostění je poměrně složité, vzhledem k velkému množství vlivů (zatěžovacích stavů a jejich kombinací), působících na konstrukci. Jedním

¹ Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 944, e-mail: josef.aldorf@vsb.cz.

² Ing. Lukáš Ďuriš, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 948, e-mail: lukas.duris@vsb.cz.

³ Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

⁴ Doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 947, e-mail: karel.vojtasik@vsb.cz.

⁵ Inset s.r.o., Rudná 21, 700 30 Ostrava, e-mail: geryk.jiri@inset.com

z vnějších vlivů jsou změny teplot, které reagují na klimatické podmínky vně tunelu. Pro sledování chování ostění v závislosti na těchto změnách se osazují do nově budovaných tunelových staveb měřicí čidla, která nám umožňují sledovat tyto změny. Jedním z těchto tunelů je nově otevřený tunel Klimkovice. Stavba se nachází na trase dálnice D47 v blízkosti města Klimkovice. Výstavba tunelu zde byla zvolena z důvodu ochrany města a přilehlých léčebných lázní. Délka tunelu je 1080 m a je tvořen dvěma samostatnými tunely pro každý směr jízdy, které jsou propojeny pěti tunelovými spojkami. V průběhu výstavby sekundárního ostění byla instalována měřidla teploty horninového masívu a následně do sekundárního ostění tunelu zabudovány vibrační snímače deformací a teploty. Snímače byly osazovány ve dvou tunelových pásech – měřicích profilech. V každém profilu bylo použito 12 kusů těchto snímačů. Snímače byly rozmístěny do třech poloh a v každé poloze byly osazeny k hornímu a spodnímu okraji výztuže, ve směru radiálním a tangenciálním. Dále bylo v každém měřicím profilu ještě osazeno čidlo pro měření teploty vzduchu v tunelu (obr. č. 1). Včasným osazením měřidel bylo získáno velké množství dat, jako např. vývoj teplot během betonáže a nárůst hydratačního tepla betonu. Měřicí profily byly zvoleny ve vzdálenosti cca 120 m. Jeden profil byl v blízkosti portálu a druhý v místě s nejvyšším nadložím ve vzdálenosti cca 52 m od portálu.

Při návrhu definitivního ostění je dnes již zcela standardně využíváno prostředků moderní výpočetní techniky. Vnitřní síly a deformace ostění se počítají pomocí numerických modelů metodou konečných prvků, kde je simulováno celé horninové prostředí včetně postupu ražeb a etapy vložení jak primárního, tak i sekundárního ostění. Statické výpočty se provádějí především v místech nejnepríznivěji zatížených profilů se zohledněním mnoha zatěžovacích stavů a jejich kombinací, zejména pak:

- vlastní tíhy

- konstrukce geostatického zatížení horninovým prostředím

- zatížení hydrostatickým tlakem podzemní vody (v případě uzavřené izolace)

- smršťováním a dotvarováním betonu definitivního ostění

- vlivu teploty (ochlazení/oteplení)

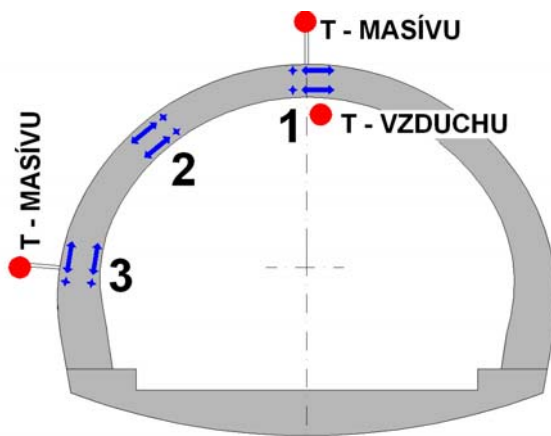
- technologickým zatížením, atd.

V České republice jsou nejvíce využívány hodnoty teplotních diferencí vnějšího a vnitřního líce ostění podle německé drážní směrnice DS 853. Na obr. č. 3 jsou zaznamenány letní a zimní rozdíly teplot v ostění pro úseky tunelu 200 m a více od portálu (označ. norma), což zhruba odpovídá většině sledovaných měřicích profilů. Z průběhů statisticky vyhodnocených měření teplot po tloušťce ostění od povrchové teploty po teplotu vnějšího líce dále vyplývá skutečnost, že průběh teplot zdaleka nemá lineární charakter. Naopak střídavé oteplování a ochlazování betonu se projevuje zejména v povrchové vrstvě ostění, zatímco části vzdálenější od povrchu již podléhají menším rozdílům teplot. Naměřené hodnoty se v převážné míře blíží krajním hodnotám s označením II na obr. 2.

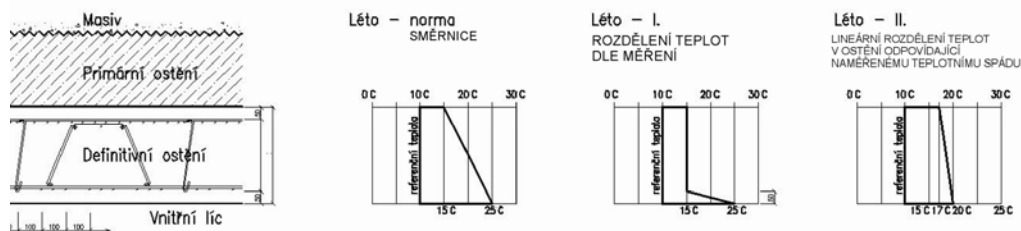
Při měření v tunelu Klimkovice byly vysledovány průběhy maximálních teplot (letní teploty v období) v měřicím profilu vzdáleném 52 m od portálu. Při zhruba týdenímu teplotním nadprůměru byly pozorovány změny teplot v hornině téměř konstatní ve výši cca 16°C. Dále měření ukázalo, že v ostění se teploty při vnějším povrchu chovaly stejně ve všech třech měřených bodech. Rozdíl mezi jednotlivými teplotami v různých úrovních byly v řádech desetin °C, přičemž nejtepleji bylo ve vrcholu klenby. Větší rozdíly teplot jsou na rubové části ostění kde rozdíly v jednotlivých úrovních jsou již větší. Teplota na rubu ostění ve vrcholu dosahuje přibližně stejné teploty jako na lícovém povrchu na nejnižší úrovni. Teplota vzduchu v tunelu významně kolísá a v rozmezí během 24 hodiny zaznamenaná změna až 5 °C. Rozdíl teplot vzduchu v části portálu a uvnitř tunelu nezaznamenává větších rozdílů. Uvnitř tunelu se vzduch ochladí cca o 1°C. Maximální naměřený rozdíl mezi teplotou na vnitřním a vnějším povrchu nepřesahuje 2-3° C, což se významně odchyluje od doporučení směrnice pro letní období. Z měřených dat byly sestaveny matematické modely pro dvě různá teplotní zatížení.

Při výpočtu bylo využito programového systému CESAR – LCPC, 2D modul. Modelování bylo prováděno pomocí metody konečných prvků na modelu ostění tunelu Klimkovice. Při modelování se tunel diskretizoval symetricky, pouze jednou plovinou průřezu. Do geometrie modelu byla zahrnuta i protiklenba a vozovka. Klenba tunelu byla proměnlivé tloušťky od 35 cm ve vrcholu klenby, v místě napojení na obslužný chodník je šířka klenby 60 cm. Sekundární ostění bylo přesně rozděleno na několik částí. Vzhledem ke srovnání výsledku bylo teplotní zatížení definováno předepsanou teplotou dle normy (směrnice DS 853) a dle výsledků měření. Hodnoty teploty byly zadávány 5 cm od vnějšího a 5 cm od vnitřního povrchu ostění. Jako referenční teplota byla zvolena teplota masívu 16°C. Systém neumožňuje zadávat proměnné teploty v čase, tak jak tomu ve skutečnosti je, kdy se teploty v tunelu neustále mění během 24 hodin v závislosti na venkovní teplotě (den a noc). Pro zatížení byly použity konstantní hodnoty a výpočet proběhl ve 24 krocích s intervalem 3600 s. Během této doby se teploty ustavily v průřezu v závislosti na zadaných hodnotách, viz obrázek č. . Pro měřené hodnoty se maximální teplota zatížení lince sekundáru stanovila na 23°C a rub sekundáru na 20°C. Rozdělení teplot v průřezích je patrné z obr. č. 4. Teplota venkovního vzduchu zde nebyla uvažována. Toto rozdělení teplot v klenbě bylo načteno ze souboru do modelu umožňující výpočet napětí a deformací klenby, ale také vnitřních sil v klenbě.

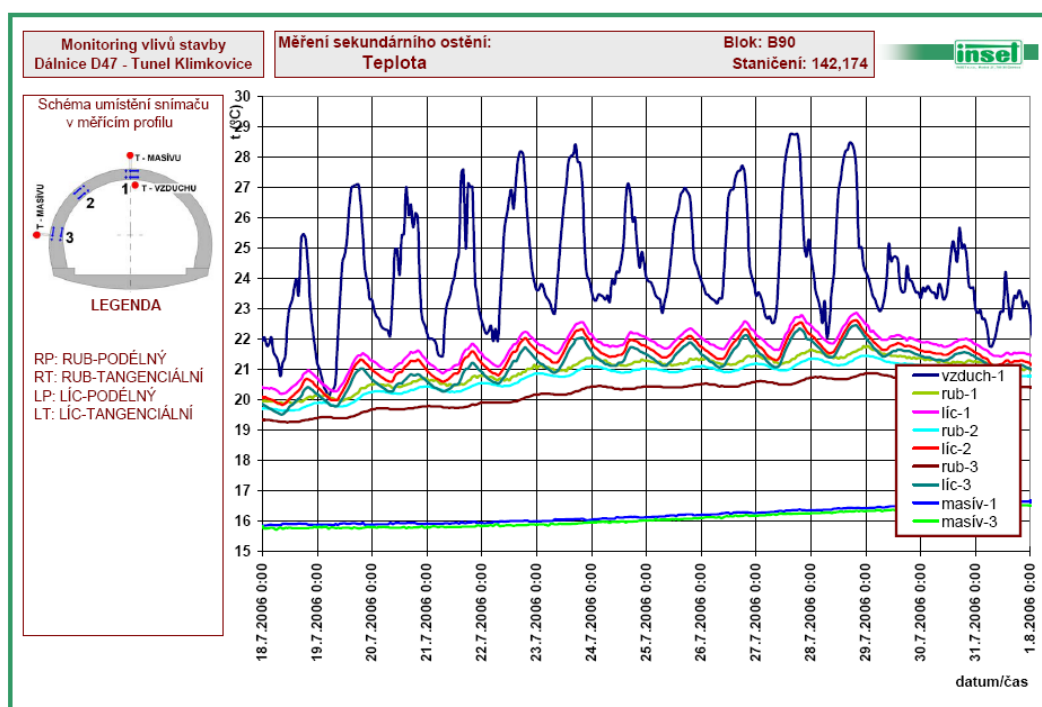
Při porovnání výsledků předepsaných v německé směrnici, kdy teplotní spád je 10°C a měřených teplotách se spádem 3°C bylo zjištěno, že ohybové momenty se snížily v průměru až o 66% , normálové síly se naopak zvýšily v průměru o 40%, obr. č. 5 a 6 . Hodnoty deformací jsou v řádech desetin milimetrů. Výsledky měření prokazují, že nejvíce namáhána teplotními změnami, je lícová část ostění a průběh teplot v průřezu není tak velký, jak předepisuje německá směrnice.



Obr. 1

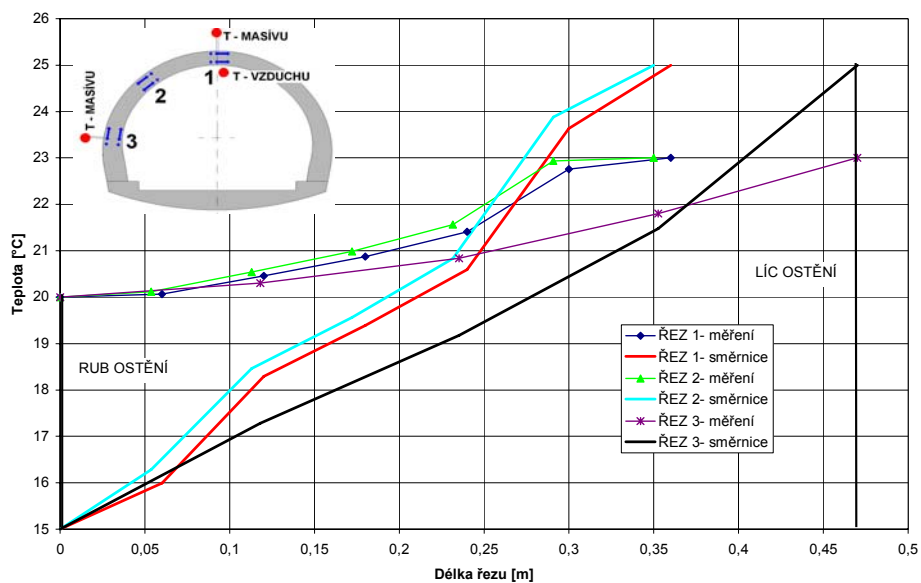


Obr. 2



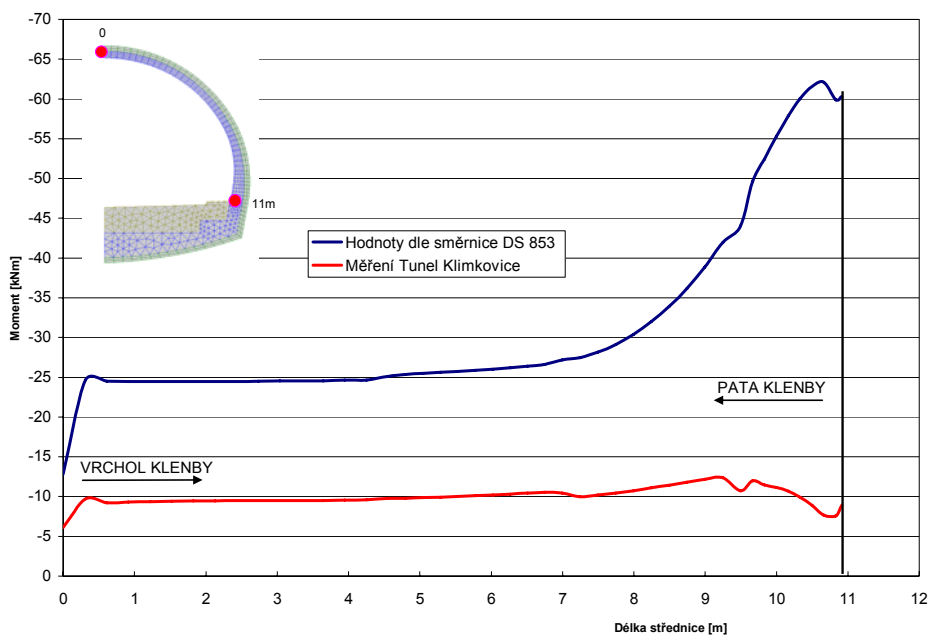
Obr. 3

Průběhy teplot v řezech tunelovým ostěním pro různá zatížení



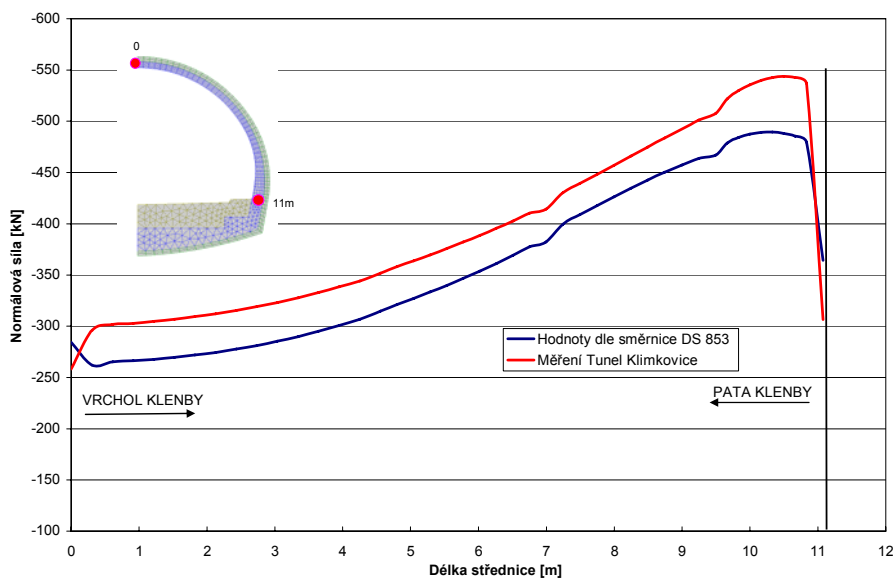
Obr. 4

Průběhy ohybových momentů na střednici sekundárního ostění pro různá teplotní zatížení



Obr. 5

Průběhy normálových sil na střednici sekundárního ostění pro různá teplotní zatížení



Obr. 6

3 ZÁVĚR

Z naměřených hodnot max. letních teplot byly stanoveny hodnoty vnitřních sil, které potvrzují že:

- rozdíly vnitřních a vnějších teplot v letním období v ostění zdaleka nedosahují hodnot uváděných směrnicí DS 853 a směrnicí uvažované teplotní zatížení není reálné, vede k přecenění vlivu teplotních zatížení a zvýšení spotřeby oceli pro vyztužení
- velikosti vnitřních sil od teplotních zatížení dle směrnice jsou až o cca 50-60 % větší než reálně dosahované
- pro stanovení těchto reálných hodnot doporučujeme využít průběhů teplotních spádů dle obr. č. 2, označených léto I, resp. léto II, které věrohodněji odpovídají skutečným hodnotám teplot u ostění.
Využití těchto grafů může vést ke značným úsporám vyztužovacích materiálů.
- stanovení vlivu max. zimních teplot (ochlazení) je možno provést stejným způsobem. Nebylo však prováděno, protože naměřené teploty v zimním období nedosahovaly minim, které mohou v našich klimatických podmínkách nastat (-20 až -25 °C).

LITERATURA

- Manuál CESAR –LCPC Version 4.0

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.

Zdeněk KALÁB¹, Martin STOLÁRIK²

EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ SEIZMICKÉHO PROJEVU KAMIONOVÉ DOPRAVY
EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF SEISMIC EFFECT GENERATED BY TRUCK
TRANSPORT

Abstract

This contribution deals with seismic loading of structural objects. Source of this loading is truck traffic. Basic data was obtained during experimental measurement in small village using seismic apparatus GCR-16 (GeoSIG, Switzerland). Truck transport generated the most significant maximum velocity values. Seismic loading was evaluated for typical structures in village.

Key words: seismic measurement, seismic loading, truck transport.

1 ÚVOD

Příčin vzniku trhlin na stavebních objektech je celá řada a můžeme je rozdělit podle různých kritérií. Například podle příčiny vzniku trhlin stanovujeme trhliny vzniklé v důsledku deformací v základové půdě, v důsledku konstrukčních vad objektu nebo v důsledku dynamického namáhání [1]. Lokálně významným seismickým zatížením jsou i vibrace vyvolané dopravou.

Aktuálnost studia vibrací vyvolaných dopravou je potvrzena rostoucími požadavky na zrychlení dopravy [2], [3], [4]. To s sebou nese nejen vybudování nových rychlostních komunikací (pro silniční i kolejovou dopravu), ale také částečnou rekonstrukci komunikací stávajících. Základní hodnocení seismického zatížení stavebních objektů dopravou vychází z technické normy ČSN 73 0040, v tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty efektivních rychlostí kmitání od 0,2 mm.s⁻¹ pro zatřídění objektů UA (objekty s mimořádným ekonomickým a/nebo společenským významem v nejnižší třídě odolnosti objektu) do 5,0 mm.s⁻¹ (objekty s omezeným ekonomickým a/nebo společenským významem v nejvyšší třídě odolnosti objektu).

Příspěvek představuje výsledek experimentálního měření seismického projevu kamionové dopravy a následnou interpretaci naměřených hodnot pro typické objekty.

2 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Pro experimentální měření byla zvolena silnice první třídy vedoucí středem malé obce v Moravskoslezském kraji. Po této frekventované komunikaci se běžně pohybují vozy kamionové a jiné těžké dopravy. Měření bylo provedeno seismickou tříkanálovou aparaturou GCR – 16, GeoSIG, Švýcarsko (podrobněji viz. [5]). K aparatuře byl připojen třísložkový rychlostní senzor GSV – 310 (obr. 1). Senzor byl umístěn podél komunikace na obrubníku chodníku, jednotlivé složky byly orientovány v paprskovém souřadném systému tak, že vždy vodorovná složka X byla rovnoběžná s komunikací, resp. směrem jízdy. Nejmenší vzdálenost seismického zdroje (v tomto případě projíždějícího kamionu) od senzoru byla proměnlivá. Pohybovala se v rozmezí od 1 do 2,5 metrů. Pro záznam digitálních dat bylo využito spouštění záznamů překročením nastavené úrovně. Měření proběhlo se vzorkovací frekvencí 500 Hz a rozsah aparatury byl nastaven do 1 mm.s⁻¹.

¹ Doc. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 381, e-mail: zdenek.kalab@vsb.cz.

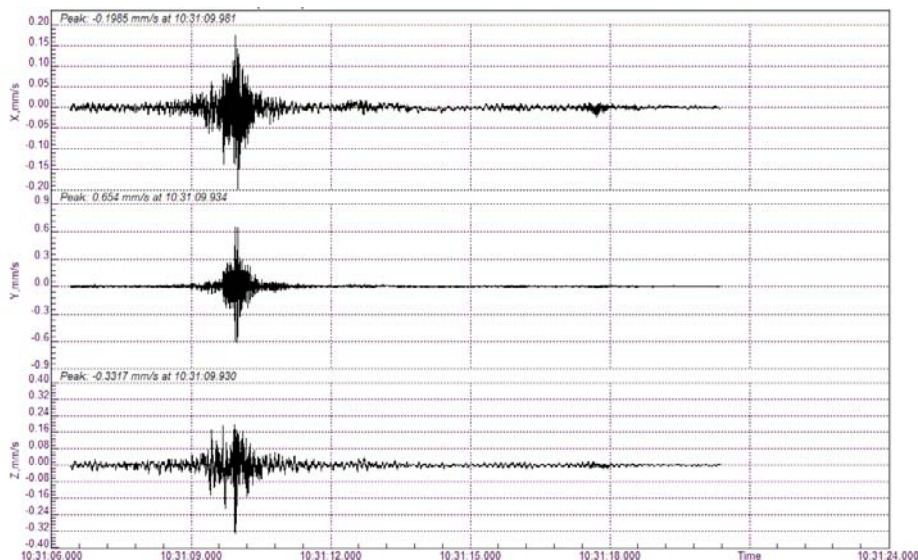
² Ing. Stolarík Martin, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 362, e-mail: martin.stolarik@vsb.cz.



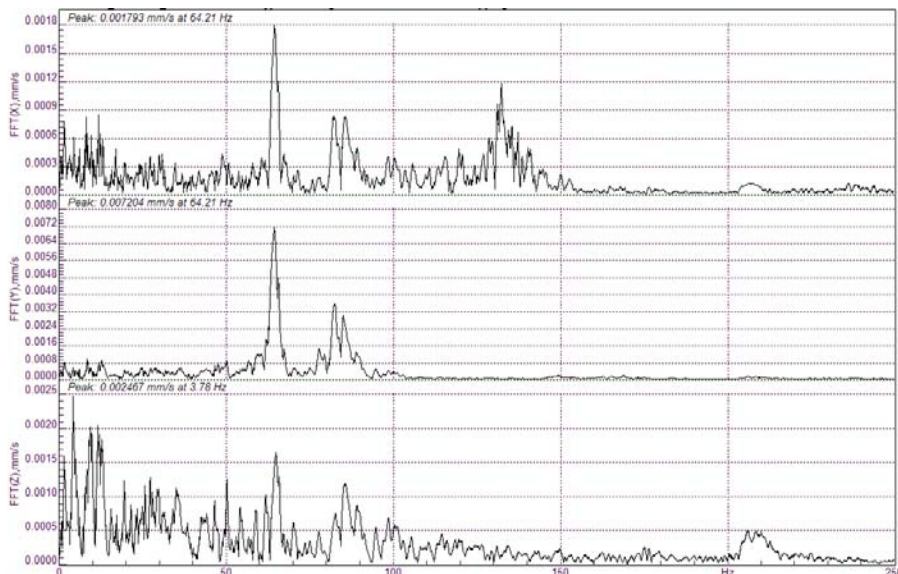
Obr. 1: Seizmická aparatura GCR-16 (GeoSIG) se senzorem.

Tab. 1: Složkové rychlosti kmitání vybraných záznamů.

ZÁZNAM	RYCHLOST KMITÁNÍ [mm/s]		
	SLOŽKA		
	X	Y	Z
1	0,2	0,65	0,33
2	0,17	0,25	0,5
3	0,25	0,2	0,35
4	0,19	0,28	0,25
5	0,14	0,21	0,28
6	0,12	0,13	0,3
7	0,17	0,24	0,18
8	0,18	0,2	0,22
9	0,15	0,22	0,19
10	0,13	0,17	0,24
11	0,14	0,14	0,25
12	0,12	0,17	0,24
13	0,18	0,19	0,18
14	0,14	0,21	0,19

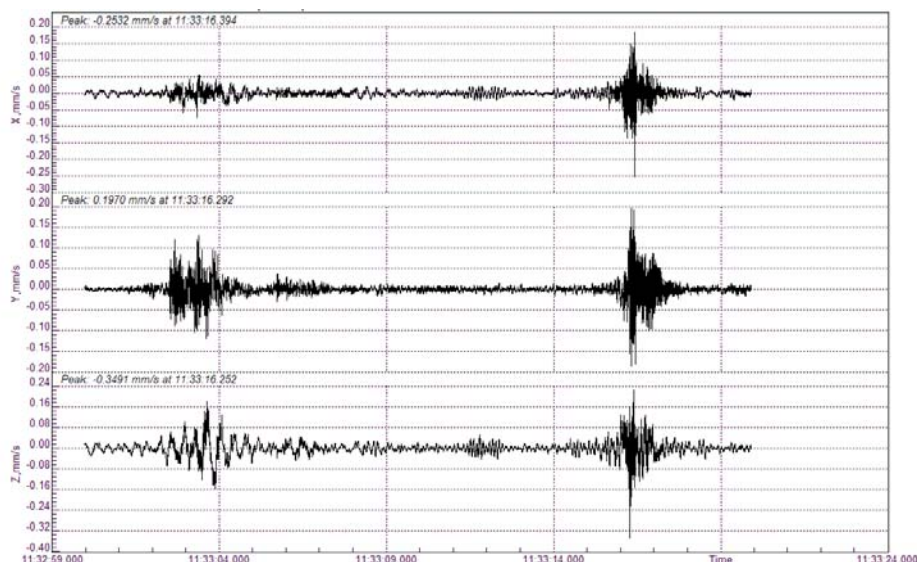


Obr. 2: Záznam nejintenzivnějšího zaznamenaného jevu (na vodorovné ose je čas).

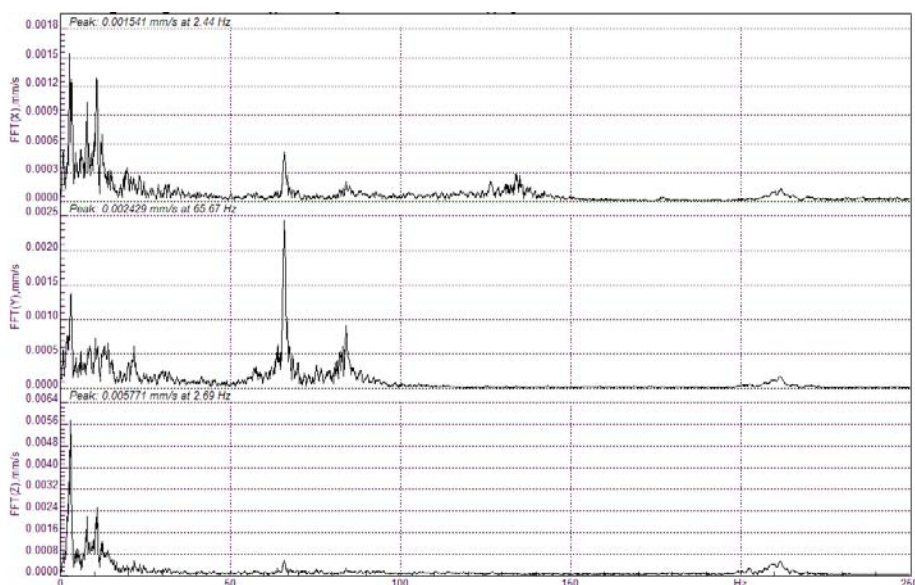


Obr. 3: Frekvenční obraz nejintenzivnějšího zaznamenaného jevu (na vodorovné ose frekvence).

V tabulce 1 je uvedeno 14 nejvýraznějších jevů, které přesahovaly na všech třech složkách 0,1 mm.s-1. Doba trvání projevu byla v rozmezí od 5 do 10 vteřin (delší záznamy byly interpretovány jako projev více dopravních prostředků). Největší projev byl pořízen od těsně kolem obrubníku projíždějícího nákladního automobilu. Maximální amplituda na složce vodorovné rovnoběžné se směrem jízdy (X) je 0,2 mm.s-1, na složce vodorovné kolmé ke směru jízdy (Y) 0,65 mm.s-1 a na svislé složce (Z) 0,33 mm.s-1 (Obr. 2). Frekvenční obraz (FFT spektra) byl u všech 14 záznamů obdobný: převládající frekvence v hodnotách 2-15 Hz. Na obou vodorovných složkách se objevuje výrazný pík ma hodnotě kolem 65 Hz, jehož původ není identifikován (Obr. 3). Na obrázku 4 je pro ilustraci uveden delší záznam dvou po sobě jedoucích vozidel a obrázek 5 znázorňuje opět frekvenční obraz (FFT spektra).



Obr. 4: Záznam projevu dvou po sobě jedoucích vozidel (na vodorovné ose je čas).



Obr. 5: Frekvenční obraz dvou po sobě jedoucích vozidel (na vodorovné ose frekvence).

3 DISKUSE NAMĚŘENÝCH HODNOT

Vyhodnocení seizmického zatížení vyvolané těžkou kolovou dopravou bylo provedeno na základě výsledků experimentálního měření dle ČSN 73 0040 pro tři nejběžněji se vyskytující objekty v obcích ČR, a to kostel, jakožto historická kulturní památka, rozsáhlý hospodářský objekt a běžný cihlový rodinný dům. Zde se předpokládá, že naměřena je zdrojová funkce, která působí na danou konstrukci.

- ❑ Kostel – historická kulturní památka nacházející se v obci může být zařazena do třídy významu objektu I, tedy objekt s velkým společenským významem. Jakožto historická budova v níž se nacházejí klenuté stropy můžeme uvažovat o zařazení objektu do třídy odolnosti A. Potom pro posuzování dynamické odezvy způsobené technickou seizmicitou (s výjimkou odezvy od trhacích prací) z hlediska mezních stavů první skupiny jsou mezní hodnoty efektivní rychlosti kmitání uvedeny v tab. 8 (takto i pro další dva posuzované objekty). Z ní plyne, že odezvu není třeba analyzovat, není-li překročena hodnota $v_{ef} = 0,4 \text{ mm.s}^{-1}$. V našem případě, kdy nejvyšší naměřená hodnota byla $0,65 \text{ mm.s}^{-1}$ by byla hodnota překročena o téměř 63% (v souladu s normou by bylo třeba provést analýzu dynamické odezvy).
- ❑ Rodinný dům – běžná cihelná stavba, tedy třída významu objektu II, objekt se středním společenským významem a třída odolnosti B. Mezní hodnota efektivní rychlosti v tomto uvažovaném případě udávaná $v_{ef} = 1,0 \text{ mm.s}^{-1}$. Maximální naměřená amplituda rychlosti kmitání by tedy překročena nebyla.
- ❑ Rozsáhlý hospodářský objekt – plemenná stanice dobytka či velká jatka, tedy objekt opět zařazen do třídy významu objektu I, objekt s velkým ekonomickým významem. Zpravidla velké budovy z cihel či tvárníc, tedy třída odolnosti C. Mezní hodnota efektivní rychlosti je v tomto případě udávaná $v_{ef} = 1,5 \text{ mm.s}^{-1}$. Maximální naměřená amplituda rychlosti kmitání by tedy nebyla překročena.

ZÁVĚR

V příspěvku je popsáno experimentální měření seizmického projevu vyvolaného průjezdem těžké nákladní dopravy. Na příkladu nejintenzivnějšího naměřeného projevu bylo provedeno hodnocení seizmického zatížení pro tři typické objekty. Analýza potvrdila, že těžká nákladní doprava může vyvolat vibrace, které svými maximálními hodnotami překračují mezní hodnoty efektivní rychlosti kmitání dle ČSN 73 0040.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován při řešení projektu GAČR 103/05/H036 „Analýzy spolehlivosti konstrukcí, vystavených účinkům mimořádného zatížení“ a výzkumného záměru AV OZ30860518 „Fyzikální a environmentální projevy v litosféře indukované antropogenní činností“

LITERATURA

- [1] Dvořák, A. (1969): Základy inženýrské seizmiky, Skripta přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 128 stran.
- [2] Kaláb, Z. (1999): Příklady měření projevů seismicity způsobené dopravou. Sborník konference Geotechnika 99 – Základy moderních technologií, Ostrava, 93-96.
- [3] Kaláb, Z., Kořínek, R. a Kubečka, K. (2005): Studium odezvy stavebního objektu na zatížení dopravní seizmicitou. Proceedings of the 3rd International conference on Dynamics of Civil Engineering and Transport Structures and Wind Engineering (DYN-WIND 2005). University of Žilina, Slovak Republic, 86-89.
- [4] Salajka, V. a Kanický, V. (2004): Příspěvek k posuzování seizmického zatížení stavebních objektů dopravou, Transactions (Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava), řada stavební, roč. IV, č. 2, 261-267.
- [5] Kaláb, Z., Kořínek, R. (2000): Laboratoř zatížení technickou a přirozenou seizmicitou na FAST VŠB-TU Ostrava. Sborník konference Geotechnika 2000 – Trendy vývoje geotechnických staveb v budúcom tisícročí, ORGWARE Bratislava, 213-215

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Jaromír Knejzlík, CSc.

Roman MAREK¹, Eva HRUBEŠOVÁ², Robert KOŘÍNEK³, Martin STOLÁRIK⁴

**VLIV TECHNICKÉ SEISMICITY INDUKOVANÉ ZAVIBROVÁVÁNÍM ŠTĚTOVNICE NA
OKOLNÍ ZÁSTAVBU PŘI REALIZACI STARTOVACÍ ŠACHTY KANALIZACE V KARVINĚ**

Abstract

The one of the important hazard, resulted from the often used sheet pile vibration technology, is the dynamic impact on the surroundings. In this paper there are presented the 3D numerical results of the real practical problem and comparison of the obtained results with the experimental measuring.

1 ÚVOD

Často užívaná technologie hloubení šachet pod ochranou zavibrovávaných štětovnic s sebou přináší jedno velké riziko. Tímto rizikem jsou dynamické účinky na okolní prostředí, které jsou inici-ovány právě jejich zavibrováváním.

Vytýčeným úkolem bylo vytvořit a analyzovat prostorový matematický model, který vychází z konkrétní situace (těžní šachta TŠ27 pro kanalizaci v blízkosti zástavby na ulici Mizerovská v Karvině) a z experimentálního měření dynamické odezvy provedené odborníky z Ústavu geoniky AV ČR.

2 MATEMATICKÝ MODEL

Pro potřeby řešení nastoleného úkolu byl vytvořen matematický model ve výpočtovém programu Cesar LCPC CLEO 3D, který je založen na principu numerické metody konečných prvků. K zohlednění časově závislých objemových změn pod vlivem dynamického zatížení byl použit jeho modul DYNI, který řeší dynamickou odezvu prostřednictvím přímé integrace lineárních úloh. 3D model umožňuje zohlednění geometrického tlumení. Materiálové tlumení prostředí uvažováno nebylo.

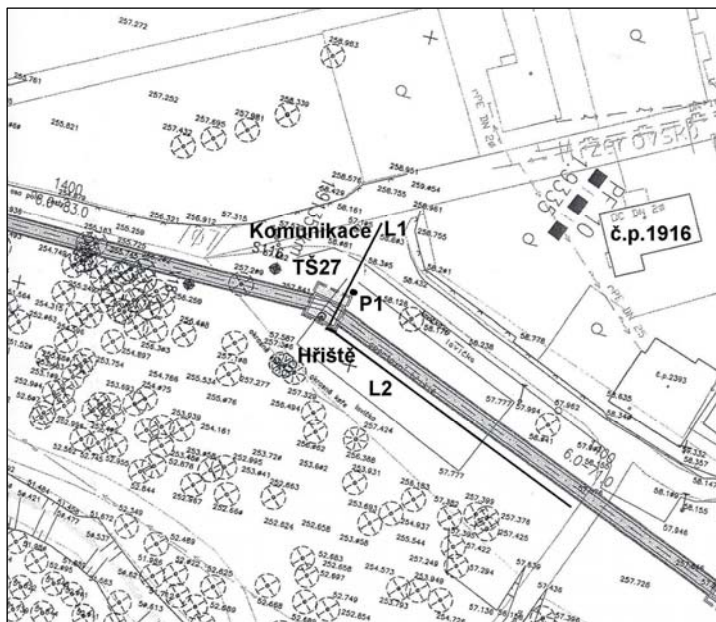
Geometrie modelu s částečně zjednodušenou morfologií povrchu a přilehlých konstrukcí vychází z konkrétní situace poskytnutou firmou Geoengineering spol. s.r.o. a osobní observace lokality. Z pohledu modelování byly sledovány především přilehlé komunikace, hřiště, jehož část je přímo v půdorysu budoucí šachty a budova (č.p.1916), která se nachází cca 45m od ní (viz. obr. 1).

¹ Ing. Roman Marek, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 362, e-mail: roman.marek@vsb.cz.

² Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 944, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

³ Doc. Ing. Robert Kořínek, CSc., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 942, e-mail: robert.korinek@vsb.cz.

⁴ Ing. Stolarík Martin, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 362, e-mail: martin.stolarik@vsb.cz.



Obr. 1: Výchozí situace pro numerický model.

Generalizovaný geologický profil byl přijat z průzkumného vrtu provedeného na dané lokalitě (opět poskytnuto firmou Geoengineering spol.s.r.o.) a byl upřesněn popisem geologie při samotném hloubení TŠ27. Materiálové charakteristiky vrstevnatého prostředí viz. tab. 1. Vliv vody v modelu z důvodu její nepřítomnosti nebyl uvažován.

Tab. 1: Materiálové charakteristiky.

	ρ [kg/m ³]	μ [-]	E [Mpa]	poznámka	
Živice	2200	0,3	1000	Komunikace (hřiště) m = 0,15 (0,10)m	Hřiště SH+-0,00 ↓
Ornice	1650	0,4	2	mocnost m = 0,8m	
Navážka	1900	0,3	50	pod vozovkou a hřištěm (m = 0,8m)	
MH	2100	0,4	8	m = 7,9m	
GC	1900	0,3	40	m = 0,5m	
ML	2000	0,4	15		
Cihly	1800	0,25	12000	Budova	
Ocel	7850	0,2	210000	Larssen IIIn, dl. 12m	

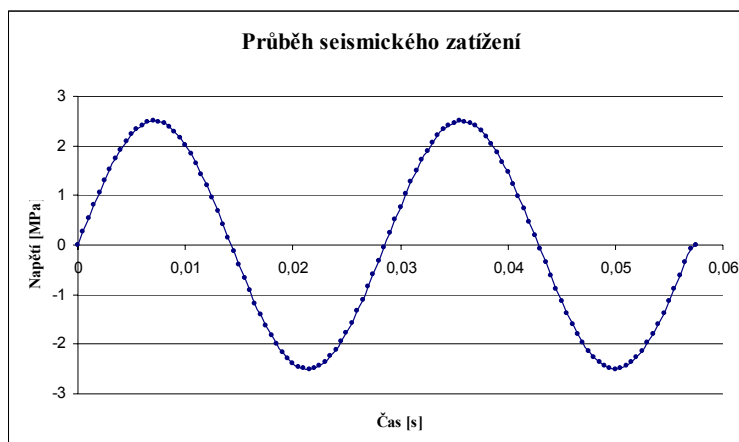
3 DYNAMICKÉ ZATÍŽENÍ

Seismické zatížení bylo modelováno jako plošné zatížení působící na ocelovou štetovnici larssen IIIn. Iniciátorem zatížení bylo vibrační zařízení typu ICE 18RF a vychází z předpokladu časově závislého, periodicky se opakujícího (harmonického) kmitání F (vztah 1), které je dáno frekvencí f , zdrojovou amplitudou seismického zatížení F^* a fázovým posunem Φ_0 . Fázový posun není uvažován. Frekvence vyplývá ze znalosti typu vibračního zařízení [2] a je rovna 35Hz, což odpovídá 2100ot/min. Dalšími potřebnými parametry pro stanovení zatěžovací křivky jsou amplituda výchylky $y=12\text{mm}$ a hmotnost vibrujícího tělesa $m=3920\text{kg}$ (viz. [2]). Pro harmonické kmitání sinusového charakteru pak platí [3]:

$$F = F^* \cdot \sin(\omega \cdot t + \Phi_0), \text{ kde } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$F^* = a \cdot m = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot y \cdot m \approx 2,5\text{MN}$$
(1)

Modelovány byly 2 vibrační cykly působící po dobu 0,058s s časovým přírůstkem 0,0005s, což odpovídá 116 výpočtovým krokům (viz. graf 1)



Graf 1: Průběh modelovaného seismického zatížení sinusového charakteru.

4 ANALÝZA MODELU

Hlavními hodnotícími parametry odezvy matematického modelu v modulu DYNI na seismické zatížení jsou posuny a napětí v okolí zdroje působení. V našem případě jsou směrodatnou veličinou svislé posuny.

Z několika modelových situací byly vybrány 2 stavy, které nejtransparentněji vystihují maximální posuny a dosah oblasti rozvoje posunů na povrchu. V prvním případě se jedná o stav, kdy je štetovnice zavibrovávána v hloubce 0,9m pod úroveň hřiště, tj. na rozhraní vrstev navážka - zemina MH, v druhém případě se jedná o zavibrovávání larseny v rozhraní zemin typů MH a GC, což odpovídá hloubce 8,8m pod úroveň hřiště.

Základním problémem je ověření správnosti volby zdrojové amplitudy zatížení a materiálových parametrů prostředí v modelu se skutečným stavem. Z experimentálního měření dynamické odezvy provedené zaměstnanci Ústavu geoniky AV ČR byly stanoveny maximální amplitudy rychlostí kmitání na povrchu ve vzdálenosti 3,27m od štetovnice (bod P1 obr. 1) a ve sklepech rodinného domu č.p.1916, vzdáleného cca 50m, jež jsou však objektivně velice nízké (viz. tab. 2).

Tab. 2: Maximální naměřené frekvence a amplitudy rychlostí kmitání.

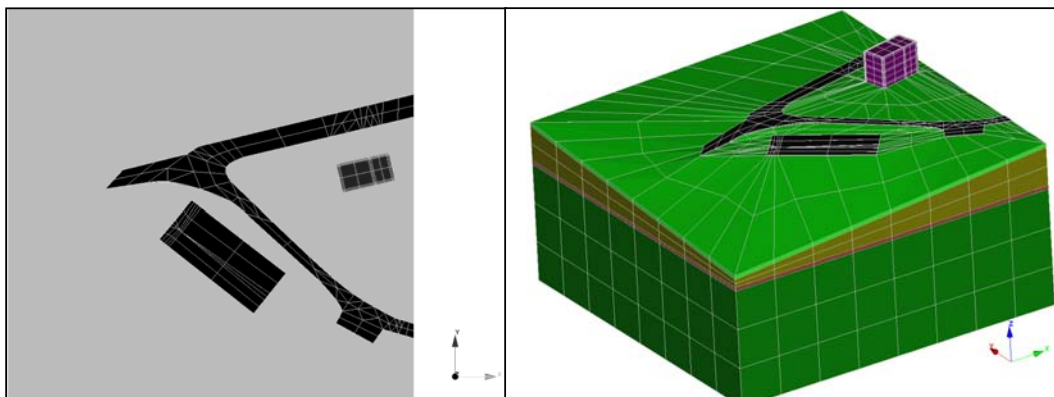
Stanoviště	Vzdálenost [m]	Max. amplituda na svislé složce [mm/s]	Max. amplituda na složce kolmé ke štetovnici [mm/s]	Max. amplituda na složce vodorovné ke štetovnici [mm/s]	Frekvence [Hz]
Rodinný dům	Cca 50	0,35	0,12	0,23	20-30
Pracoviště (P1)	3,27	4,76	8,33	6,55	20-30

Přímé porovnání naměřených maxim s hodnotami rezultujícími z numerického modelu není možné, protože modul DYNI neumožňuje zobrazení rychlostí kmitání. Ověření bylo provedeno nepřímo z předpokladu, že rychlost je derivace dráhy podle času, tj. směrnice tečny dráhy k času. Z vývoje posunů v bodě P1 za daný časový krok bylo zjištěno, že vypočtené hodnoty maximálních amplitud jsou nižší než naměřené, ale řádově se shodují (svislá složka...2,4mm/s, kolmá složka...1,1mm/s, vodorovná složka...1,8mm/s).

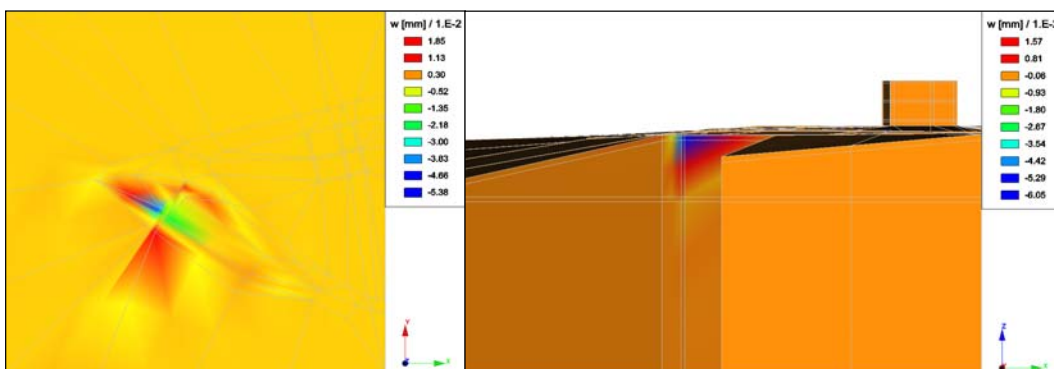
Na obr. 3 resp. 4 jsou graficky znázorněny svislé posuny pro jeden z extrémních výpočtových kroků pro první a druhý modelový stav. Jsou z nich patrný rozvoje posunů na povrchu a hloubkový projev dynamických účinků v závislosti na vzdálenosti od zdroje seismického působení.

V grafech 2-5 je pak zobrazen vývoj těchto svislých posunů pro extrémní výpočtové kroky ve směrech linií L1 a L2 (viz. obr. 1) pro dané modelové stavy, opět v závislosti na vzdálenosti od půso-biště. Vyplyvá z nich, že nežádoucími účinky může být ovlivněna především přilehlá část vozovky a bezesporu hřiště.

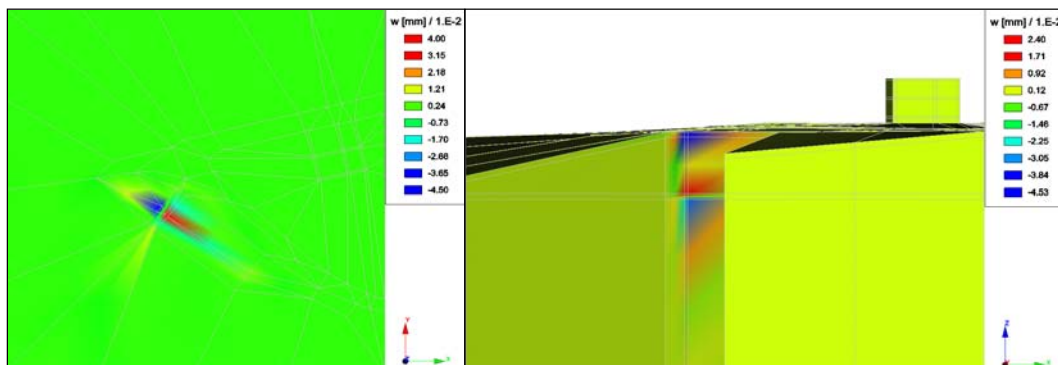
Zajímavý je také hloubkový projev svislých posunů pod patou štětovnice znázorněný v grafech 6 a 7, který mimo samotných posunů reflektuje rozhraní jednotlivých zeminových vrstev.



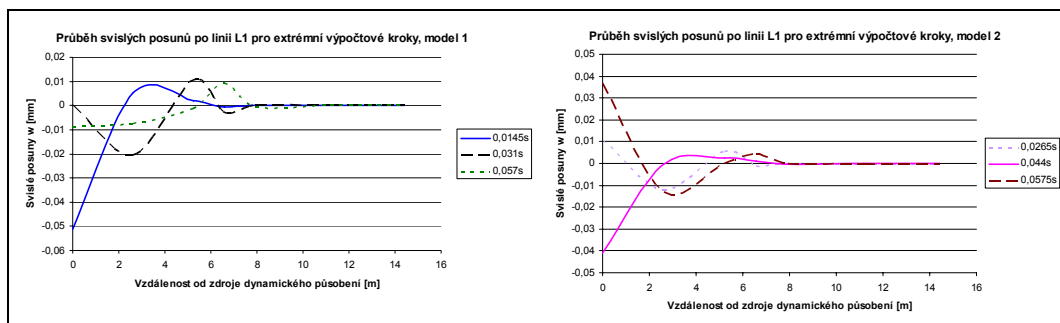
Obr. 2: Půdorysný pohled a axonometrický pohled na model.



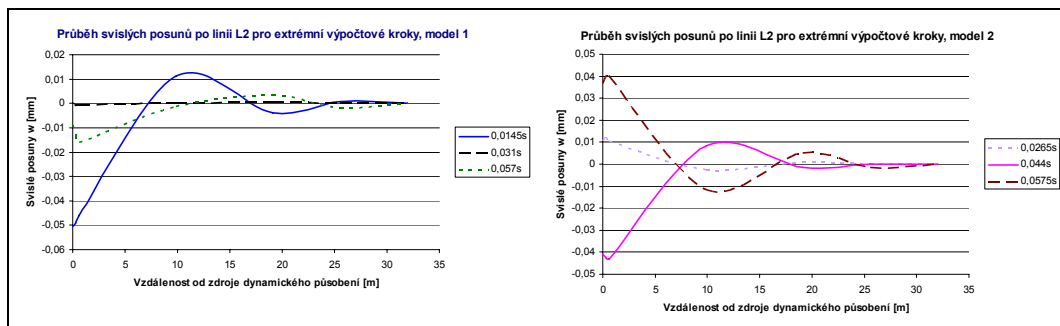
Obr. 3: Svislé posuny – plošný a hloubkový rozvoj – první modelový stav.



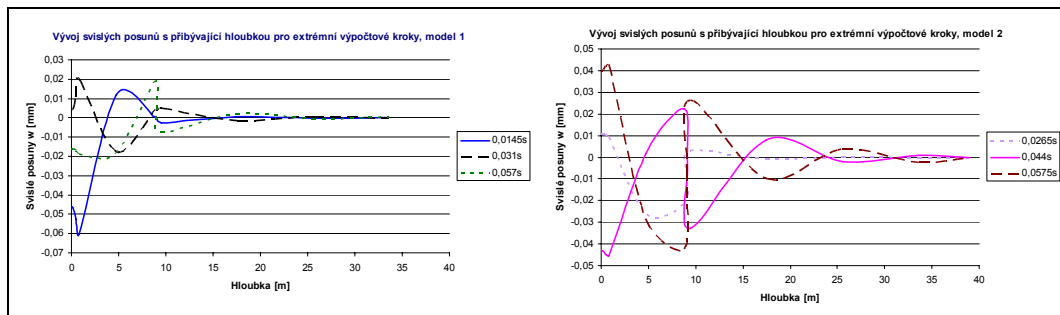
Obr. 4: Svislé posuny – plošný a hloubkový rozvoj – druhý modelový stav.



Graf 2 a 3: Vývoj svislých posunů po linii L1 pro první a druhý modelový stav.



Graf 4 a 5: Vývoj svislých posunů po linii L2 pro první a druhý modelový stav.



Graf 6 a 7: Hloubkový vývoj svislých posunů pro první a druhý modelový stav.

5 ZÁVĚRY

Z matematického modelu, který byl vytvořen ve výpočtovém programu Cesar LCPC CLEO 3D, v modulu DYN1, pro řešení konkrétního případu zavibrovávání štetovnice typu larsen III., vyplývají následující závěry:

Dynamickými účinky je postiženo především hřiště. Maximální svislé posuny dle matematického modelu s přihlédnutím na nižší modelové amplitudy rychlostí kmitání nepřesáhnou $\pm 0,1\text{ mm}$. Ve vzdálenosti 25m po linii L2 je už jejich vliv nepatrný. Ač se mohou zdát tyto posuny relativně malé, lze do budoucna očekávat problémy s životností tohoto hřiště.

Rozvoj oblasti účinků ve formě posunů dosahuje též k okraji přilehlé komunikace, která je od štetovnice vzdálená cca 8m. Maxima svislých posunů dosahují obdobných hodnot, jako v předcházejícím případě. Útlum účinků od dynamického zatížení na povrchu je však po linii L1 vyšší, patrně z důvodu nekompaktnosti materiálů mezi hřištěm a komunikací. V době měření dynamické odezvy byly zjištěny radiální trhliny na jejím okraji (viz. obr. 5). Jelikož už byly v této době práce v plném proudu, zůstává otázkou, zda tyto trhliny jsou důsledkem dynamické odezvy nebo mají genezi jinou.

V neposlední řadě můžeme na základě modelu konstatovat, že hloubkový projev svislých posunů při dané geologii je minimálně 15m pod patu štetovnice.



Obr. 5: Radiální trhliny na přilehlém okraji vozovky.

LITERATURA

- [1] Manuál programu CESAR LCPC, Version 4.0.
- [2] INTERNETOVÝ ZDROJ: <http://www.nortrade.dk/ICE.htm>
- [3] LUŇÁČKOVÁ B., HRUBEŠOVÁ E., KOŘÍNEK R.. Vliv materiálových parametrů zemin na seizmickou odezvu horninového prostředí a konstrukcí. *Dílčí výzkumná zpráva CIDEAS za rok 2006*. Ostrava: FAST, VŠB-TU.
- [4] LUŇÁČKOVÁ B., HRUBEŠOVÁ E., KOŘÍNEK R. Stanovení dynamických účinků beranění piloty. *Dílčí výzkumná zpráva CIDEAS za rok 2007*. Ostrava: FAST, VŠB-TU.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001 v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS

Oponentní posudek vypracoval: Prof. Ing. Karel Müller, DrSc.

Karel VOJTASÍK¹

SLEDOVÁNÍ VÝVOJE ZAVALOVÁNÍ NADLOŽÍ Z NESOUDRŽNÝCH ZEMIN NAD PODPOVRCHOVÝM PODZEMNÍM DÍLEM PO TECHNOLOGICKÉM NADVÝLOMU

Abstract

A ground caving goes with excavation of subterranean galleries especially those driven on shallow depth in loose materials. The ground overbreak accounts for as one of the chief cause of a ground caving that extends as far as the ground surface in many occurrences. The paper gets at the root of the relation between amounts of overbreak and ground caving along with considering other innate constituents being involved in. Outlined matter is investigated by mathematical discontinues model (program PFC2D) that matches up well with the loose ground material traits.

1 ÚVOD

Technologický nadvýlom je objektivním jevem, který doprovází každou realizaci podzemního díla. Je jednou z hlavních příčin pohybů hornin nadloží, které nastávají v silně narušeném a zvětralém horninovém prostředí, nebo nesoudržných zeminách, obklopujících podzemní dílo.

Technologický nadvýlom je veškerý objem horniny, odebraný z horninového prostředí v procesu výlomu, nad rámec objemu, odpovídající projektované hrubé zabírce, který nebyl následně nahrazen (sanován), nýbrž byl vyplněn zavalujícím se horninovým materiálem.

Příčiny technologického nadvýlomu jsou obecně podmíněny technologií provádění díla. Například při ražbě tunelovacími štíty existují dvě okolnosti pro vytváření technologického nadvýlomu.

První je dána rozdílem mezi rozměry – průměrem profilu štítu, který je větší a průměrem ostění díla. Tento rozdíl není příliš velký, jeho hodnota se nemění a je obvykle sanován výplňovou injektáží prostoru mezikruží.

Druhá okolnost vytváření technologického nadvýlomu souvisí s postupem štítu a množstvím odtěžené horniny (zeminy) během tohoto postupu. Projektovaný objem postupu (zabírky) nemusí být vždy roven skutečně odtěženým objemům materiálu. V silně narušených a zvětralých horninách, v nesoudržných zeminách pod hladinou podzemní vody, nebo v plastických tlačivých zeminách zde mohou nastat značné rozdíly. Tento typ nadvýlomu již nelze kompenzovat a je zcela sanován materiálem z nadloží a boků z prostoru kolem aktuální polohy čela štítu. Materiál přitom může přicházet jak oblasti před, tak i z oblasti za čelem štítu.

2 METODY STANOVENÍ POKLESŮ NAD PODZEMNÍMI DÍLY

Chování hornin nadloží během výstavby podpovrchových podzemních děl je základním problémem, který je v projektové etapě řešen empiricky na základě známých poznatků (Peck), nebo exaktně výpočtovými metodami. Dnes nejběžnější výpočetní metodou uplatňovanou v geotechnické praxi je MKP. V případech podpovrchových děl umístěných v silně narušeném a zvětralém horninovém prostředí, nebo nesoudržných zeminách, stanovení vývoje chování nadloží touto metodou nemusí vést vždy k uspokojivým výsledkům. Hlavní příčinu lze spatřovat v numerickém modelu MKP, který je založen na předpokladu kontinuálního přetváření prostředí, což je v rozporu s charakterem prostředí. Tento rozpor je u MKP zjednodušeně řešen užitím konstitutivních vztahů, pomocí kterých lze dosáhnout stavu větších deformací bez nárůstu napětí (plastické přetváření), který může

¹ doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 947, e-mail: karel.vojtasik@vsb.cz.

formálně odpovídat stavu posunu částic nesoudržných materiálů. Tento přístup však pomíjí skutečné fyzikální zákonitosti, které determinují pohyby částic v partikulárních systémech. Spojitost deformací neumožňuje postihnout přeskupování elementů v nesoudržném prostředí, kdy jednotlivé elementy systému se změnou své polohy, zejména při velkých posunech, mění i své sousedy.

3 VÝPOČETNÍ DISKONTINUITNÍ MODEL PFC2D

Sledování vlivu technologického nadvýlomu na chování partikulárního nesoudržného prostředí - nadloží a povrchu terénu, je uskutečněno rovinným diskontinuitním výpočetním modelem – program PFC2D. Model představuje vertikální řez prostředím, ve kterém je umístěno kruhové dílo zajištěné tuhým ostěním (obr. 1).

Prostředí je modelováno souborem diskových elementů. Poloměry elementů a jejich poloha jsou generovány na základě rovnoměrného rozdělení. Předpoklad rovnoměrného rozdělení velikostí poloměrů elementů neodpovídá skutečným podmínkám. Početní zastoupení jednotlivých velikostí poloměrů by mělo být správně generováno podle skutečné křivky zrnitosti prostředí, i to je možné. Z technických příčin Tento zjednodušený přístup je zvolen z technických (výpočetních) příčin. Pokud by mělo být respektováno skutečné granulometrické zastoupení jednotlivých velikostí poloměrů elementů podle skutečné křivky zrnitosti, například šterku, počet elementů v modelu, s ohledem k jeho rozměrům (5 x 20 m), by řádově dosáhl hodnoty až 107.

Stav geostatické napjatosti je vypočten z tíhy elementů. Mezi jednotlivými elementy se předpokládá pouze tření, charakterizované součinitelem tření, který je v tomto případě odvozen z tangenty úhlu vnitřního tření prostředí.

Poloměr díla a hloubka jeho uložení pod povrchem terénu mohou být zvoleny v rozsahu rozměrů modelu. Rozměry modelu dávají možnost řešit situace podpovrchových děl, od neprůlezných profilů až do velikosti průřezů kolektorů inženýrských sítí, realizovaných bezvýkopovými technologiemi, mikrotunelováním nebo i klasickým báňským způsobem.

Nadvýlom je modelován odebráním elementů. Velikost nadvýlomu je zadána v % plochy kruhového díla. Prakticky je nadvýlom modelován odebráním elementů ležících na obvodu vně průřezu díla jak z jeho nadloží, tak i jeho boků podle schématu na obr.1. Pokud budou k známy poznatky o chování prostředí a tvorbě nadvýlomu kolem výrubu díla, například nadvýlom se bude tvořit pouze na jedné straně, je možné modelovat i podobné systémy vytváření nadvýlomu.

Vliv nadvýlomu na velikosti poklesů povrchu terénu je hodnocen na základě vývoje chování – pohybu (dráze a rychlosti pohybu) diskretních elementů, které leží na líně, představující povrch terénu.

4 VÝSLEDKY

Článek uvádí výsledky parametrického řešení fiktivní situace, charakterizované následujícími parametry:

- nesoudržné prostředí je modelováno rovinnou plochou o rozměrech, hloubka 5 m a šířka 20m, do které je generován soubor 6760 diskových elementů, jejichž poloměr se pohybuje v rozmezí od 0,025 do 0,05 m, s rovnoměrným zastoupením velikostí poloměrů; objemová tíha elementů $\gamma = 25 \text{ kNm}^{-3}$; součinitel tření mezi elementy je roven 0,57, ($\phi = 30^\circ$)

- poloměr je díla 0,75 m
- výšky nadloží jsou 1,5 , 2,25 , 3,0 m
- hodnoty nadvýlomu jsou 5,0%, 7,5%, 10,0%, 15,0%, 20,0% a jsou počítány z plochy díla.

Sledovány jsou vertikální poklesy na linii povrchu terénu, na deseti diskretních elementech. Elementy jsou symetricky rozmístěny od bodu, ležícího nad vrcholem klenby díla. Rozteč rozmístění

elementů je 1m. U elementu, ležícího nad vrcholem klenby díla, je zaznamenán vývoj rychlosti jeho vertikálního pohybu.

Výsledky sledovaných závislostí jsou zpracovány a graficky prezentovány viz. obrázky 2, 3, 4, 5 a 6.

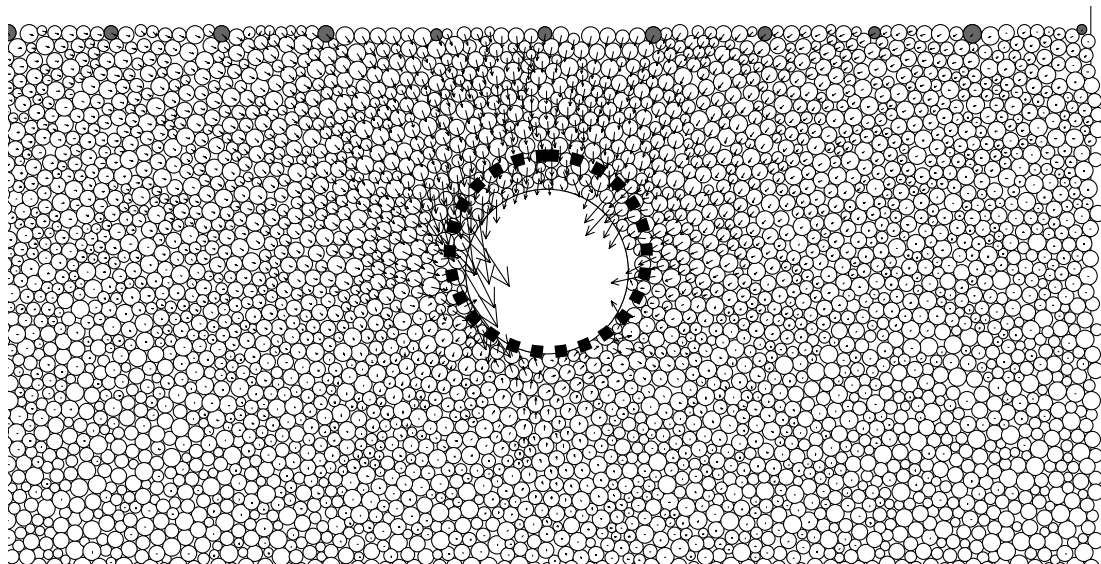
Obrázky č. 2, 3 a 4 jsou parametrickou studií, která graficky zachycuje vývoj hodnot poklesů nad podzemním dílem v závislosti na mocnosti nadloží díla a rozsahu nadvýlomu. Obrázek č. 5 uvádí srovnání vývoje hodnot poklesů nad podzemním dílem pro konstantní hodnotu nadvýlomu a proměnlivou mocnost nadloží. Poslední obrázek č. 6 uvádí tvary postupného vytváření poklesové kotliny nad dílem.

U všech prezentovaných závislostí výchozí nezávisle proměnnou je hodnota výpočetního cyklu. Výpočet byl ukončen po 3000 výpočetních cyklech, kdy došlo k dosažení stabilizace stavu sil mezi jednotlivými elementy modelu, tzn. došlo k trvalému ukončení pohybu elementů.

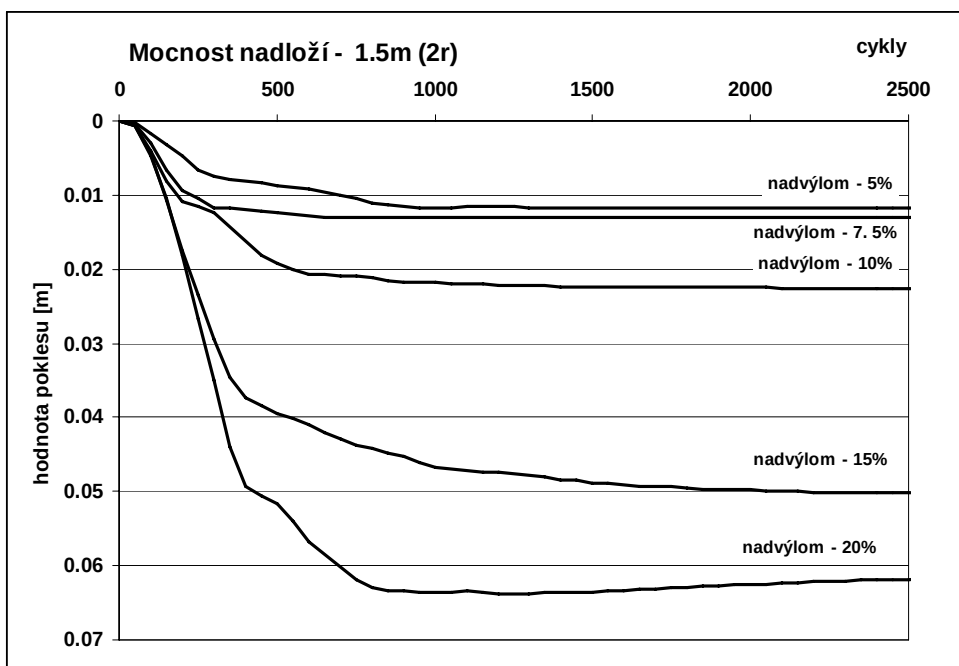
5 ZÁVĚR

Prezentované závislosti nemají zcela hladký průběh. Tato skutečnost vyplývá z charakteru diskontinuitního modelu, z diskrétního přenosu sil mezi elementy, měnícími se vazbami mezi sousedními elementy (uvolňování, uzavírání elementů) a nespojitých pohybů sousedních elementů, při změně silových vazeb (uvolňování) mezi sousedními elementy, kdy dochází k strukturálním změnám, při kterých elementy mohou být navzájem přeskupovány. Velikost náhlých změn v průbězích grafů je také ovlivněna granulometrickým složením, velikostí průměrů elementů a je odrazem jejich individuálního rozložení v prostředí. Pro jinou sestavu elementů, generovaných ze stejných vstupních podmínek, výsledky budou analogické, nikoliv však totožné.

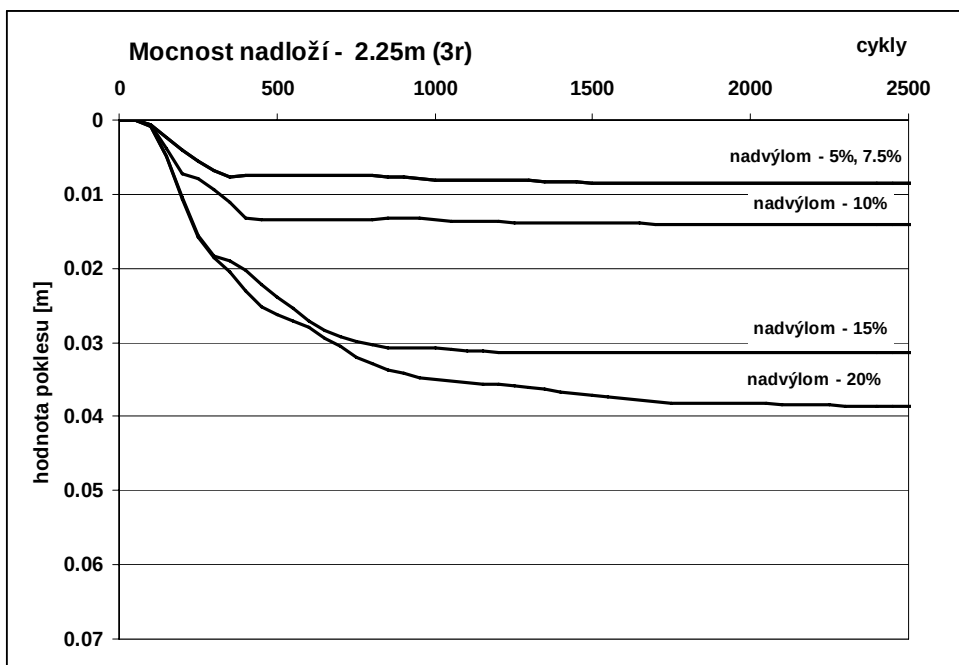
Řešení poklesů diskontinuitními modely nabízí možnost sledovat vývoj chování nesoudržných zemin v mimořádných situacích, kdy může docházet ke značným nadvýlomům, při kterých dochází velkému a rozsáhlému pohybu materiálu, charakterizovaným přeskupováním hmot.



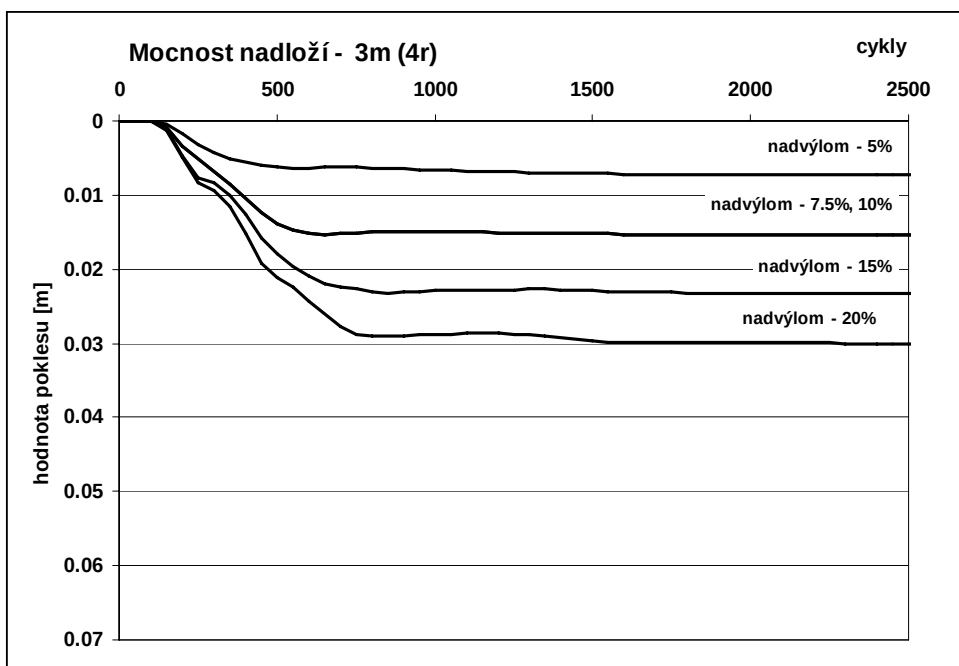
Obr. 1: Výpočetní model mocnost nadloží 1,5m, poloměr díla 0,75m – detail
Schéma tvorby oblasti nadvýlomu. Plocha oblasti vymezené přerušovanou kružnicí představuje nadvýlom.



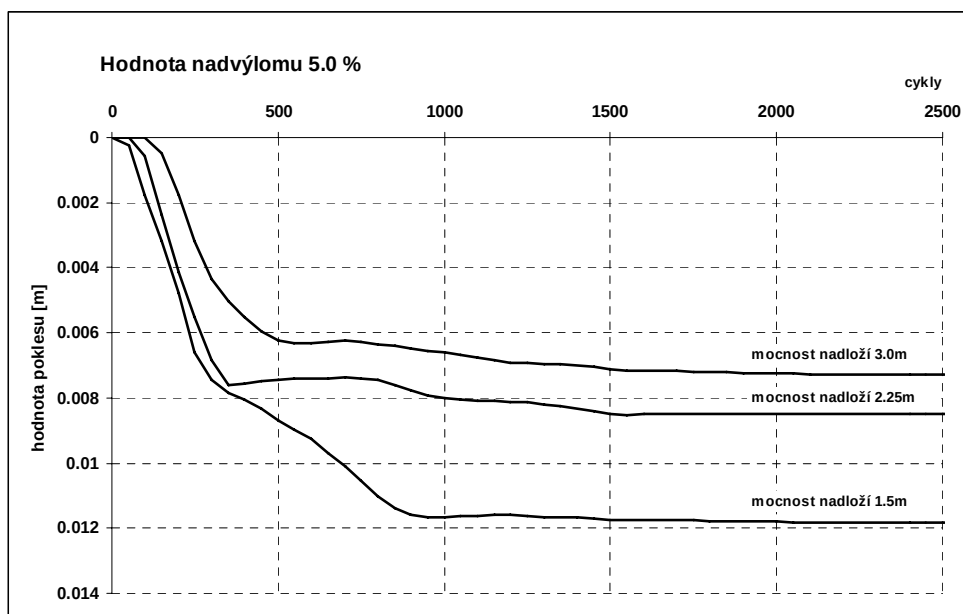
Obr. 2: Závislost vývoje poklesů na hodnotě nadvýlomu na povrchu terénu v bodě nad vrcholem díla (poloměr díla $r = 0,75$).



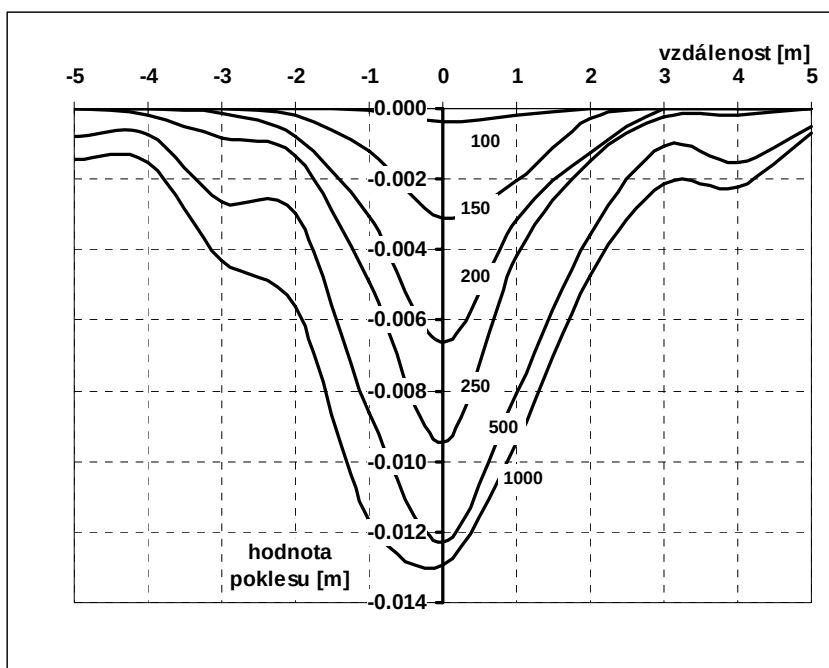
Obr. 3: Závislost vývoje poklesů na hodnotě nadvýlomu na povrchu terénu v bodě nad vrcholem díla (poloměr díla $r = 0,75$).



Obr. 4: Závislost vývoje poklesů na hodnotě nadvýlomu na povrchu terénu v bodě nad vrcholem díla (poloměr díla $r = 0,75$).



Obr. 5: Závislost vývoje poklesů na mocnosti nadloží na povrchu terénu v bodě nad vrcholem díla při konstantní hodnotě nadvýlomu (poloměr díla $r = 0,75$).



Obr. 6: Závislost vývoje poklesové kotliny na výpočetním cyklu (poloměr díla 0,75m; mocnost nadloží 1,5m; hodnota nadvýlomu 7,5%).

LITERATURA

[1] PFC 2D Manuals Itasca consulting Group, Inc.1999

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Karel Franczyk, Ph.D.

Marcela HALÍŘOVÁ¹, Petra TYMOVÁ²

INSTALACE V ROŠTOVÝCH SÁDROKARTONOVÝCH PŘÍČKÁCH PŮDNÍCH VESTAVEB

Abstract

All-time favorite loft conversions which are built-in under the roof of current buildings have some specifics. A new originate area must be adequately provided with the distribution of the technological facilities and also in the required standard.

1 ÚVOD

Stále oblíbené půdní vestavby, které jsou vestavěny do krovů stávajících objektů, mají svá specifika. Nově vznikající prostory musí být plnohodnotně vybaveny veškerými rozvody technického vybavení a to v požadovaném standardu.

2 VEDENÍ INSTALACÍ V PŘÍČKÁCH

Návrh nových interiérů musí respektovat nejen daný půdorys, ale i stávající nosnou konstrukci krovu. Snažíme se vedení rozvodů vnitřních instalací vést uvnitř nově navrhovaných stěn, podlah nebo stropních podhledů. Použití systému suché výstavby za pomoci sádrokartonových prvků se i z pohledu vedení vnitřních instalací ukazuje jako velmi výhodné.

Pro kabelové rozvody elektroinstalací, počítačových sítí ap. postačí využít dutých meziprostor roštových sádrokartonových příček. Použitím kovové podkonstrukce získáme obvykle prostor široký 50, 75, 100 nebo 150mm. Po osazení nosné kovové konstrukce příčky a jednostranném opláštění můžeme provádět instalaci kabelových rozvodů. Otvary pro protažení kabeláže ve svislých CW stojkách podkonstrukce získáme proražením tzv. H prolisů, které jsou v typizovaném systému suché výstavby připraveny. Snažíme se vést rozvody elektroinstalací výhradně vodorovně. Nikdy nesmíme vést elektroinstalace uvnitř svislého kovového CW profilu, mohlo by dojít k poškození kabelů při následném šroubování desek. Vedení provádíme přímo z vodičů (CYKYL, AYKYL, apod.) nebo vodiče můžeme vést v ohebných elektroinstalačních chráničcích z PVC. Po doplnění konstrukce izolací a opláštěním příčky sádrokartonovými deskami, provedeme kompletaci kabelových rozvodů se speciálními prvky pro sádrokartonové konstrukce.

Potřebujeme-li vést uvnitř stěny více instalací volíme raději příčku dvojitou instalační.

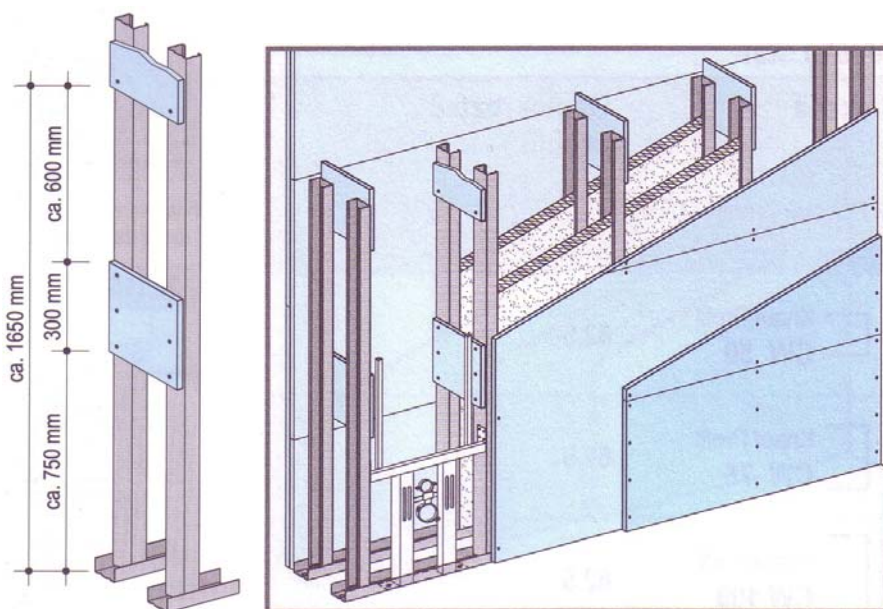
Tato stěna je vytvořena dvojitou kovovou podkonstrukcí, z nichž každá podkonstrukce je pouze jednostranně opláštěna. Mezi tímto zdvojením můžeme vytvořit volný prostor potřebné šířky. Potřebná stabilita a tuhost stěny je zajištěna sprážením podkonstrukcí vždy v třetinách jejich výšky (osově po 900mm) pásy sádrokartonu šířky 300 mm.

¹ Ing. Marcela Halířová, Ph.D., Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava – Poruba, tel.: (+420) 597 321 359, e-mail: marcela.halirova@vsb.cz.

² Ing. Petra Tymová, Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 352, e-mail: petra.tymova@vsb.cz.



Obr.1 Vedení elektroinstalací v sádkartonových příčkách



Obr.2 Instalační příčka s dvojitým opláštěním, zpraženou konstrukcí a nosičem zařizovacích předmětů (archiv Knauf).

Pro opláštění použijeme sádkartonové desky obyčejné nebo v hygienických místnostech impregnované do vlhkého prostředí. Impregnované sádkartonové desky mohou být navrhovány pro vnitřní prostředí s vyšší relativní vlhkostí do 75%. Dosahují-li prostory relativní vlhkost až 85% mohou se impregnované desky použít jen pokud je tato vlhkost dosahována po dobu kratší jak 10 hodin

za den. Impregnované desky snesou i relativní vlhkost 100%, ale pouze po dobu kratší jak 2 hodiny během 24 hodinového cyklu, za předpokladu vnitřní teploty vzduchu 20°C.

Do trvale vlhkých provozů nebo tam kde by byly konstrukce vystaveny trvalému ostříku vodou nejsou sádrokartonové desky vhodné. Zde musíme volit desky na bázi cementu (např. systém Aquapanel Cement Board Indoor) apod.

Pro větší tuhost příček např. pod keramické obklady můžeme použít opláštění z dvou vrstev sádrokartonových desek, nebo můžeme jednu nebo obě sádrokartonové desky nahradit deskami sádrovláknitými.

Pokud budeme muset instalovat zařízení (např. umyvadla, závěsné WC, bidety, ohřívače TV, apod.) do této instalační příčky, musíme dle projektu a volby zařizovacích předmětů umístit do patřičné výšky nosiče pro jednotlivé zařizovací předměty, popřípadě nosiče pro zavěšený nábytek.

Lehčí zařizovací předměty (umyvadla) se zavěšují na speciální konstrukci ze sanitárního programu výroby, která se přichycuje mezi CW profily.

Zařizovací předměty typu závěsné (WC, bidet, pisoár) musí být zásadně upevňovány do ztužujících profilů UA prostřednictvím speciálních nosných konstrukcí. Je nutné, aby stojany přenášely rovněž reakci v místě opření spodní hrany zařizovacího předmětu. Pro připevnění zvláště těžkých předmětů (skříňky kuchyňské linky) se doporučuje provést statický výpočet.

Pro pevné uchycení jednotlivých výtokových armatur v dané výšce (dle projektu) nám slouží tzv. držáky pro uchycení výtokových armatur, ke kterým jsou připevněny instalatérské "nástěnky". Provedou se rozvody teplé a studené vody, (cirkulace), které se upevní do konstrukce instalačních příček. Potrubí musí být opatřeno izolací (molitanovými návleky), která chrání potrubí proti tepelným ztrátám, orosování a částečně eliminuje dilatační pohyby.

Veškeré zařizovací předměty, které se nacházejí na instalačních příčkách, napojíme na kanalizační připojovací potrubí (systém HT), které zakotvíme pomocí objímek kotevních konstrukcí připevněné k profilům CW.



Obr.3 Příprava instalace umyvadel do sádrokartonové příčky



Obr.4 Vedení instalací v sádkartonových příčkách



Obr.5 Umístění uzavíracích armatur a poměrových měřidel

3 VEDENÍ INSTALACÍ V PODHLEDECH

Pro vedení instalací můžeme vhodně využít dutých prostorů podhledů. Zavěšený rám podkonstrukce podhledu poskytuje obvykle dostatečně velký prostor pro rozvody i objemnějších instalací (např. vzduchotechniky, elektrorozvodů apod.). Při použití kazetových výplní podhledu si navíc zajistíme bezproblémový přístup k instalačním rozvodům ať už pro jejich případnou kontrolu nebo výměnu či opravu.



Obr.6 Příklad vedení objemných rozvodů



Obr.7 Sádkartonový podhled s bodovým osvětlením skryje kabelové rozvody i “trafo”



Obr.8 Sádrokartonový podhled

5 ZÁVĚR

Roštové sádrokartonové konstrukce skýtají nepřehledné množství řešení vedení veškerých instalačních rozvodů. Abychom dosáhli požadované kvality, je nutné dodržet technologické postupy a použít celý systém doporučené výrobcem.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 806 – 1 (73 66 60) Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské spotřebě – Část 1 až 3. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] ČSN 73 66 60 Vnitřní vodovody. Praha: Český normalizační institut, 1984. Změny – Z1 (1994), Z2 (2006)
- [3] ČSN 73 43 01 Obytné budovy. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [4] ČSN EN 12056 Vnitřní kanalizace – gravitační systémy – Část 1 až 5. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [5] ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace. Praha: Český normalizační institut, 2003
- [6] HALÍŘOVÁ, M., SKULINOVÁ, D.: Suchá výstavba, Brno: ERA Group, spol. s r.o., 2007, ISBN 80-7366-072-5, str.112
- [7] ČSN EN 520 (72 3611) Sádrokartonové desky – Definice, požadavky a zkušební metody. Praha: Český normalizační institut, 2005. 44 s.
- [8] ČSN EN 14 195 (72 3612) Kovové konstrukční prvky pro sádrokartonové systémy – Definice, požadavky a zkušební metody. Praha: Český normalizační institut, 2005.28 s.

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing.arch. Josef Šamánek, CSc.

Radek HORÁK¹

ŘEŠENÍ TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY POMOCÍ DOPRAVNÍHO PROBLÉMU

Abstract

Pro navrhování technické infrastruktury lze použít distribuční úlohu lineárního programování, konkrétně dopravního problému, která tak dává možnosti pro řešení návrhu technické infrastruktury.

1 ÚVOD

Možnost napojení staveb na technickou infrastrukturu je základním požadavkem každého investora území. Proto již v samotném počátku přípravy stavby, při výběru lokality pro stavbu je nutno brát v potaz nejen možnost výstavby z hlediska územně plánovací dokumentace, která samozřejmě musí být v souladu s navrhovaným záměrem, ale i zda se v území nachází technická infrastruktura, na kterou se bude možno napojit, popřípadě zda technickou infrastrukturu bude nutno upravit (např. přeložit, posílit, rekonstruovat,...). Problém s napojením na inženýrské sítě je proto nutno již v první fázi prověřit a vyřešit.

Mezi nejstarší druhy technické infrastruktury se zařazuje vodovod a s tím spojené odkanalizování. Rozvojem sídel, zejména průmyslu byl podmíněn rozvoj dalších druhů technické infrastruktury jako jsou rozvody elektřiny, poté rozvody plynu, teplovodu, telekomunikací atd.

2 SOUČASNÝ STAV

V zastavěném území nebo v zastavitelné ploše, se v první řadě stanoví požadavky na technickou infrastrukturu, popřípadě se tato plocha rozčlení a pro jednotlivé tyto díly plochy se stanoví požadavky na technickou infrastrukturu. V rámci této plochy nebo dílčích částech plochy se navrhne komunikace a technická infrastruktura je směrově koordinována s navrhovanými komunikacemi, tj. že technická infrastruktura je rovnoběžně s osou komunikace, přičemž se technická infrastruktura přednostně ukládá do nepevněných částí (přidruženého dopravního prostoru). Stokové sítě a v odůvodněných případech i ostatní technická infrastruktura mimo vedení elektřiny lze uložit i pod těleso komunikace; toto neplatí při navrhování technické infrastruktury v nezastavěném územím (extravilánu), kde se technická infrastruktura neukládá do tělesa komunikace mimo místo s ní křížené.

Pro umístění technické infrastruktury platí respektování ochranného pásma technické infrastruktury a u plynovodního řadu bezpečnostního pásma, která jsou stanovena příslušnými právními předpisy a nejmenší vzdálenosti technické infrastruktury (vzdálenosti vodorovné a svislé) jsou uvedeny v ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.

3 ŘEŠENÍ TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY POMOCÍ DOPRAVNÍHO PROBLÉMU

Rozvod technické infrastruktury lze také řešit distribuční úlohou lineárního programování. Distribuční úlohy se dělí na specifické metody, kterými jsou např. dopravní problém, obecný dopravní problém, přiřazovací problém, problém obchodního cestujícího, ze kterých lze pro řešení technické infrastruktury vycházet z poznatku dopravního problému, který představuje úkol přepravit a nejúsporněji druh zboží od dodavatelů přímo k odběratelům. Aby metoda dopravního problému mohla být použita je prvním krokem splnění podmínky vyplývající z dopravního problému - minimálně 2 dodavatelé dodávají zboží 2 odběratelům. Pojem minimálně 2 dodavatelů bude splněn, neboť pojem do-

¹ Ing. Radek Horák, Katedra architektury, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba.

davatelů bude odpovídat místům napojení na technickou infrastrukturu, popřípadě místu hlavního rozvodu k jednotlivým dílčím plochám. Pojem minimálně 2 odběratelů bude rovněž splněn, neboť pojem odběratelů bude odpovídat místům odběru (popř. místu produkce odpadu) v jednotlivých dílčích plochách.

Řešení lze pak rozdělit do několika fází:

1. fáze: Pro řešení je stanoveno:

- 1) plocha je vymezena
- 2) plocha je rozčleněna na jednotlivé dílčí plochy
- 3) v jednotlivých dílčích plochách jsou známy potřeby (potřeba vody,...) – místa odpovídající pojmu minimálně 2 odběratelů
- 4) jsou známa místa odpovídající pojmu minimálně 2 dodavatelů

2. fáze: Pomocí dopravního problému stanovit, která dílčí plocha bude napojena z místa napojení na technickou infrastrukturu, popřípadě místu hlavního rozvodu k jednotlivým dílčím plochám.

V této fázi při řešení dopravního problému se dále stanoví:

- Počet odběratelů = počet dílčích ploch, ve kterých je nenulová potřeba ($O_1, O_2, \dots, O_n$)
- Počet dodavatelů = místa napojení na technickou infrastrukturu, popřípadě místa hlavního rozvodu k jednotlivým dílčím plochám ($D_1, D_2, \dots, D_m$)
- Kapacita v místech napojení na technickou infrastrukturu, popřípadě kapacita v místě hlavního rozvodu k jednotlivým dílčím plochám ($a_1, a_2, \dots, a_m$)
- Potřeby v jednotlivých dílčích plochách ($b_1, b_2, \dots, b_n$)
- Náklady na dopravu = náklady na vybudování rozvodů technické infrastruktury (cena/bm x m) (c_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, m$ a kde $j = 1, 2, \dots, n$)

Na základě těchto formulací lze stanovit model dopravního problému, kde účelová funkce je definována:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0$$

pak

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + \dots + c_{1,n} x_{1,n} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + \dots + c_{2,n} x_{2,n} + c_{m,1} x_{m,1} + c_{m,2} x_{m,2} + \dots + c_{m,n} x_{m,n}$$

Dopravní problém je definován rovnicemi $m + n$. v této soustavě rovnic je známo $m * n$ proměnných a $m + n$ podmínek nezápornosti.

$$\begin{array}{rcl}
 x_{1,1} + x_{1,2} + \dots + x_{1,n} & & \leq a_1 \\
 & x_{2,1} + x_{2,2} + \dots + x_{2,n} & \leq a_2 \\
 & & x_{m,1} + x_{m,2} + \dots + x_{m,n} \leq a_m \\
 \\
 x_{1,1} + x_{2,1} + \dots + x_{m,1} & & \leq b_1 \\
 & x_{1,2} + x_{2,2} + \dots + x_{m,2} & \leq b_2 \\
 & & x_{1,n} + x_{2,n} + \dots + x_{m,n} \leq b_n
 \end{array}$$

Tato forma lze zapsat do tabulky.

Tabulka 1:

	O_1	O_2		O_n	a_i
D_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$	$\dots$	$c_{1,n}$ $x_{1,n}$	a_1
D_2	$c_{2,1}$ $x_{2,1}$	$c_{2,2}$ $x_{2,2}$	$\dots$	$c_{2,n}$ $x_{2,n}$	a_2
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
D_m	$c_{m,1}$ $x_{m,1}$	$c_{m,2}$ $x_{m,2}$	$\dots$	$c_{m,n}$ $x_{m,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	$\dots$	b_n	

Z této tabulky vyplývá $\Sigma a_i \geq \Sigma b_j$

Tuto funkci lze rozdělit na dopravní úlohu – vyváženou $\Sigma a_i > \Sigma b_j$
 - nevyváženou $\Sigma a_i = \Sigma b_j$

V případě, že dopravní úloha bude nevyváženou, lze pomocí fiktivního odběratele úlohu upravit na dopravní úlohu vyváženou, aby platilo

$$\Sigma a_i = \Sigma b_j$$

pak platí

$$\begin{array}{ccccccc}
 m & & n & & m & & n \\
 \Sigma & x_{i,j} = & \Sigma & x_{i,j} = & \Sigma & a_i = & \Sigma & b_j \\
 i=1 & & j=1 & & i=1 & & j=1 &
 \end{array}$$

Tímto způsobem lze vyřešit návrh technické infrastruktury v zastavěném území nebo v zastavitelné ploše.

4 ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že při vyváženém umístění technické infrastruktury již při počátku realizace, nebude v budoucnu docházet k problémovým střetům mezi vlastníkem technické infrastruktury, jejím provozovatelem a uživatelem. Proto je nutné vzít v potaz veškeré dostupné informace o možných budoucích aktivitách a záměrech.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HOLOUBEK, J.: *Ekonomicko-matematické metody*, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ústav statistiky a operačního výzkumu, 2007
- [2] RYCHETNÍK, L., ZLINKA, J., PELZBAUEROVÁ, V. *Sbírka příkladů z lineárního programování*, Nakladatelstvo ALFA, n.p., Bratislava, Praha 1968
- [3] ŠMARDA, B. *Lineární programování*, Univerzita J. E. Turkyň v Brně, Fakulta přírodovědecká, 1983
- [4] ŠRYTR, P. Aj. *Městské inženýrství I*, Academia, Praha, 1999

Oponentní posudek vypracoval: Ing. arch. Milan Dvořák

Martina PEŘINKOVÁ¹

SANACE FARNÍHO KOSTELA TŘÍ KRÁLŮ V BŘIDLICHNÉ

Abstrakt

Use of renovation plasters on historical buildings has its specifics. This type of plasters does not have a historical tradition, due to its composition. By this reason renovation plasters are perceived negatively by representatives of conservation and their use on historical buildings is strictly regulated.

1 ÚVOD

Sanace historických objektů mají specifika a vyžadují individuální přístup. U některých z nich si jejich technický stav vyžaduje použití sanačních omítek, které nejsou historickým materiálem, takže z pohledu památkové péče jsou stavebním materiálem nevhodným. Tento názor je do jisté míry pochopitelný. Abychom mohli zodpovědně přistupovat k návrhu sanačních omítek v nezbytně nutných případech, musíme důsledně zkoumat úspěšnost již sanovaných objektů. Jedním ze zkoumaných objektů je kostel v Břidličné.

2 UMÍSTĚNÍ A HISTORIE OBJEKTU

Město Břidličná, dříve Frýdlant nad Moravicí, je situováno v údolí na soutoku řeky Moravice a potoka Poličky. Z archivních pramenů je trvalejší osídlení doloženo už ze druhé poloviny 15. století. První osadníci přicházeli do tohoto kraje mnohem dříve. Pravděpodobně někdy po roce 1350.

Dne 5. května roku 1950 je Frýdlant nad Moravicí přejmenován na Břidličnou a dne 28. září 1973 je Břidličné navrácen statut města. Město má dvě místní části - Vajglov a Albrechtice u Rýmařova.

Nový kostel dal ve Frýdlantu postavit Vavřinec Eder ze Štíavnice v roce 1577.

Tato kulturní památka je jednolodní stavba s hranolovitou věží u jižní stěny. Kněžiště kostela je zaklenuto valenou klenbou s dotýkajícími se lunetami. Loď kostela je plochostrpá a sakristie na severu je zastropena valenou klenbou.

V roce 1826 byl kostel rozšířen o oratoř a kruchtu.

Protestantský kostel jedné z nejstarších luteránských farností na Moravě byl roku 1624 přeměněn na kostel římskokatolický a roku 1655 zasvěcen sv. Třem králům. Nový hřbitov byl při kostele vybudován v roce 1770.

Počátkem 20. století proběhly některé stavební úpravy a roku 1901 byla opravena klenba presbytáře. V roce 1905 dostal celý kostel novou krytinu, byl vymalován a získal nové oltáře. Nové varhany byly do kostela pořízeny roku 1907. V letech 1916 a 1917 byly pro válečné účely sneseny postupně dva zvony. Nové zvony zde byly osazeny až roku 1925. Další rozsáhlé opravy kostela byly provedeny v roce 1934 spolu s už pátou opravou bání na věži kostela.

V interiéru byly v 60. letech 20. století provedeny znehodnocující úpravy.

¹ Ing. Martina Peřinková, Ph.D., Katedra architektury, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 591, e-mail: martina.perinkova@vsb.cz.

3 STAV OBJEKTU PŘED SANACÍ

Farní kostel je na vyvýšeném místě ve městě a poblíž stojí další stavby. Objekt je kulturní památkou a spadá tedy pod ochranu památkové péče.

Omítky byly na zavlhklých plochách již částečně odstraněny až do výšky 1,5m, což usnadňovalo technický průzkum.



Obr. 1: Farní kostel Tří králů v Břidličné.

Přilehlý terén je rovinný, ale ne vždy svahovaný od objektu. Převážná plocha kolem kostela je zatravněná. Zdivo základů a zdí kostela je zděné z kamene a pálených cihel, tedy smíšené. Vlivem dlouhodobého působení zemní vlhkosti a mírně zanedbané údržby je zdivo zavlhklé a zasolené do různé výše a stupně.

Podél objektu je vedena větrací šachta, která umožňuje odvětrávání nosných konstrukcí. Krytí tohoto odvětrávacího systému tvoří břidlicové desky. Izolace proti zemní vlhkosti nebyla nelezena.

Zdivo kostela se směrem vzhůru kónicky zužuje, což má za následek větší namáhání zdiva z důvodu stékající dešťové vody po fasádě.

Stavební průzkum objektu byl proveden sanačním technikem v březnu 2002.



Obr. 2-3: Prostor před vstupem do kostela a opěrná zeď kostela.

4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP SANACE

Především bylo doporučeno provést revizi a následnou opravu všech oplechování, žlabů a svodů. Dále bylo zdůrazněno, že je nezbytné, aby větrací šachta byla udržovaná v čistém stavu. Její zanesení a následné vyhnívání naplavenin má za následek výskyt dusičnanů a chloridů v omítkách a to až na stupeň 3 až 4.

Naměřené vlhkosti zdiva se pohybovaly v rozmezí od 3% až do 9,2%, takže vlhkost byla velmi vysoká.

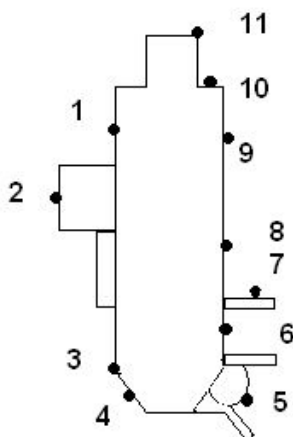
Vzhledem k výsledkům stavebního průzkumu byla doporučena následující skladba sanačních omítek. Výška provedení sanačních omítek byla doporučena nejméně 200cm. Zástupci památkové péče však omezili její horní úroveň na 150cm z důvodů zachování maximální autenticity památky.

Zvětralé a zavlhlé omítky byly odstraněny až do povolené výšky 150cm. Spáry byly vyškrábány do hloubky 20mm. Stará omítka byla odstraněna a odvezena ze stavby. K očištění byl použit průmyslový vysavač. Bylo upozorněno, že nikde nesmí být použita sádra na doplnění zdiva a spár.

Na očištěné a doplněné zdivo byl proveden sanační podhoz SANIER-Vorspritzmörtel 205. U cihelného zdiva byl podhoz nanesen v 60% plochy (materiál nesmí být slitý) a u kamenného podkladu na 100% sanovaného zdiva. Až po 3 dnech od provedení podhozu byly nanášeny sanační omítky. Druhou vrstvu tvoří vyrovnávací sanační omítka SANIER-Porenaugleichsputz 208 v minimální tloušťce 5mm. Po zavadnutí byl povrch upraven ocelovou mřížovou škrabkou a byl ponechán k proschnutí. Délka zasychání je 1 den na 1mm tloušťky, avšak minimálně 6 dní při suchém počasí a dobrém větrání. Třetí vrstva je sanační jádrová omítka SANIER- Wandputz 210 v minimální tloušťce 20mm. Po zavadnutí byl povrch stržen ocelovou mřížovou škrabkou a prosychal minimálně 12 dní při suchém počasí a dobrém větrání (1den na 1mm). Sanační štuk Feinputz 212 tvoří povrchovou úpravu v tloušťce 2mm. Na sanační omítky navazuje ve výšce 150cm vápenná omítka. Jako konečná povrchová úprava byl doporučen nátěr Silikonharz Fasadefarbe 770. Z důvodů požadavků zástupců památkové péče byl však použit vápenný nátěr po celých plochách fasády kostela, aby tak sjednotil povrch a podpořil podobu původní celoplošné vápenné omítky.

5 STÁVAJÍCÍ STAV OBJEKTU V ROCE 2007

Průzkum stávajícího stavu kostela byl proveden 30.1.2007. V oblasti se v té době vyskytovala sněhová pokrývka, která zanedbatelným způsobem omezila možnosti prohlídky památky. Jistým způsobem však tající sníh poukázal na některé problematické aspekty stavebních úprav.



Obr. 4: Označení vertikál měření a míst odběru vzorků, ►S.

Podle zjištěných informací byly v roce 2004 provedeny některé další práce údržby kostela. Především byly osazeny nové břidlicové parapetní desky a následně byla provedena oprava omítek a nový vápenný nátěr na celou fasádu kostela. V rámci těchto prací byla rovněž vyčištěna větrací šachta podél objektu.

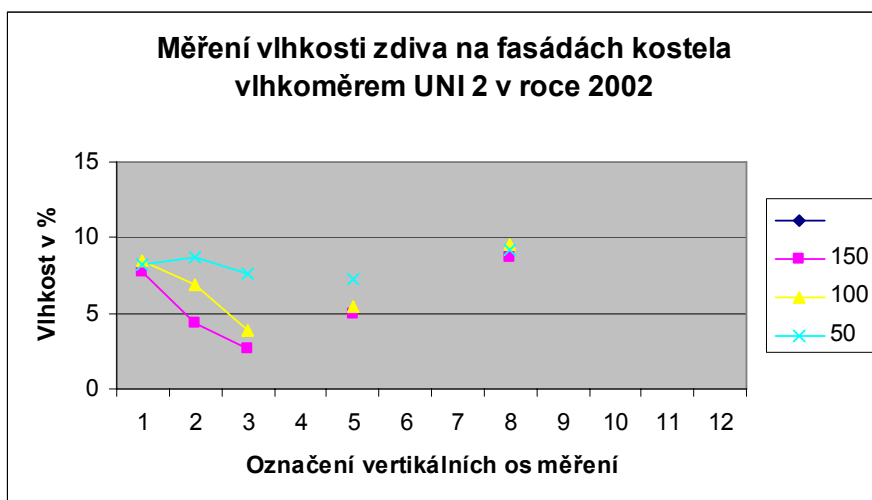


Obr. 5-6: Detaily větrací šachty podél objektu 30.1.2007.

Vlhkost

Tabulka 1: Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2002.

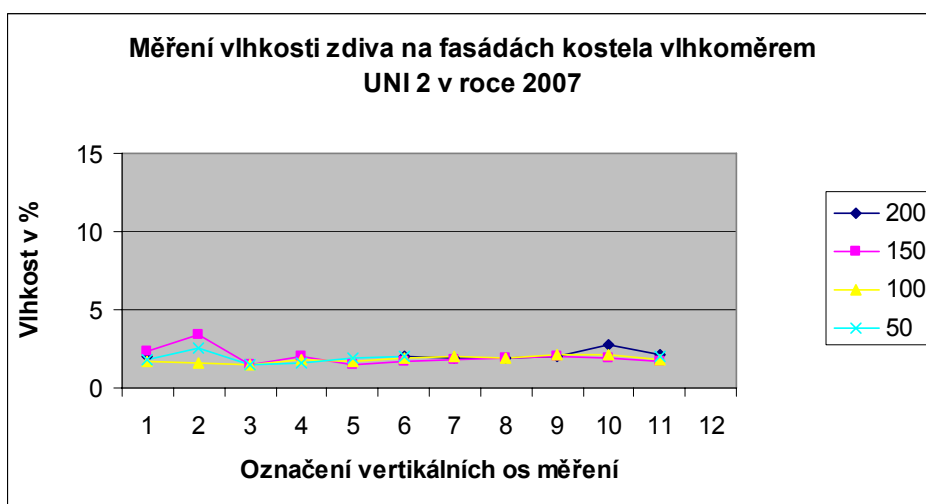
Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2002													
Výška měření(cm)	Naměřená hodnota vlhkosti zdiva v %												
	Označení vertikálních os měření												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
150	7,80	4,30	2,70		4,90			8,70					
100	8,50	6,90	3,90		5,50			9,60					
50	8,20	8,70	7,60		7,20			9,20					



Obr. 7: Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2002.

Tabulka 2: Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2007. Vlhkost v místě č. 3 je způsobena poruchou parapetu a stékáním vody po fasádě.

Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2007													
Výška měření(cm)	Naměřená hodnota vlhkosti zdiva v %												
	Označení vertikálních os měření												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
200	2,06					2,03	1,93	1,88	2,00	2,74	2,09		
150	2,30	3,43	1,44	2,04	1,53	1,66	1,79	1,87	2,00	1,89	1,74		
100	1,67	1,59	1,44	1,81	1,70	1,87	2,04	1,94	2,13	2,17	1,79		
50	1,77	2,55	1,48	1,61	1,94	1,99					2,02		

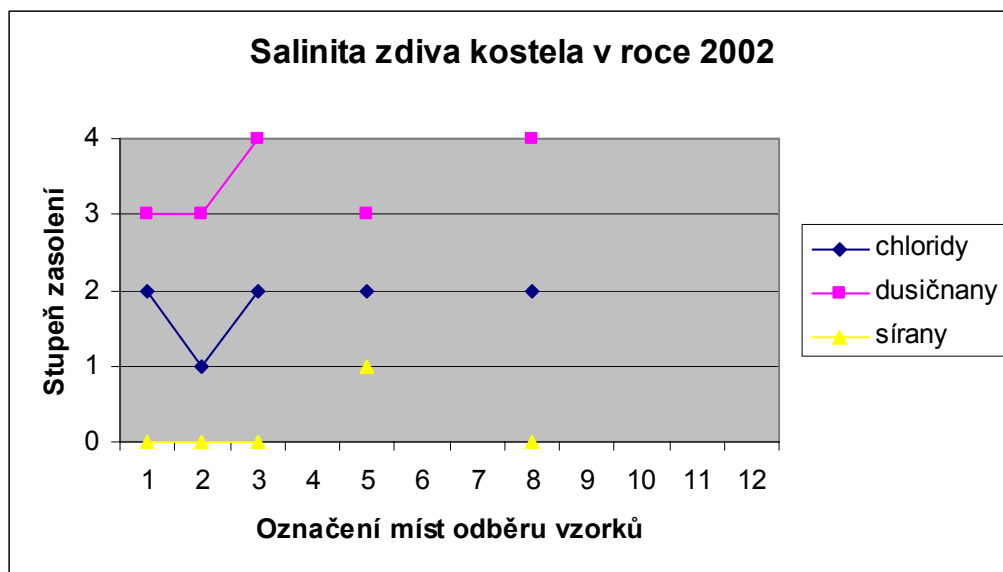


Obr. 8: Měření vlhkosti zdiva na fasádách kostela vlhkoměrem UNI 2 v roce 2007.

Salinita

Tabulka 3: Salinita zdiva kostela v roce 2002.

Salinita zdiva kostela v roce 2002													
soli	Naměřená hodnota salinity zdiva ve stupních												
	Označení míst odběru vzorků												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
chloridy	2	1	2		2			2					
dusičnany	3	3	4		3			4					
sírany	0	0	0		1			0					



Obr. 9: Salinita zdiva kostela v roce 2002.

Tabulka 4: Salinita zdiva kostela v roce 2007.

Salinita zdiva kostela v roce 2007													
soli	Naměřená hodnota salinity zdiva ve stupních												
	Označení míst odběru vzorků												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
chloridy	0	0											
dusičnany	0	0											
sírany	3	3											



Obr. 10: Salinita zdiva kostela v roce 2007.

6 ZÁVĚR

Nejdříve vyhodnotíme výsledky měření a analýzy sanačních omítek a poté si nemůžeme ne-
všimnout celkového pojetí údržby kostela.

Měření vlhkosti z roku 2002 a později z roku 2007 ukazují, že sanační omítky nevykazují vi-
ditelné poruchy a mapy a vlhkost v konstrukcích se pohybuje od 1,44% až po 3,43%. Nutno ovšem
poznamenat, že maximální hodnota je hodnotou ojedinělou a navíc způsobenou lokální poruchou
parapetu.

Pozitivní vliv na tyto výsledky měla pochopitelně také průběžná údržba odvětrávacího systé-
mu, bez níž bychom nemohli tak dobré výsledky očekávat.

Bohužel však musíme konstatovat, že celoplošně jsou na fasádách zaznamenány velké plochy
částečně vymizelého vápenného nátěru, jehož životnost neodpovídá periodám jeho obnovy. Je velmi
obtížné sloučit technické možnosti historických materiálů s ochotou a ekonomickými možnostmi
jejich údržby.

Co se týká salinity vzorků, byly zaznamenány výsledky jiného charakteru než tomu bylo
v roce 2002. Především vzorky již nevykazovaly přítomnost chloridů a dusičnanů, které nepochybně
pocházely především ze zanesených svodů a větracího systému, ale naopak se ve větší míře projevila
přítomnost síranů. Síraný obecně pocházejí za špatného ovzduší. Na stěnách kostela nejsou vidět
výkvěty solí.



Obr. 11-12: Detail okapu stříšky a detail uložení břidlicové parapetní desky.



Obr. 13: Nerovnoměrnost vápenného nátěru fasády kostela.

Břidlice je stavební materiál, který má v našich zemích a v této oblasti dlouhou tradici. Je tedy vhodné, aby byla používána v historickém konceptu mimo jiné na památkových objektech. Některé historické stavební detaily však vyžadují specifický, dnes již neobvyklý přístup, jehož dnešní řemeslníci ani nejsou schopni. Snad jen velmi úzce specializovaní odborníci mohou naplnit představy o správném provádění dnes již neobvyklých technologií. Konkrétně u kostela v Břidličné jsou břidlicové parapetní desky osazeny nesprávně, protože voda mezi nimi protéká a smáčí fasádu. Tyto poruchy se dějí jak při špaletách oken, tak také uprostřed parapetů.

Celkově tuto sanaci můžeme hodnotit jako velmi dobrou.



Obr. 14-15: Detail uložení břidlicové parapetní desky a znehodnocení omítek na šikmých stranách opěrných zdí.

LITERATURA

- [1] ČEJKA, T. Metody stanovení stávajících charakteristik zdiva v konstrukcích. *Sanace a rekonstrukce staveb 2000*. Praha-Česká stavební společnost, 2000.
- [2] HOŠEK, J., LOSOS, L. *Historické omítky, průzkumy, sanace, typologie*, Grada, Praha, 2007, ISBN 978-80-247-1395-3
- [3] KLEČKA, T., KOLÍSKO, J., BOUŠKA, P. *Zkoušení stavebních hmot a konstrukcí I. Přístroje a metody*. Sekurkon Praha 1999.

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. arch. Josef Šamánek, CSc.

Leopold HUDEČEK¹

MULTIPARAMETRICKÝ NÁVRH KONSTRUKCÍ A SPOLEHLIVOST DOPRAVNÍHO SYSTÉMU

MULTI-PARAMETRIC PROPOSAL OF CONSTRUCTION AND RELIABILITY OF TRANSPORT SYSTEM

Abstract

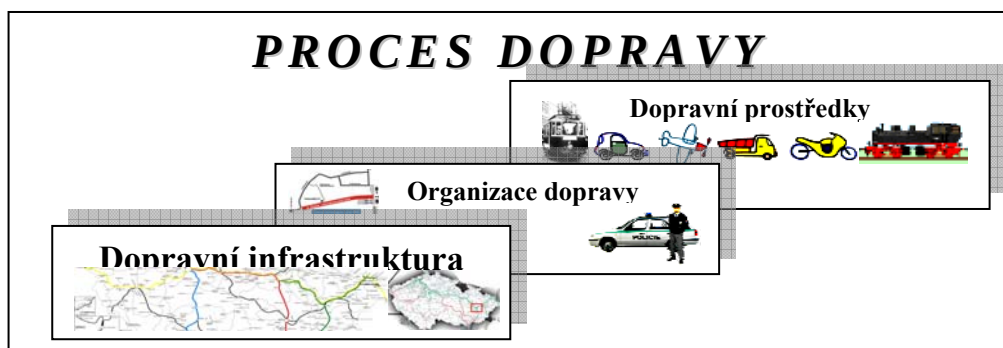
The goal of the work was to find means for determination of reliability of transport system exposed to effects of influence of specific conditions. The definition of reliability as a general feature of the object is crucial, lying in its ability to fulfil required functions in maintaining values of operational indicators in certain limits and in time according to technical conditions. For elements of transport infrastructures it is design lifespan of certain object stand for the time. For examination of reliability of transport system reliability of elements of transport infrastructure is limiting where the design lifespan is set while paying attention to their role in the system. The results of this work have its place in the field of new approach to designing of progressive structures, which is an integrated proposal representing multi-parametric proposal of a structure embracing the whole spectrum of reliability criteria from the aspect of various resolving levels (material, component, object, finance) in the process of all phases of life cycle.

1 ANALÝZA PROCESŮ V DOPRAVNÍM SYSTÉMU

Dopravní systém lze definovat jako souhrn vzájemně souvisejících prvků, sdružený do logického celku, umožňující objektům přemísťování. Dopravní systém se obecně skládá z komponent (nebo elementů), které jsou spojeny za účelem umožnění proudění těchto objektů (materiálu, informací, nebo energie) v prostoru a čase.

Dopravu je možno obecně definovat jako přemísťování objektů v prostoru a čase. Objektem mohou být předměty, osoby, informace, energie apod. Doprava je podstatou ekonomických a sociálních aktivit, měla by však těmto aktivitám sloužit a ne být jejich výsledkem.

Proces dopravy je realizován prostřednictvím technologie použité k dopravě, která se skládá z prvků které jsou prezentovány na Obr. 1.



Obr. 1: Prvky v procesu dopravy

¹ Ing. Leopold Hudeček, Ph.D., Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděštil 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 310, e-mail: leopold.hudecek@vsb.cz.

Dopravní prostředek je možno obecně popsat jako pohyblivý hmotný objekt (těleso) nebo jiný technický resp. technologický soubor, sloužící k dopravě materiálu a přepravě osob. Jedná se o mobilní součást dopravního systému. Dopravní prostředky jako prvek systému v procesu dopravy má nesporně vliv na fungování systému. Jeho zkoumání je však mimo rámec oboru stavebních konstrukcí, proto nebude předmětem další analýzy.

Organizace dopravy lze definovat jako „plánovitě zpracovaná opatření nevyžadující stavební úpravy“. Organizace dopravy je velice rozsáhlou disciplínou, cesta k řešení dílčích prvků vede napříč mnoha vědními obory. Jedním z klíčových oborů je operační výzkum, zvláště oblast zkoumání dějů a jejich matematického popisu. Organizace dopravy využívá mimo jiné i dílčích poznatků z vědního oboru logistiky, která se zabývá fyzickými toky zboží či jiných druhů zásob od dodavatele k odběrateli a informačními toky v písemné nebo i ústní podobě.

Pro vlastní řízení cílevědomé zásahy do vývoje dopravní situace za účelem dosažení požadovaných cílů je možné využít řady regulačních prvků jako jsou například jízdní řády, světelná signalizační zařízení, prvky dopravního značení, ruční řízení dopravním policistou ...

Dopravně organizační opatření pak ovlivňují propustnosti komunikační sítě, parkování a odstavování vozidel (v případě silniční sítě), kvalitu životního prostředí. Mezi nástroje pro organizaci dopravy ve smyslu cílevědomých zásahů do vývoje dopravní situace je možné zařadit také prvky telematiky.

Působení vlivu vnějších extrémních podmínek na organizaci dopravy je nesporný, ale právě změnami v organizaci dopravy můžeme pozitivně ovlivnit spolehlivost dopravního systému.

Dopravní infrastruktura

Obecně je dopravní infrastruktura prvkem ze skupiny národohospodářských odvětví, které zajišťují předpoklady pro celkový rozvoj ekonomiky. Je rovněž jedním z prvků dopravního systému. Aby dopravní infrastruktura pomáhala účinně ekonomickému a sociálnímu rozvoji, musí kromě toho, že je budována v předstihu, být také spolehlivou, to znamená plnit požadované funkce při zachování hodnot provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek.

Tab. 1: Porovnání rozsahu dopravní infrastruktury na území ČR

Infrastruktura	Období ^{*)} :					
	2000	2002	2003	2004	2005	2006
Místní komunikace (km)	72 300	72 300	72 927	72 927	72 927	72 927
Délka silnic a dálnic celkem (km)	55 410	55 422	55 447	55 500	55 510	55 585
Provozní délka tratí celkem (km)	9 444	9 600	9 602	9 612	9 614	9 597
MHD – Celk. délka provozované sítě (km)	774	823	826	840	845	844
Celk. délka splavných vodních cest (km)	664	664	664	664	664	664
Délka ropovodů celkem (km)	675	675	675	675	675	675
Počet letišť celkem (ks)	86	85	87	87	87	90
Počet překladišť kombinované dopravy celkem (ks)	14	11	13	12	11	12

**) Pozn.: údaje za rok 2007 jsou ve fázi zpracovávání ČSÚ*

Nejčteněji zastoupené stavební prvky dopravní infrastruktury:

Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.

Železniční tratě je soubor stavebně technických zařízení dopravní cesty určené k pohybu drážního vozidla (pro železniční dráhy, dráhu tramvajovou, pozemní lanovou dráhu a metra).

Tab. 2: Rozsah dopravní infrastruktury v ČR podle druhu dopravy – souhrnný přehled

Infrastruktura	km	%
Komunikace pro nekolejovou pozemní dopravu	129 356	92,2
Kolejová doprava	9 597	6,8
Ostatní	1 339	1,0

Lze konstatovat, že spolehlivost dopravního systému z pohledu vlivu působení vnějších extrémních podmínek ovlivňuje nejvíce spolehlivost stavebních prvků dopravní infrastruktury (dopravních staveb) a to pozemních komunikací a železničních tratí včetně příslušných objektů, které jsou součástí dopravní cesty, což představuje podíl 99% z celkového rozsahu dopravní infrastruktury na území ČR (viz tab. 2.). Spolehlivost zahrnuje bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce.

2 SPOLEHLIVOST A DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURA

Spolehlivostí ve zcela obecném pojetí rozumíme schopnost objektu či systému chovat se žádoucím způsobem. Naopak nespolehlivostí rozumíme výskyt nežádoucích jevů.

Spolehlivost je tedy obecná vlastnost objektu spočívající v jeho schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek – pro prvky dopravní infrastruktury je za tento čas považuje návrhová životnost příslušného objektu. Spolehlivost zahrnuje bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce. Návrhovou životnost pro jednotlivé prvky obecně stanovuje [3] ČSN P ENV 1991-1 Část 1: Zásady navrhování.

Například návrhová životnost trvalých mostů, jak vyplývá z [3] je 100 let. Návrhová životnost je tedy předpokládaná doba, po kterou mostní objekt bude používán pro určený účel a nezmění se. Konstrukčních částí, jejichž životnost je kratší než návrhová životnost mostu (zde patří i vozovka, železniční svršek, apod.), je nutné v průběhu životnosti opravovat, resp. vyměnit.

U dopravního systému prakticky nelze stanovit dobu životnosti, naopak se předpokládá jeho nepřetržitá funkčnost. Spolehlivost dopravního systému je však prokazatelně limitována spolehlivostí prvků dopravní infrastruktury, u kterých je stanovována projektovaná doba životnosti se zohledněním jejich významu v systému.

Za vlastnosti spolehlivosti můžeme obecně považovat:

- bezporuchovost
- životnost
- udržitelnost (nemá smysl pro čistě přírodní objekty)
- opravitelnost (nemá smysl pro čistě přírodní objekty)
- skladovatelnost (má smysl pouze pro část technických objektů)
- pohotovost (má smysl pouze pro část technických objektů)
- bezpečnost

Základní ukazatele bezporuchovosti jsou následující:

- t_1 doba 1 poruchy (význam pro antropogenní objekty)
- t_i doba mezi poruchami
- t_z život objektu, součet doby provozu do mezního stavu ukončení funkce (vyjma pro antropogenní objekty, u technických objektů může následovat generální oprava)
- t_{oo} doba opravy (význam pro antropogenní objekty)
- t_{ou} doba preventivní údržby (význam pro antropogenní objekty)

Kvantifikace spolehlivosti

Kvantifikace spolehlivostních, respektive krizových jevů je potřebná ve všech fázích řešení krizí. Pozornost budeme věnovat především kvantifikaci jevů budoucích, což je oblast nejnáročnější.

Při kvantifikaci existujících krizí (vyhodnocení) pracujeme s ukazateli deterministickými. Naopak u jevů budoucích se jedná o jevy stochastické, tedy nahodilé.

Ukazatele spolehlivosti

Systém má obecně spolehlivost U_S , vyjádřenou ukazateli systému U_i , a ukazateli prvků u_i .

$$U_S = \prod_{i=1}^n U_i \quad (1)$$

Kde: **n** - počet prvků **i**

Pravděpodobnost

První definici pravděpodobnosti se snažili lidé zformulovat, když se snažili najít systém, který by jim umožnil vyhrát nad hazardními hrami (v polovině 17. století – rozvoj teorie hazardních her, zejména zásluhou B. Pascala a P. Fermata). Silným stimulem rozvoje této teorie byl též prudký rozmach pojišťovnictví. Od té doby pronikl pojem náhodnosti a teorie jeho kvantitativního popisu téměř do všech oblastí poznání.

Z podstaty vzniku náhodných jevů vyplývá, že při opakované realizaci pokusu se stejný jev (např. vznik poruchy) za nezměněných podmínek vyskytuje s různou četností, tj. s různou pravděpodobností.

Pravděpodobnost výskytu jevu **P(A)** je definována:

$$P(A) = \frac{n}{m} \quad (2)$$

Kde: **n** - je počet pokusů, kdy jev nastal,

m - celkový počet provedených pokusů.

Pravděpodobnost má tyto vlastnosti:

- je nezáporná a nabývá hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$
- pro jev jistý je $P(A) = 1$, protože $n = m$
- pro nemožný jev je $P(A) = 0$, protože $n = 0$

Zde bych se pozastavil. U prvků dopravní infrastruktury nelze u drtivé většiny případů provádět touto metodikou určování pravděpodobnosti. Proto hledáme použitelnou metodu pro využití u dopravních staveb. Proto budeme dále zjednodušeně pro ukazatel spolehlivosti považovat za pravděpodobnost, že určitý jev, např. porucha, nastane.

Například pravděpodobnost výskytu povodňových průtoků je zahrnuta v Q_N viz [4], kde Q_N je definován jako maximální okamžitý průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně jedenkrát za N let.

Optimální spolehlivost vyplyne z kompromisu mezi požadovanou spolehlivostí (přípustné riziko poškození) a technicko-ekonomickými možnostmi. Do technicko-ekonomických nákladů je mimo stavební investiční náklady nutné zohlednit i zvýšení nákladů na dopravu pro případ, kdy například nastane neprůjezdnost komunikace pro poruchu mostu způsobenou záplavovou vodou.

Diferenciace spolehlivosti mostních objektů přes vodní toky je nutné provádět s přihlédnutím k významu komunikace na mostním objektu [2] (ČSN 73 6101). Význam komunikace v souvislosti s možnou dočasnou nepřechodností vozidel pozemních komunikací přes most závisí na:

- hustotě dopravy (počty vozidel)
- délce a době trvání objížděky (zvýšené dopravní náklady),
- nepřístupnosti určité lokality, apod.

Důsledky výskytu nežádoucího jevu je možné vyjádřit finanční částkou odpovídající vzniklým škodám (náklady spojené s odstraněním poruchy konstrukce, případně další vyčíslení souvisejících škod). Takto definované riziko se pak dostává do ekonomické kategorie a otevírá možnost využití dalších analytických metod. Důsledky mohou představovat například zvýšení přímých nákladů na dopravu, ale i náklady v důsledku zvýšeného zatížení objíždě komunikace (zvýšené opotřebení vlastní konstrukce dopravním zatížením a z toho plynoucí zkrácení životnosti, zhoršení podmínek v jejím okolí, narušení životního prostředí a další).

Novým koncepčním přístupem v oblasti navrhování progresivních konstrukcí je integrovaný návrh, reprezentující multiparametrický návrh konstrukce zahrnující celé spektrum kritérií udržitelnosti, a to z pohledu různých rozlišovacích úrovní (materiál, komponenta, objekt) v průběhu všech fází životního cyklu. Nové prvky tohoto přístupu významným způsobem mohou měnit názor na dlouhodobou efektivitu vynaložené investice a to uvažování celého životního cyklu objektu. Právě hodnocení chování daného objektu dopravní infrastruktury v rámci celého životního cyklu, a ne pouze stavu v okamžiku předání objektu do provozu (resp. v krátkém časovém období limitovaném záručními podmínkami), je prvkem, který může zásadním způsobem ovlivňovat rozhodování cílových investorů a uživatelů. Podmínkou pro dosažení takových parametrů konstrukce, které budou efektivní i z hlediska dlouhodobě předpokládaných nákladů a požadavků na provoz, údržbu, opravy, rekonstrukce, modernizace až po demolici a recyklaci materiálů je integrace různých složek návrhu – technického (materiálového a konstrukčního), environmentálního a ekonomického – do jednoho návrhového procesu. Investice by tedy neměla být posuzována jen dle nákladů na její pořízení, to má totiž zpravidla značné důsledky ekonomické, případně i ekologické.

Celkové náklady celého životního cyklu objektu sestávají z celé řady položek. Obecně můžeme jejich výpočet stanovit následujícím vztahem:

$$N_{\text{celk}} = N_{\text{INV}} + N_u + N_p + (p_i \cdot N_i) \quad (3)$$

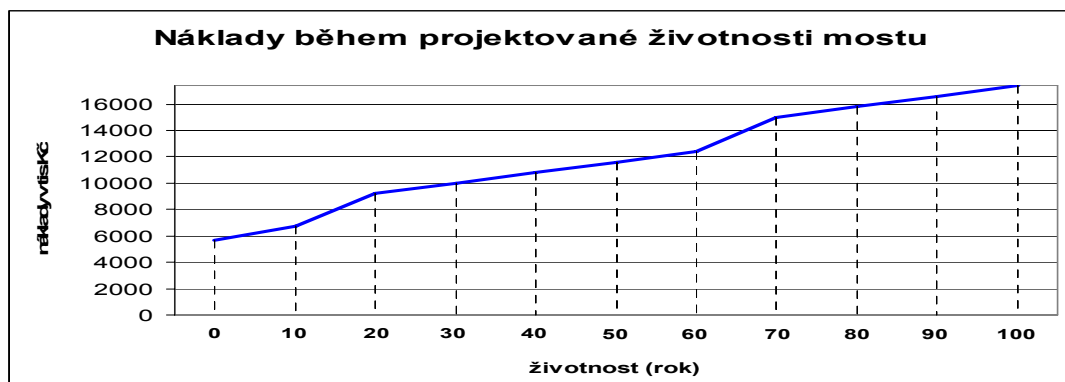
Kde: $i = 1, 2, \dots, n$

N_{INV} náklady spojené s projektovými pracemi a vlastní stavbou (někdy označované jako investiční či pořizovací náklady)

N_u náklady na údržbu (vč. nákladů na kontrolu a prohlídky po celou dobu předpokládané životnosti t_D roků);

N_p náklady na provoz objektu (osvětlování, pojištění během doby t_D apod.)

$p_i \cdot N_i$ obecně skupina nákladů na opravy či rekonstrukce, které mohou nastat s pravděpodobností p_i během doby návrhové životnosti t_D , (tj. včetně nákladů na případné přerušení provozu a podobně), náklady na odstranění stavby apod. .



Obr. 2: Graf – Příklad průběhu nákladů během projektované životnosti mostu

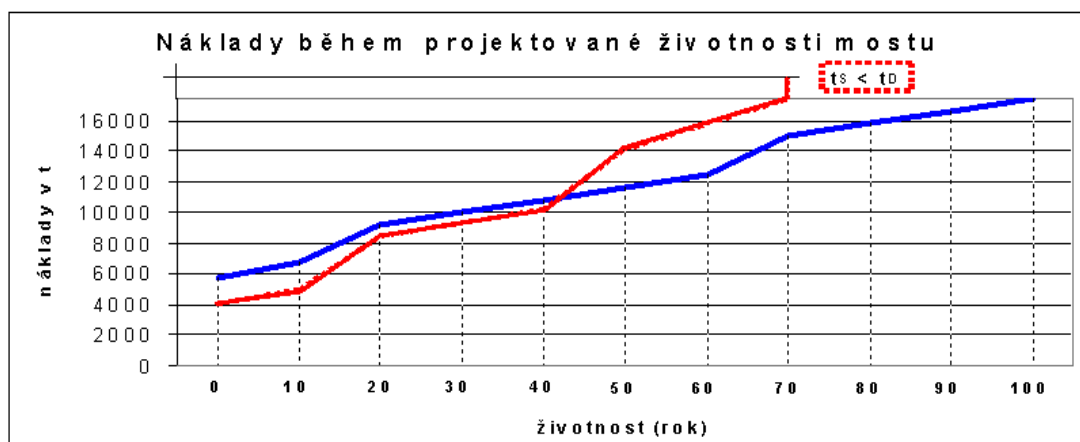
Hodnoty pravděpodobností p_i uvedené v (3) se obvykle v případech nosných stavebních konstrukcí odvíjejí od pravděpodobností dosažení mezních stavů (mezní stavy únosnosti a použitelnosti – viz [5] EN 1990), jejich definic a požadované (návrhové, cílové) životnosti t_D objektu, konstrukce či prvku. Je proto nutno využívat stochastickou analýzu, simulační techniky apod.

Je třeba také uvážit, že v případech, kdy nebude dodržen požadavek na návrhovou životnost (např. díky snížení nákladů N_{INV}), tj. když pro skutečně dosaženou životnost t_S bude platit:

$$t_S < t_D \quad (4)$$

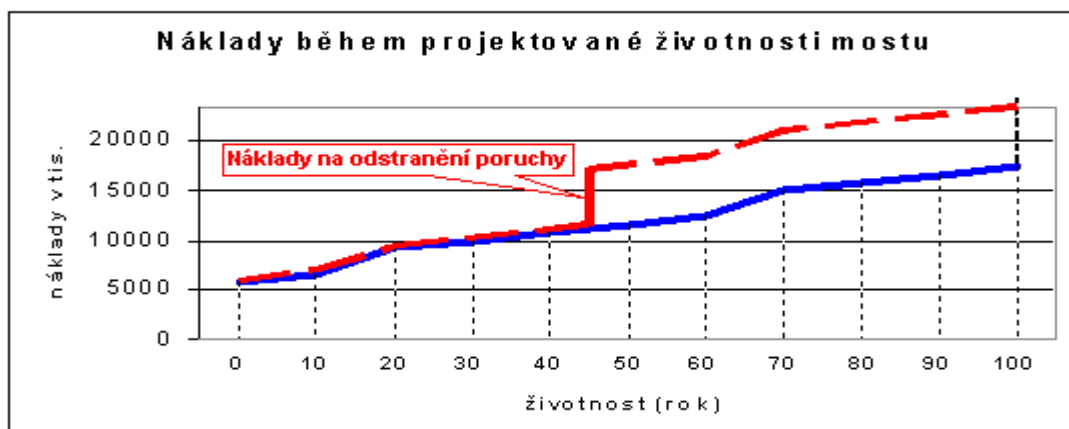
kde : t_S je skutečně dosažená doba životnosti
 t_D doba návrhové životnosti

pak se N_{celk} dokonce mohou zvýšit, jestliže se započítají ztráty způsobené předčasným ukončením funkce objektu (náklady na demolici, náklady s uložení odpadů apod.).



Obr. 3: Graf - Průběh nákladů během projekt. životnosti mostu, kdy $t_S < t_D$ díky snížení N_{INV}

Do nákladů na škody v případě dopravního systému, které mohou být způsobené obecně jakoukoliv poruchou, je nutné zahrnout mimo stavební náklady také náklady způsobené vynucenou objížděkou po jiné dopravní cestě. Jedná se nejen o zvýšení přímých nákladů na dopravu, ale i o náklady v důsledku zvýšeného zatížení objížděné komunikace (zvýšené opotřebení vlastní konstrukce dopravním zatížením a z toho plynoucí zkrácení životnosti, zhoršení podmínek v jejím okolí a další).



Obr. 4: Graf -Průběh nákladů během projekt. živ. mostu s opravou poruchy způsobené povodní

Cílem tohoto článku je mimo jiné rozšíření a zobecnění oblasti finančních nákladů a to o doposud nevyčíslované položky včetně vyčíslení skryté finanční újmy uživatelů dopravní infrastruktury a dalších dotčených subjektů při vynucené změně procesu v dopravním systému. Do vztahu (3) je tedy nutno doplnit prvek, který by postihl případy posuzování vlivu fenoménu záplav a povodní na prvky dopravního systému. Pak bude vztah vypadat následně:

$$N_{\text{celk}} = N_{\text{inv}} + N_u + N_p + p_{\text{op}} \cdot N_{\text{COP}} + p_i \cdot N_i \quad (5)$$

kde : p_{op} hodnota pravděpodobnosti viz vztah (3)

N_{COP} náklady na opravu poruchy způsobené záplavami, povodní

Náklady na opravu poruchy (způsobené například záplavami) pak stanovíme následujícím způsobem:

$$N_{\text{COP}} = N_R + N_T + N_P + N_D \quad (6)$$

kde : N_R celkové náklady na opravu

N_T náklady časových ztrát způsobených objížděkou

N_P náklady na prodloužení přepravních vzdáleností případně ztráty z důvodu nerealizovaných přeprav

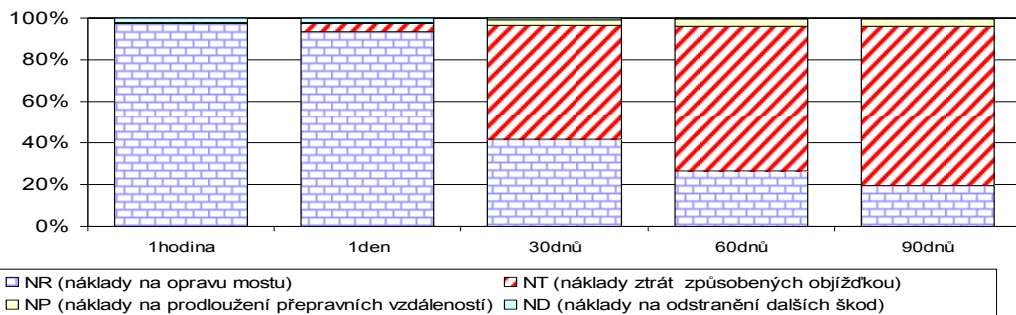
N_D náklady na odstranění dalších škod souvisejících s poškozením mostu vlivem poruchy (okolní objekty, zdraví obyvatel atd.)

Hodnoty jednotlivých položek N_{COP} stanovíme například dle metodiky zpracované podrobně v [1], případně [6]. Konkrétní hodnocení pak může mít následující výstupy :

Pro prezentaci je vybrán příklad silnice II/141 v úseku Těšovice – Žichovec. kdy se jedná o úsek silnice, ve kterém při povodních v roce 2002 došlo skutečně k poškození mostů číslo 017 a 018, včetně poruchy mostu na jedné z případných objízdých tras.

Intenzita dopravy v posuzovaném úseku činí 1704 vozidel za 24 hodin v obou směrech, objízdá trasa je delší o 6,218 km, doba jízdy se prodlouží o 0,115 hodin (t.j. o 9,3 minut).

Porovnání poměru jednotlivých nákladů



Obr. 5: Graf - Porovnání poměru jednotlivých položek nákladů na opravu v % z celkových nákladů

a) Náklady celého životního cyklu mostu bez poškození povodní (délka přemostění 11m):

$$N_{\text{celk}} = N_{\text{inv}} + N_u + N_p + p_{\text{op}} \cdot N_{\text{COP}} + p_i \cdot N_i \rightarrow N_{\text{celk}} = 5700 + 8200 + 3500 + 1 \cdot 0 = 17400 \text{ tis. Kč} \quad (7)$$

b) Náklady celého životního cyklu mostu s poškozením povodní (délka přemostění 11m):

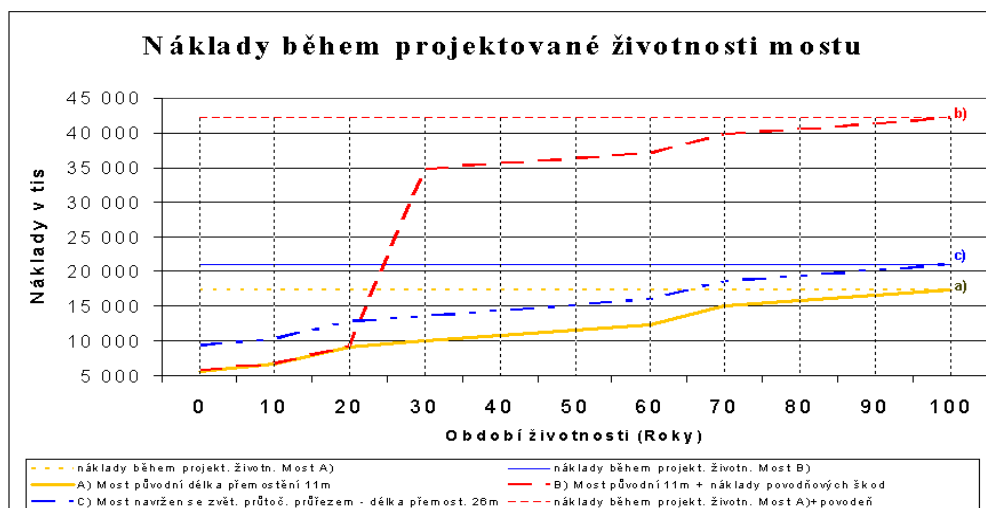
Hodnota pravděpodobnosti opravy poškození povodní během návrhové životnosti posuzovaného mostu daná Q_{100} viz [4]: $p_{\text{op}} = 1$

$$N_{\text{celk}} = N_{\text{inv}} + N_u + N_p + p_{\text{op}} \cdot N_{\text{COP}} + p_i \cdot N_i \rightarrow N_{\text{celk}} = 5700 + 8200 + 3500 + 1 \cdot 24700 = 42100 \text{ tis. Kč} \quad (8)$$

c) Náklady celého životního cyklu mostu bez poškození povodní zvětšením průtočného profilu mostu - návrh mostu s délkou přemostění 26m :

$$N_{\text{celk}} = N_{\text{inv}} + N_u + N_p + p_{\text{op}} \cdot N_{\text{COP}} + p_i \cdot N_i \rightarrow N_{\text{celk}} = 9261 + 8200 + 3500 + 0 \cdot 0 = 20961 \text{ tis. Kč} \quad (9)$$

Z příkladu konkretizovaného v bodech a) až c) vyplývá, že zvýšením počátečních investičních nákladů z důvodu zlepšení technického řešení o 3.561 tis.Kč vznikne úspora 21.139 tis.Kč. Výsledek výpočtů (7) až (9) je znázorněn v následujícím grafu na Obr. 5.



Obr. 6: Graf - Porovnání nákladů během projektované životnosti mostu

3 ZÁVĚR

Cílem příspěvku je prezentace a popis jednoho z prostředků pro zkoumání a stanovování spolehlivosti dopravního systému a zároveň rozšíření a zobecnění oblasti finančních nákladů a to o doposud nevyčíslované položky včetně vyčíslení skryté finanční újmy uživatelů dopravní infrastruktury a dalších dotčených subjektů při vynucené změně procesu v dopravním systému.

Výchozí je definice spolehlivosti jako obecné vlastnosti objektu spočívající v jeho schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. Pro prvky dopravní infrastruktury je za tento čas považována návrhová životnost příslušného objektu. Pro zkoumání spolehlivosti dopravního systému je limitující spolehlivost prvků dopravní infrastruktury, u kterých je stanovována projektovaná doba životnosti se zohledněním jejich významu v systému. Následně byly stanoveny zásady, jak rozšířit a zobecnit oblast finančních nákladů a to o doposud nevyčíslované položky včetně vyčíslení skryté finanční újmy uživatelů dopravní infrastruktury a dalších dotčených subjektů při vynucené změně procesu.

Jsem názoru, že výše prezentované výsledky mají své místo v oblasti nového přístupu při navrhování progresivních konstrukcí, což představuje integrovaný návrh, reprezentující multiparametrický návrh konstrukce zahrnující celé spektrum kritérií udržitelnosti, a to z pohledu různých rozlišovacích úrovní (materiál, komponenta, objekt, finance) v průběhu všech fází životního cyklu daného objektu.

4 LITERATURA

- [1] Hudeček, L. : Vliv zvláštních podmínek na konstrukce dopravních staveb v procesu zkoumání a stanovování spolehlivosti dopravního systému - Disertační práce, VŠB TU Ostrava 2008
- [2] ČSN 73 6101 : Projektování silnic a dálnic, ČNI 2005
- [3] ČSN P ENV 1991-1 Část 1 : Zásady navrhování, ČNI 1996
- [4] ČSN 75 1400 : Hydrologické údaje povrchových vod, ČNI 1997
- [5] ČSN EN 1990 : Eurokód - Zásady navrhování konstrukcí, ČNI 2004
- [6] Broul J. , Hudeček L. : Stanovení důlních škod u poddolovaných železničních staveb – Monografie, Ostrava 2003, ISBN 80-248-0262-7

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Dr. Ing. Jaromír Lazar

Ivana MAHDALOVÁ¹

LINEÁRNÍ MODEL LIMITNÍ KAPACITY JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY

Abstract

The paper describes proposal of method for determination of maximal limiting entry capacity in roundabout with one entry traffic lane and with one circulatory lane. The created linear model for determination of maximal limiting entry capacity accept theory of time gaps in traffic stream, but it brings a new view of this problems.

1 ÚVOD

Pro stanovení kapacity vjezdu do okružní křižovatky existuje řada metod. V současné době jsou ve světě používány rozdílné přístupy ke stanovení kapacity okružní křižovatky. Jedním z významných modelů je využití teorie časových mezer (odstupů), kdy kapacita vjezdu závisí na hodnotách kritického časového odstupe (t_g) a následného časového odstupe (t_f). Některé modely zahrnují také teoretické rozdělení kritických časových odstupů v jízdním proudu na okružním pásu a vliv geometrie návrhových prvků okružní křižovatky. Dalším významným používaným modelem jsou empirické vztahy založené na regresní analýze pozorovaných měření intenzit na reálných okružních křižovatkách v době, kdy dochází k vyčerpání kapacity křižovatky a na všech vjezdech se tvoří fronty.

Ve světě se vede čilá diskuze o výhodách teorií empirické regresní analýzy, která vznikla v Anglii, a výhodách metody kritických časových odstupů. Tato problematika prochází poměrně dynamickým vývojem. S rostoucím počtem realizovaných okružních křižovatek u nás i ve světě se rozšiřují objemy sledovaných a měřených dat, které vedou k dalšímu zpřesňování výpočtových modelů pro stanovování kapacity okružních křižovatek.

Empirické lineární regresní modely pro výpočet kapacity vjezdu na okružní pás křižovatky principiálně vycházejí z rovnice, kterou formuloval Kimber [3] a kterou lze zapsat v obecném tvaru

$$Q_e = k \cdot (F - f \cdot Q_b) \quad (1)$$

kde Q_e je kapacita vjezdu (e podle anglického *entry*) [pvoz/h]
 Q_b rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů [pvoz/h]
 k, F, f konstanty odvozené z geometrie okružní křižovatky

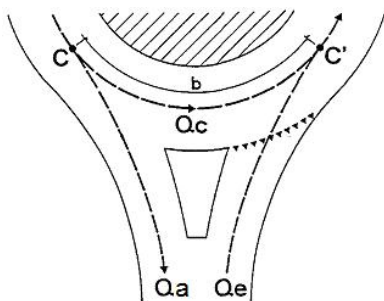
Přitom rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů Q_b vždy zahrnuje intenzitu na okružním pásu Q_c a případně také vliv intenzity vozidel Q_a odbočujících z okružního pásu na výjezdu bezprostředně před posuzovaným vjezdem. Schématicky jsou dopravní proudy v okolí vjezdu na okružní křižovátku znázorněny na obrázku 1.

Intenzitu nadřazených dopravních proudů Q_b lze pro výpočet obecně vyjádřit rovnicí

$$Q_b = j \cdot (\beta \cdot Q_c + \alpha \cdot Q_a) \quad (2)$$

kde Q_b je rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů [pvoz/h]
 Q_c intenzita na okružním pásu (c podle anglického *circulatory*) [pvoz/h]
 Q_a intenzita na předcházejícím výjezdu [pvoz/h]
 j, α, β konstanty odvozené z geometrie okružní křižovatky

¹ Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D., Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 342, e-mail: ivana.mahdalova@vsb.cz.



Obr. 1: Schéma dopravních proudů na vjezdu do okružní křižovatky

Modely vycházející z teorie časových mezer (odstupů) mezi vozidly na křižovatce mají standardně podobu exponenciální funkce. Matematické vzorce i hodnoty používané kritické a následné časové mezery jsou v různých zemích odlišné, vycházejí z empirických sledování reálného provozu v konkrétní zemi a reprezentují národní specifika chování řidičů. Podle dosavadních poznatků a zkušeností není možné hodnoty mezi zeměmi prostě přenést. Jako příklad modelu využívajícího teorie časových mezer je možno uvést vzorec pro kapacitu vjezdu okružní křižovatky obsažený v německé směrnici Handbuch für die Bemessung von Straßen (HBS) [4] z roku 2001, která byla v roce 2006 aktualizována směrnici Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen [6]:

$$Q_e = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot Q_c}{n_c \cdot 3600} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_c}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right)} \quad (3)$$

kde	Q_e	je základní kapacita vjezdu [j.v./h]
	Q_c	intenzita dopravy na okruhu [j.v./h]
	n_c	počet jízdních pruhů na okruhu [-]
	n_e	koefficient počtu jízdních pruhů na vjezdu [-]
	t_g	kritický časový odstup (<i>g</i> podle anglického <i>gap</i>) [s]
	t_f	následný časový odstup (<i>f</i> podle anglického <i>follow</i>) [s]
	$t_{\min}$	minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s]

Vstupní hodnoty časových odstupů pro okružní křižovatku s jedním jízdním pruhem na vjezdu i na okružním pásu přitom definuje zmíněná německá směrnice [4] jako pevné veličiny, a to $t_g = 4,1$ [s], $t_f = 2,9$ [s] a $t_{\min} = 2,1$ [s].

V České republice Ministerstvo dopravy v rámci Národního programu výzkumu finančně podpořilo projekt výzkumu a vývoje Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek [1] (řešení v letech 2005 – 2008). Na projednávání průběžných výsledků tohoto výzkumu jsem se na vyzvání řešitele účastnila v rámci oponentní skupiny vybrané z řad odborné veřejnosti. Z provedených analýz sledování dopravního provozu na vybraných okružních křižovatkách v ČR vyplynul předpoklad pro stanovení hodnot kritického časového odstupu t_g a následného časového odstupu t_f specificky pro české prostředí.

2 JÍZDA VOZIDEL NA OKRUŽNÍM PÁSU KŘÍŽOVATKY

Vozidla v dopravním proudu na okružním pásu zachovávají určité vzájemné rozestupy. K bezpečnému provozu je nutné dodržení minimálně tzv. bezpečného odstupu. Bezpečný odstup je různými autory různě definován. Nejčastěji se udává (viz např. informace BESIP) hodnota časového odstupu t_b čel dvou za sebou jedoucích vozidel v sekundách podle vztahu

$$t_b = 2 \quad [\text{s}] \quad (4)$$

Pro vyjádření vzájemného délkového bezpečného odstupu l_b v metrech lze podle [7] použít tzv. poloviční TACHO odstup vyjádřený vztahem

$$l_b = \frac{v}{2} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

nebo tzv. kvadratický TACHO odstup vyjádřený vztahem

$$l_b = \left(\frac{v}{10} \right)^2 \quad [\text{m}] \quad (6)$$

kde v je návrhová rychlost [km/h].

Při akceptování hodnoty bezpečného dvousekundového časového odstupu mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu lze určit maximální hodinovou intenzitu vozidel v nadřazeném dopravním proudu ze vztahu

$$Q_{b,\max} = \frac{3600}{t_b} = \frac{3600}{2} = 1800 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (7)$$

kde $Q_{b,\max}$ je maximální akceptovatelná intenzita nadřazeného dopravního proudu na jednopruhovém okružním pásu při dodržení bezpečného odstupu [pvoz/h]
 t_b bezpečný časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]

3 KRITICKÝ A NÁSLEDNÝ ČASOVÝ ODSUP VOZIDEL NA VJEZDU

Kritická mezera t_g [s] vyjadřuje kritický časový odstup mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu, kterou 50 % řidičů podřazeného dopravního proudu přijme jako vhodnou pro vjezd do křižovatky a 50 % řidičů ji odmítne jako nedostatečnou. Udává se s přesností na desetinu sekundy. Délkový odstup vozidel l_g v nadřazeném dopravním proudu při vzniklé kritické mezeře lze vyjádřit v závislosti na rychlosti v_g vozidel v tomto dopravním proudu ze vztahu:

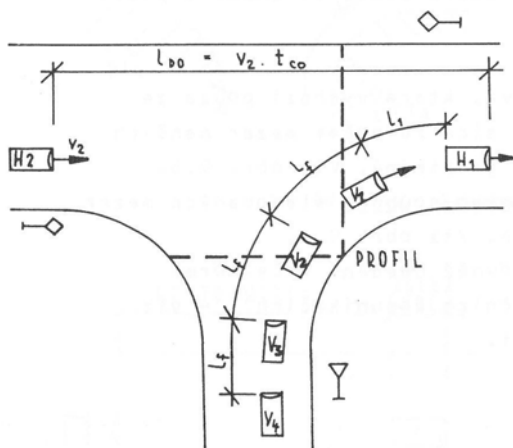
$$l_g = v_g \cdot t_g \quad [\text{m}] \quad (8)$$

kde l_g je délkový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu [m]
 v rychlost vozidel v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu [m/s]
 t_g kritický časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]

Následná časová mezera t_f [s] vyjadřuje následný časový odstup mezi vozidly vjíždějícími z vedlejší komunikace do křižovatky v situaci, kdy v nadřazeném dopravním proudu vznikla časová mezera podstatně větší než kritická mezera t_g a z vjezdu tedy může najet do křižovatky více než jedno vozidlo. Udává se s přesností na desetinu sekundy. Velikost následné mezery je schématicky znázorněna na obrázku 2 a je výrazně nižší, než velikost kritické mezery. Délkový odstup vozidel l_f v podřazeném dopravním proudu při vzniklé následné časové mezeře lze vyjádřit v závislosti na rychlosti v_f vozidel při vjezdu do křižovatky ze vztahu:

$$l_f = v_f \cdot t_f \quad [\text{m}] \quad (9)$$

kde l_f je délkový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu na vjezdu [m]
 v rychlost vozidel v podřazeném dopravním proudu na vjezdu [m/s]
 t_f následný časový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu [s]



Obr. 2: Schéma následné mezery při vjezdu do křižovatky – zdroj: [5]

Nulová mezera t_0 [s] je časový odstup mezi vozidly nadřazeného dopravního proudu, kterou nepřijme žádné vozidlo podřazeného dopravního proudu. Udává se vztah mezi nulovou a kritickou a následnou časovou mezerou, který lze vyjádřit ve tvaru:

$$t_0 = t_g - \frac{t_f}{2} \quad [\text{s}] \quad (10)$$

kde t_0 je časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 t_g kritický časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu [s]

4 KAPACITNÍ MOŽNOSTI JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVAKTY

Kapacita okružní křižovatky v přepočtených vozidlech za hodinu se stanoví jako součet kapacity všech vjezdů do okružní křižovatky. Jako kapacitu vjezdu označujeme rozumně očekávatelné maximální množství vozidel, které mohou vjet do okružní křižovatky při dodržení pravidel dopravního provozu a respektování bezpečnosti provozu, t.j. dodržení bezpečných odstupů mezi vozidly.

Až do velikosti průměrných časových odstupů $\bar{t} \geq t_g$ mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu (Q_b) se mohou vozidla na vjezdu plynule zařazovat do těchto mezer prakticky formou „zipování“. Tomu ději dobře vyhovuje lineární průběh funkce. Průměrná mezera mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním páse se určí ze vztahu

$$\bar{t} = \frac{3600}{Q_b} \quad [\text{s}] \quad (11)$$

kde $\bar{t}$ je průměrný časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 Q_b intenzita nadřazeného dopravního proudu na jednopruh. okružním páse [pvoz/h]

Podmínkou pro rovnoměrné rozdělení časových mezer mezi vozidly na okružním páse je neovlivněný dopravní proud na všech paprscích okružní křižovatky, to znamená absence přechodů, drážních přejezdů a světelně řízených křižovatek v blízkosti okružní křižovatky.

Při průměrné velikosti časových odstupů $\bar{t} < t_g$ mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na okružním páse je nutné pro praktické zařazení vozidla na vjezdu, aby se vozidla na okruhu shlukovala do skupin s minimálními bezpečnými časovými odstupy $t_b = 2,0$ s. To umožní v nadřazeném dopravním proudu na okružním páse (Q_b) vznik určitého počtu časových mezer o hod-

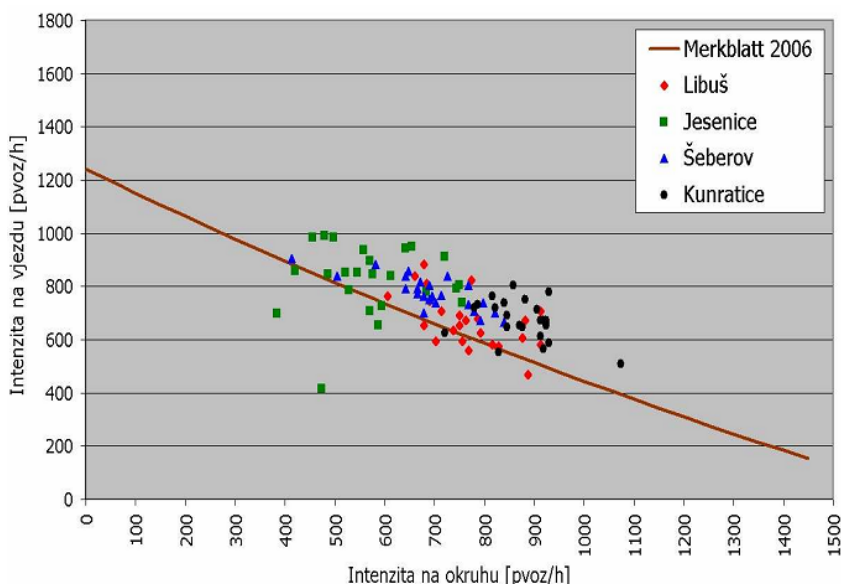
notě větší nebo rovné t_g , což následně umožní vozidlům na vjezdu zařazení do takto vzniklých mezer. Shlukování vozidel do skupin je možno predikovat na základě teorie pravděpodobnosti nebo jako podíl z celkové intenzity na okruhu pomocí empirických hodnot získaných na základě pozorování a měření reálného provozu (např. Troutbeck [2]).

Shlukování vozidel na okružním pásu do skupin (tzv. dávkování) je přirozeně způsobeno intenzivnějším pohybem chodců na přechodech umístěných na jednotlivých paprscích okružní křižovatky nebo existencí světelně řízené křižovatky či drážního přejezdu v blízkosti okružní křižovatky. Podobný účinek může mít také umístění autobusové zastávky nebo parkovacího pruhu či pásu v blízkosti okružní křižovatky. Plynulý dopravní proud je při vyšších intenzitách zřetelně blokován z důvodu dávání přednosti v souladu s právní úpravou (pravidly bezpečnosti a plynulosti provozu).

Blízkost světelně řízené křižovatky generuje opakující se cyklické mezery v dopravním proudu vznikající při změně fáze světelného řízení (v tzv. neproduktivní době světelně řízené křižovatky). Při pevném signálním programu pak tyto mezery vykazují zřejmou pravidelnost a nepodléhají teorii pravděpodobnosti.

Podobně souvisí vznik pravidelných mezer v dopravním proudu s vyjížděním vozidel městské hromadné dopravy z autobusové zastávky do jízdního pruhu jednopruhového jízdního pásu, je-li používán intervalový jízdní řád.

Při analýzách dopravně inženýrských průzkumů okružních křižovek, provedených v rámci řešení projektu výzkumu Ministerstva dopravy [1], bylo zjištěno, že skutečné hodnoty kapacity na vjezdech jednopruhové okružní křižovatky ulic Vídeňská – Kunratická v Praze významně překračují kapacity predikované na základě dosud známých exponenciálních výpočtových modelů využívajících teorii časových mezer. Zjištěné výsledky ilustruje obrázek 3.



Obr. 3: Porovnání naměřených hodnot pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové intenzity na vjezdech do okružní křižovatky ulic Vídeňská – Kunratická v Praze s teoretickou kapacitou podle HBS – zdroj EDIP s.r.o. [1]

5 LINEÁRNÍ MODEL LIMITNÍ KAPACITY VJEZDU JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVAKTY

Východiskem pro určení kapacity vjezdu je intenzita Q_b [pvoz/h] nadřazených dopravních proudů na okružním pásu křižovatky, stanovená podle rovnice (2). Intenzita Q_b se stanoví v závislosti na intenzitě Q_c [pvoz/h] na okružním pásu v místě připojení vjezdu a intenzitě Q_a [pvoz/h] na bezprostředně předcházejícím výjezdu – viz obrázek 1. Hodnota intenzity Q_b se pro konkrétní podmínky stanoví některou z obecně známých výše popsaných metod, případně může intenzita Q_b v závislosti na geometrickém uspořádání konkrétní křižovatky při dostatečně velkých poloměrech a velké vzdálenosti mezi vjezdem a předchozím výjezdem nabýt právě hodnotu Q_c . Při stanovení modelu limitní kapacity je akceptována teorie časových mezer, která reálně vymezuje maximální dosažitelnou kapacitu okružního pásu bezprostředně za vjezdem a tím i kapacitu vjezdu okružní křižovatky.

Maximální akceptovatelná intenzita nadřazeného dopravního proudu $Q_{b,max}$ má na jednopruhovém okružním pásu při dodržení bezpečného časového odstupu t_b hodnotu podle rovnice (7). Při této maximální intenzitě na okružním pásu nevznikne žádná dostatečně velká mezera pro vjíždění vozidel z posuzovaného vjezdu. Kapacita vjezdu má potom hodnotu

$$Q_e = 0 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (12)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]

Na okružním pásu křižovatky může nastat také situace, kdy vozidla pojedou v odstupech odpovídajících nulové mezeře t_0 , při které také na okruh z vjezdu nevjede žádné vozidlo. Kapacita vjezdu nabývá opět hodnotu podle rovnice (12) a intenzita nadřazeného dopravního proudu je v tomto případě vyjádřena vztahem

$$Q_b = \frac{3600}{t_0} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (13)$$

kde Q_b je intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_0 nulová mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okruž. pásu [s]

Minimální intenzita nadřazeného dopravního proudu může teoreticky nabýt nulovou hodnotu. Reálně je to možné například při opravách spojených s uzávěrkami komunikací, kdy je v provozu ponecháno pouze pravé odbočení mezi jedním vjezdem a následujícím výjezdem. Tato situace je vyjádřena rovnicí

$$Q_b = 0 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (14)$$

Potom lze kapacitu vjezdu v závislosti na hodnotě následného časového odstupu vyjádřit rovnicí

$$Q_e = \frac{3600}{t_f} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (15)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Lineární průběh hledané funkce závislosti kapacity vjezdu okružní křižovatky na intenzitě nadřazeného dopravního proudu na okružním pásu lze obecně vyjádřit ve tvaru

$$Q_e = a \cdot Q_b + b \quad [\text{pvoz/h}] \quad (16)$$

Pro **vyjádření maximální dosažitelné hodnoty limitní kapacity** vjezdu podle hledané lineární závislosti při akceptování hodnoty bezpečného dvousekundového časového odstupu mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu dosadíme z rovnic (7), (12), (14) a (15) do rovnice (16) a dostaneme soustavu dvou rovnic o dvou neznámých

$$0 = a \cdot \frac{3600}{t_b} + b \quad (17)$$

$$\frac{3600}{t_f} = a \cdot 0 + b \quad (18)$$

Řešením této soustavy rovnic získáme po dosazení za a a b do rovnice (16) lineární vztah pro určení maximální limitní kapacity vjezdu

$$Q_e = \frac{3600 - Q_b \cdot t_b}{t_f} \quad (19)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 Q_b intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_b bezpečná mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruh. okruž. pásu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Pro vyjádření *spodní meze maximálně dosažitelné hodnoty limitní kapacity* podle hledané lineární závislosti použijeme nulovou mezeru mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu a dosadíme z rovnic (12) až (15) do rovnice (16). Pak dostaneme následující soustavu dvou rovnic o dvou neznámých

$$0 = a \cdot \frac{3600}{t_0} + b \quad (20)$$

$$\frac{3600}{t_f} = a \cdot 0 + b \quad (21)$$

Řešením této soustavy rovnic získáme po dosazení za a a b do rovnice (16) lineární vztah pro určení spodní hranice limitní kapacity vjezdu

$$Q_e = \frac{3600 - Q_b \cdot t_0}{t_f} \quad (22)$$

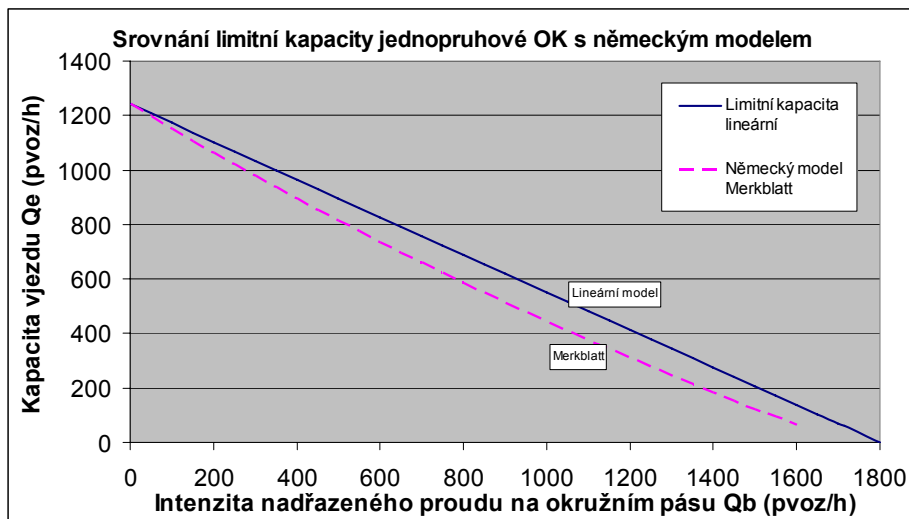
kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 Q_b intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_0 nulová mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruh. okruž. pásu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Tímto způsobem vyjádřená kapacita (19) vjezdu okružní křižovatky s jedním pruhem na vjezdu i na okružním pásu prakticky vůbec nezávisí na hodnotě kritického časového odstupu t_g . Tuto hodnotu přitom standardně používají známé modely akceptující teorii časových mezer pro výpočet kapacity, a to včetně modelu převzatého v rámci výzkumného projektu Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek [1] řešeného firmou EDIP s.r.o. Liberec.

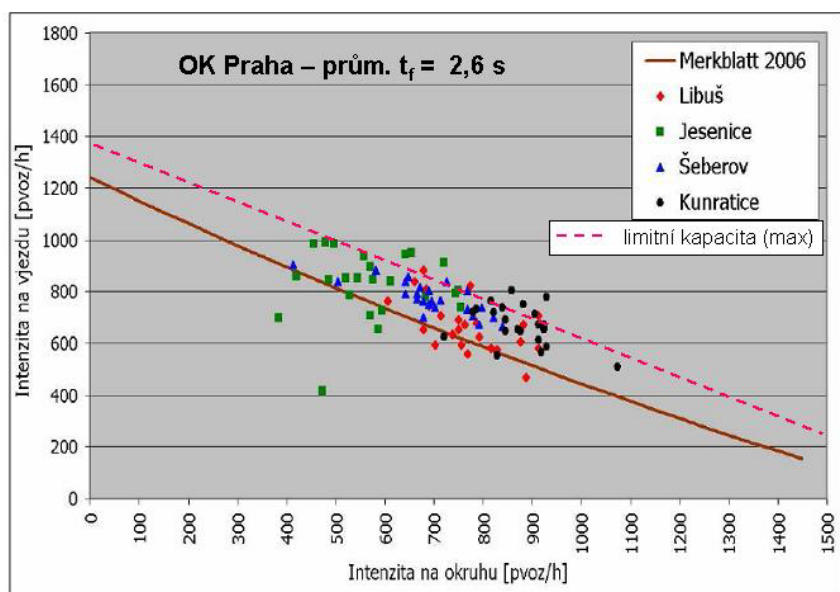
Reálně kapacita vjezdu závisí především na kapacitě okružního pásu bezprostředně za vjezdem, kde se do dopravního proudu na okruhu zařazují vozidla z vjíždějícího dopravního proudu. Tuto skutečnost vyjadřuje čitatel v rovnici (19) resp. (22). Další proměnnou, vyskytující se ve jmenovateli uvedených rovnic kapacity, představuje hodnota následného časového odstupu t_f , která je úzce svázána s geometrií konkrétní okružní křižovatky, zejména se šířkami jízdních pruhů, s hodnotami poloměrů a se vzájemnou vzdáleností mezi vjezdem a bezprostředně předcházejícím výjezdem. Především vzájemná blízkost vjezdu a předcházejícího výjezdu způsobuje nejistotu v rozhodování vjíždějící

cích řidičů a vede ke zvyšování hodnoty následného časového odstupu t_f . Tato předpokládaná závislost byla zjištěna i při řešení výzkumného projektu [1] a je uvedena v Odborné zprávě o řešení projektu v roce 2007.

Grafický průběh funkce maximální dosažitelné (limitní) kapacity vjezdu jednopruhovému okružní křižovatky podle rovnice (19) ve srovnání s německou směrnicí Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen [6] je znázorněn na obrázku 5. Jako hodnota následného časového odstupu pro dosažení do rovnice (19) je zde použita hodnota podle zmíněné německé směrnice $t_f = 2,9$ [s], hodnota bezpečného odstupu je v souladu s navrhovanou metodou pro stanovení limitní kapacity vjezdu uvažována jako $t_b = 2,0$ [s].



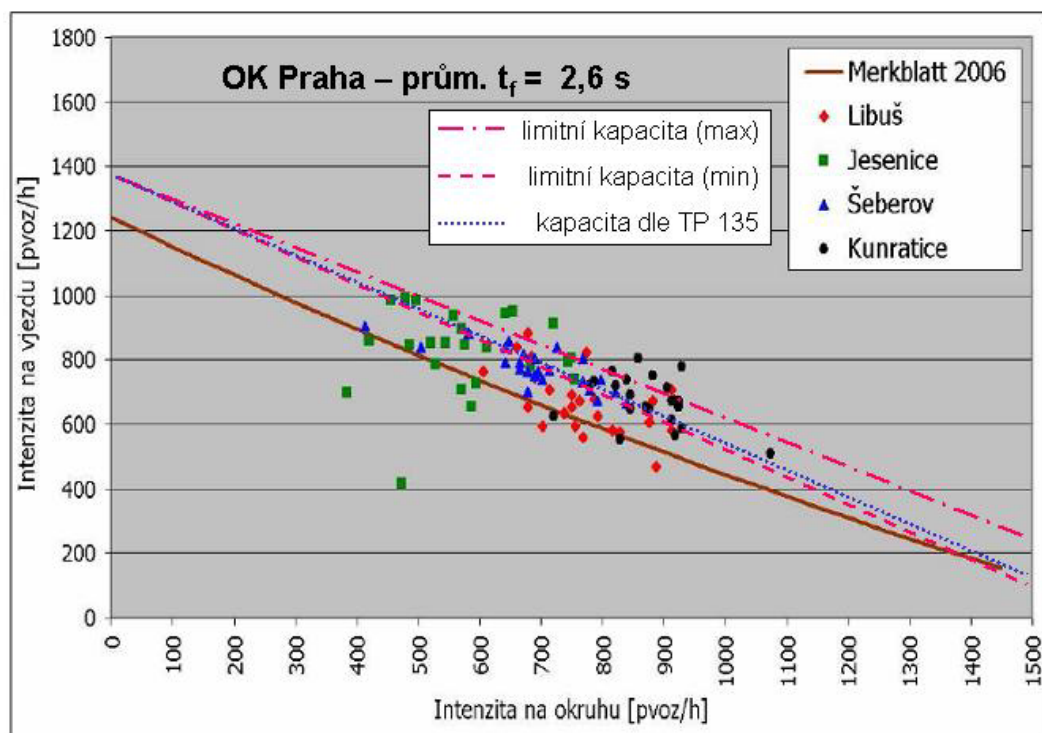
Obr. 5: Srovnání kapacity vjezdu jednopruhovému okružní křižovatky podle navrženého lineárního modelu maximální limitní kapacity a podle německé směrnice Merkblatt [6]



Obr. 6: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Praze s maximální limitní kapacitou podle navrženého lineárního modelu - zdroj dat [1]

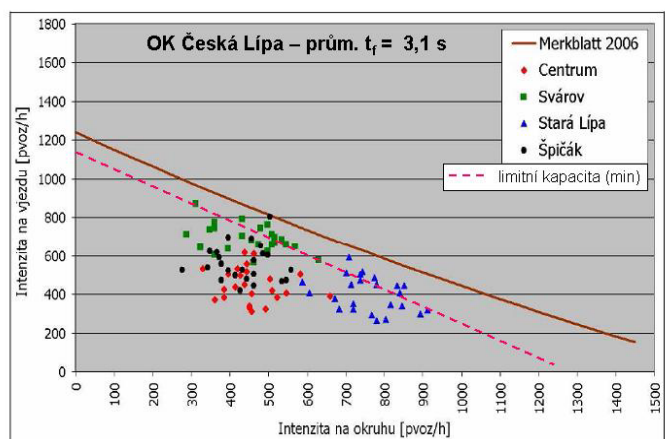
Průběh maximální limitní kapacity podle navrženého lineárního modelu pro konkrétní podmínky zkoumané okružní křižovatky ulic Vídeňská - Kunratická v Praze je znázorněn na obrázku 6. Pro konstrukci grafu byly do rovnice (19) dosazena zjištěná průměrná hodnota následného časového odstupu $t_f = 2,6$ [s] uvedená v tabulce 1. Z grafu je zřejmé, že maximální limitní kapacita výstižně reprezentuje maximální dosažitelné hodnoty kapacity vjezdu na okružní křižovatce.

Grafické srovnání naměřených hodnot intenzit na vjezdech zkoumané okružní křižovatky ulic Vídeňská - Kunratická v Praze, průběhu maximální limitní kapacity, kapacity stanovené podle TP 135 Projektování okružních křižovatek [8] a kapacity vypočtené podle německé směrnice [6] je přehledně uvedeno na obrázku 7.

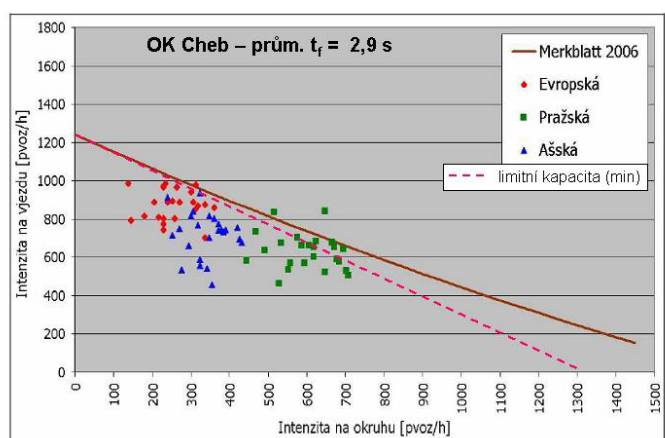


Obr. 7: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Praze s limitní kapacitou, s kapacitou podle TP 135 [7] a podle německé směrnice [5] - zdroj dat [1]

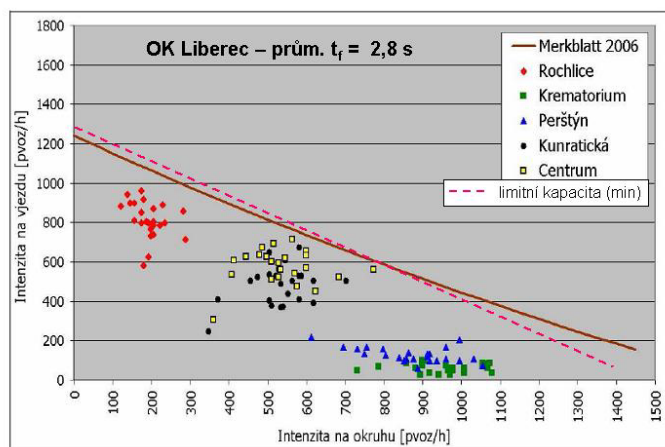
Pro ověření navržené metody byla provedena porovnání výsledků na dalších jednopruhových okružních křižovatkách sledovaných v rámci výzkumného projektu [1]. Grafické výstupy jsou uvedeny na následujících obrázcích 8 až 12. Z porovnání jednotlivých výsledků je zřejmé, že navržený lineární model limitní kapacity věrohodněji vystihuje reálně zjištěné maximální kapacity na sledovaných okružních křižovatkách. Výjimkou je pouze okružní křižovatka v Liberci, která je však extrémně zatížená pěší dopravou a je silně ovlivněna blízkostí dopravního terminálu hromadné osobní dopravy. Situaci na okružních křižovatkách v České Lípě, v Náchodě a v Sokolově více vystihuje minimální limitní hodnota kapacity stanovená pro nulovou časovou mezeru t_0 v dopravním proudu na okružním pásu, pro okružní křižovatku v Praze poskytuje reprezentativnější výsledek maximální limitní hodnota kapacity stanovená pro nejmenší bezpečný odstup t_b v dopravním proudu na okružním pásu.



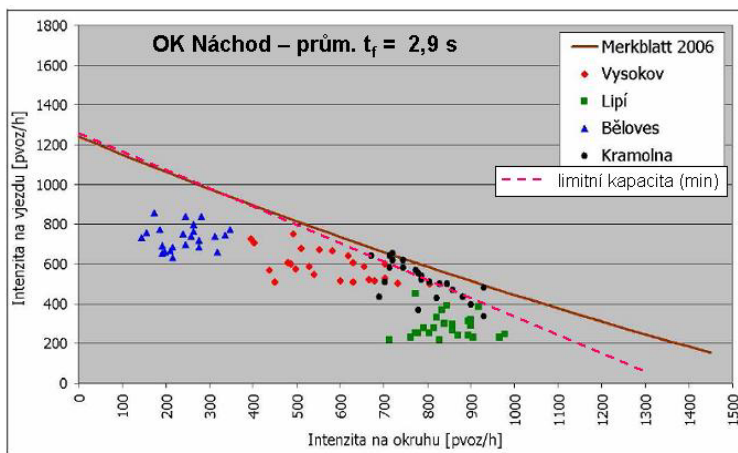
Obr. 8: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v České Lípě s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



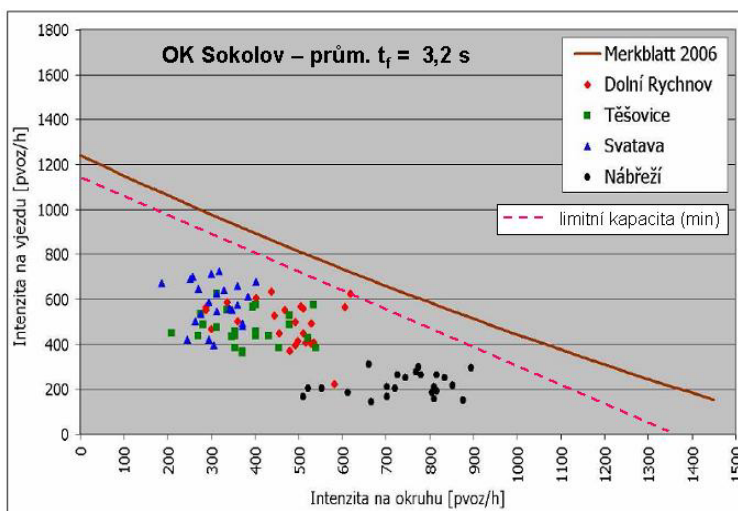
Obr. 9: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Chebu s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 10: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Liberci s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 11: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Náchodě s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 12: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Sokolově s limitní kapacitou - zdroj dat [1]

5 ZÁVĚR

Pokud budeme akceptovat definici kapacity vjezdu do okružní křižovatky jako maximální množství vozidel (viz kapitola 4), která jsou schopna vjet do křižovatky při daných podmínkách intenzity dopravy na okružním pásu, pak reálnou kapacitu lépe vystihuje prezentovaný lineární model limitní kapacity vjezdu s využitím časových mezer. Exponenciální model podle německé směrnice HBS [4], který převzala firma EDIP s.r.o. ve svém výzkumu [1], v uvedeném kontextu reprezentuje spíše jakousi průměrnou hodnotu kapacity dosahovanou standardně na okružních křižovatkách v Německu. Tuto skutečnost dokazují grafy uvedené na obrázcích 6 až 12. Není bez zajímavosti, že navržený lineární model limitní kapacity vjezdu okružní křižovatky s jedním jízdním pruhem na vjezdu i na okružním pásu, zejména pak spodní mez limitní kapacity podle rovnice (22), se poměrně shoduje s výsledky získanými stanovením kapacity vjezdu podle stávajících technických podmínek TP 135 [8] – viz graf na obrázku 7.

Navržený lineární model limitní kapacity vjezdu by bylo potřeba ověřit na větším souboru sledování reálného provozu na silně dopravně zatížených okružních křižovatkách. To si ovšem žádá určité finanční prostředky. K jejich zajištění byla již autorkou článku podána přihláška projektu na Grantovou agenturu České republiky. Rozhodnutí ohledně financování padne koncem roku 2008.

LITERATURA

- [1] *Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek*. Projekt ev.č. 1F52I/063/120 Národního programu výzkumu MDČR – průběžné výsledky řešení. Liberec : EDIP s.r.o., 2005 – 2008. Dostupné na www.edip.cz/cs/vyzkum/posuzovani-kapacity-okruzni-krizovatky
- [2] *Guide to Traffic Engineering Practice-Part 6: Roundabouts*, AUSTRROADS, Sydney, Australia (1993) 66 pp
- [3] KIMBER, R.M. *The Traffic Capacity of Roundabouts*. Laboratory Report 942, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England, 1980.
- [4] *Handbuch für die Bemessung von Straßen (HBS)*. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2001
- [5] JÍRAVA, P. a SLABÝ, P. *Pozemní komunikace 10 – Dopravní inženýrství*. Praha : ČVUT Praha, 1997, ISBN 80-01-01606-4
- [6] *Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen*. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2006
- [7] SLABÝ, P. *Obraz dopravního provozu z profilových měření*. In *Silniční obzor č. 12*. Praha : Česká silniční společnost, 2007, ISSN 0322-7154
- [8] *TP 135 Navrhování vozovek pozemních komunikací – Technické podmínky Ministerstva dopravy ČR*. Praha : Ministerstvo dopravy České republiky, 2004

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Jaroslav Mecl

Eva OŽANOVÁ¹

INTEGROVANÉ DOPRAVNÍ SYSTÉMY HROMADNÉ PŘEPRAVY OSOB

Abstrakt

Development individual cars transport for transport passengers and relatively regular decrease passengers in public transport is urgency in nearest time rectify on level regional administration and active attendances of the state and municipal autonomy. Continuous stress on the investment in growing individual cars transport and servicing road network can be in nearest time (5 - 10 years) serious economic problem, much meaningful than actual economic help to system public transport.

1 ÚVOD

Při projednávání problematiky dopravy větších územních celků se vždy dostává do popředí otázka integrace jednotlivých dopravních systémů, jejich vzájemné vazby a snaha soustředit proudy cestujících do několika přestupních uzlů. Obyvatelé měst a ostatních sídelních útvarů dnes stojí před otázkou, jak zajistit svou mobilitu. Na jedné straně je to individuální automobilová doprava (IAD) na straně druhé doprava veřejná. Tyto dva způsoby dopravy je potřeba zkoumat jak z pohledu cestujících nebo dopravců, tak z hlediska širších vztahů především k životnímu prostředí se všemi kladnými i negativními dopady a celkové koncepci řešeného území. Pozornost by měla být soustředěna především na koordinaci územních plánů vzhledem k dopravním sítím, dopravní obslužnost zájmového území a návaznost jízdních řádů jednotlivých druhů hromadné veřejné dopravy.

V 90. letech 20. století dochází v České republice k nárůstu individuální automobilové dopravy nejen na dálnicích a silnicích, ale především v obvodu velkých měst a přilehlých aglomeracích. Naproti tomu hromadná doprava osob stagnuje a stává se pro IAD nekonkurenceschopnou. Zvrátit tento negativní vývoj vyžaduje zlepšení celého systému dopravy na úrovni jednotlivých krajů za aktivní účasti státu a obecních samospráv, ve kterém veřejná hromadná doprava osob bude mít dominantní postavení. Neustálý tlak na investice do rozrůstající se individuální dopravy a údržby silniční sítě může být v střednědobém časovém horizontu (cca 5 až 10 let) vážným ekonomickým problémem, mnohem významnějším než aktuální ekonomická pomoc systému veřejné dopravy.

2 VEŘEJNÁ DOPRAVA VE MĚSTECH

Hromadná doprava osob na území města zajišťuje základní vazby mezi plošnými funkčními složkami území, především mezi bydlištěm, pracovištěm a ostatní občanskou vybaveností. Musí také zajišťovat vazby s ostatními druhy dopravy, jako je doprava železniční, autobusová a letecká případně vodní a vytváří v místech soustředěného shromažďování osob přestupní uzly, jako jsou nádraží, letiště apod.

Městská hromadná doprava (MHD) představuje periodickou hromadnou přepravu osob v sídelních útvarech a jejich nejbližších příměstských oblastech a to za pomoci speciálních hromadných dopravních prostředků. Při volbě dopravního prostředku v rámci městské dopravy je potřeba přihlížet k systému používaných dopravních prostředků v dané oblasti, ale rovněž k orientaci dopravních tras v příslušném sídelním útvaru a jejich vzájemným vazbám. Pro dopravu ve městech se používají dopravní prostředky, které mohou mít různé parametry. V následující tabulce je uveden přehled některých druhů dopravních prostředků ve městech.

¹ Ing. Eva Ožanová, Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 312, e-mail: eva.ozanova@vsb.cz.

Tab. 1: Orientační hodnoty vybraných parametrů vozidel

Druh dopravního prostředku	Kapacita vozidla (obsaditelnost)	Měrný výkon (KW/t)	Průměrná hmotnost na cestujícího (kg/osobu)	Rychlost (km/h)
kolo	1	50	≈ 90	≈ 35
motocykl	1-2	30-70	≈ 100	≈ 100
osobní automobil	4	30-50	≈ 250	≈ 100
autobus	40-60	10-30	60-110	≈ 90
tramvaj	80-120	5-12	90-130	60
rychlodráha	400-1000	10-15	100-150	80
příměstská železnice	600-1000	5-15	200-300	100
železnice (dálková)	600-1200	5-15	500-1000	160
helikoptéra	≈15	≈350	200.300	≈200
letadlo	5-200	200-500	250-300	200-900

Obecným požadavkem je, aby rozhodující objem přepravy v městských aglomeracích zajišťovala kolejová doprava, jako páteřní systém dopravy ve velké míře nezávislý na silničním provozu. Upřednostňovanými dopravními prostředky by tedy měly být železnice, podzemní dráhy, tramvaje a lehká kolejová doprava. V současné době jsme stále častěji svědky jevu, kdy silniční síť ve městech, příměstských aglomeracích a satelitních útvarech je stále více zahlcována automobilovou dopravou. S vědomím této skutečnosti je potřeba klást důraz na rozvoj kolejové dopravy s vyloučením IAD z centra měst.

**Obr. 1:** Příklady hromadných dopravních prostředků užívaných v Ostravě

3 POŽADAVKY NA INTEGROVANÉ DOPRAVNÍ SYSTÉMY

Posláním integrovaného dopravního systému hromadné přepravy osob (IDS) je vytvoření takového systému, který při daných ekonomických možnostech uspokojí přiměřeně optimálním způsobem přepravní potřeby obyvatel a návštěvníků příslušného regionu. Jedná se například o společný jízdní doklad na různé druhy doprav, vzájemnou časovou a prostorovou koordinaci dopravních prostředků jednotlivých druhů doprav, dostupnost prostorových cílů cest. Cílem IDS, využívaného ve velkých městských aglomeracích, je zajistit kvalitní dopravní obslužnost území tak, aby byl systém schopen konkurovat IAD. Kritérii konkurenceschopnosti jsou především čas, cena, pohodlí, spolehlivost a bezpečnost.

Aby byl IDS plně funkční a uspokojoval potřeby cestujících musí být splněny základní požadavky:

- jednotný regionální dopravní systém s páteří kolejovou dopravou (železnice, tramvaj) s návaznou autobusovou dopravou k terminálům kolejové dopravy s koordinovanými jízdními řády,
- možnost využití kombinovaného způsobu přepravy osobním automobilem a prostředky hromadné dopravy (záchytná parkoviště P&R vybudovaná u terminálů kolejové dopravy na okrajích měst),
- jednotný přestupní tarifní systém,
- vybudování moderních a plně funkčních multimodálních přestupních terminálů.

Kvalitu integrovaného dopravního systému lze vyjádřit následujícími kritérii:

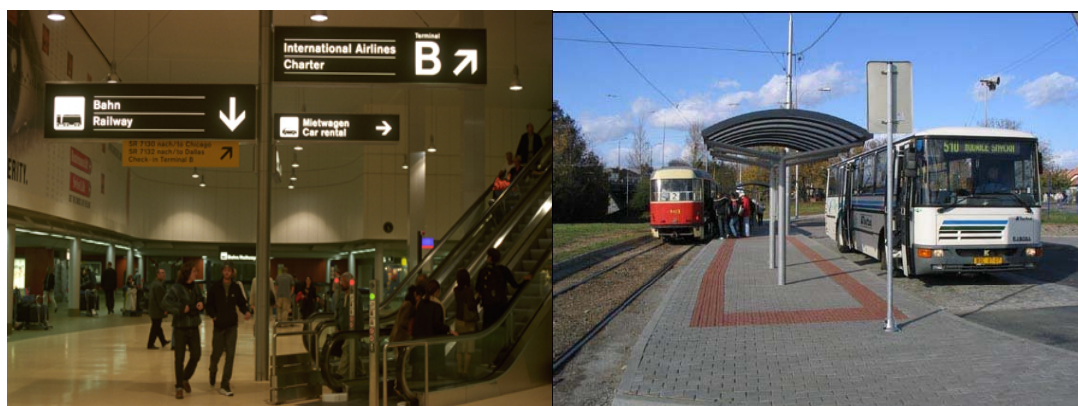
- **dostupnost**- rozsah nabízené služby z hlediska geografického, časového apod.
- **přístupnost**- vazba na ostatní druhy dopravy v rámci IDS, mimo IDS a na individuální dopravu
- **informace** –poskytování souboru informací při plánování a při uskutečňování cest
- **časové hledisko**- sledování dob přepravy, časové návaznosti spojů
- **péče o zákazníka**-poskytování doplňkových služeb přepravní povahy a ostatních služeb
- **cestovní pohodlí** a kultura cestování- zajistit příjemnou a pohodovou přepravu
- **bezpečnost**-zajistit bezpečnost v prostorách žel. stanic a v dopravních prostředcích
- **ekologické hledisko** – minimalizace škodlivin, min zásahy do životního prostředí

Integrované kolejové systémy se v posledních letech budují na více místech ve světě. Největší rozmach této dopravy začal od roku 1990. V SRN se model projektu započal v roce 1992 v Karlsruhe a je provozován i v dalších městech (např. Saarbrücken, Düsseldorf, Heilbron). V Rakousku v Gratzu a St. Pölten, v Anglii je to Nottingham, New Castle, Kent a Cardif ve Walesu. V naší republice se o tomto záměru uvažuje na Liberecku a Jablonecku (Regiotram NISA). Další lokalitou, kde je možno uvažovat s touto doplňkovou kolejovou dopravou je Ostravsko, kde vzhledem k nejhustší železniční síti v České republice, jsou k tomu vytvořeny dobré předpoklady a výhledově je možno s touto dopravou počítat.

4 VÝZNAM PŘESTUPNÍCH UZLŮ INTEGROVANÉ DOPRAVY

Přestupní uzly plní jednu z nejdůležitějších funkcí v systému veřejné dopravy. Jedná se o místo, kde cestující mění způsob přepravy nebo se jedná o místo ve kterém se střetávají různí dopravci a různé druhy dopravy. Přestupní uzly mohou být umístěny v centru města (centrální železniční stanice, přestupní stanice metra), mimo centrum města, případně jako jeho periferní zařízení. Periferní zařízení je možno umístit ve městě nebo v jeho blízkosti v návaznosti na jeho funkci.

Přestupní uzel můžeme považovat za jakousi bránu, kterou cestující vstupuje do dopravního systému. Pokud je přestupní uzel umístěn v centru města, tak vlastně představuje jakousi přijímací recepci, která cestujícímu představuje město. Architektura takové stanice by měla vhodně zapadat do prostředí. Nárůst hodnoty území v blízkosti uzlů podmiňuje revitalizaci a přestavbu území. Přestupní terminály, které jsou vhodně začleněny do městské struktury a pomáhají formovat kvalitní prostředí, jsou přijímány veřejností bez ohledu na jejich umístění. Hlavní prostory terminálů stále častěji připomínají obchodní pasáže, konferenční centra nebo hotelové haly. Je zde na malém prostoru integrováno velké množství různých činností a funkcí. Musí však být orientovány nejen na komerční aktivity, ale i na aktivity volno-časové.

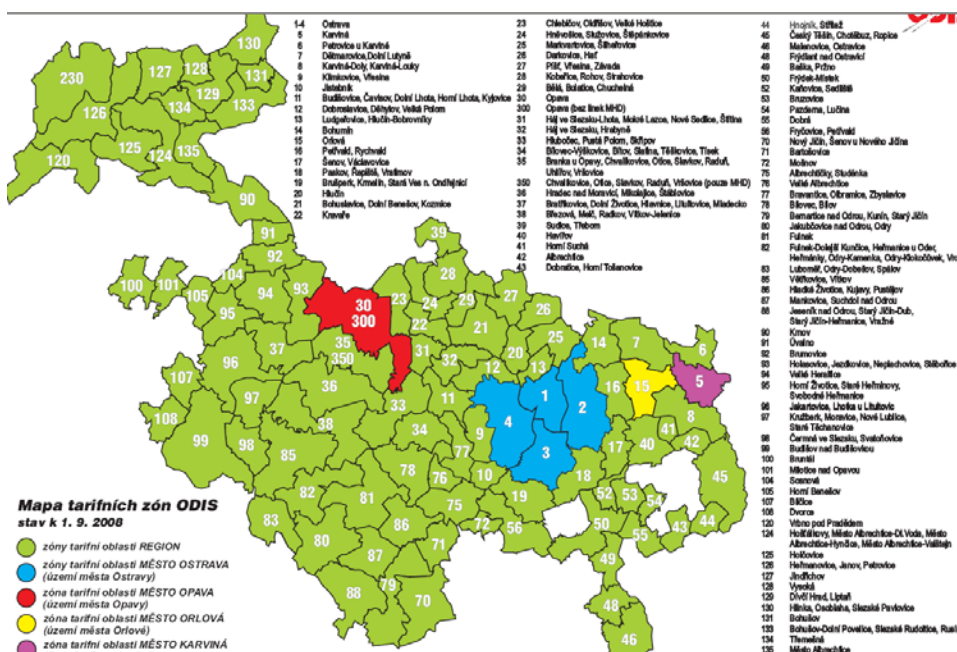


Obr. 2: Přestupní uzel umožňuje změnu směru, flexibilitu a kombinaci druhů dopravy a služeb

5 INTEGROVANÝ DOPRAVNÍ SYSTÉM V OSTRAVĚ

Na základě studie o hromadné dopravě v Ostravě byla založena koordinační skupina KODIS jejíž úkolem je zabezpečit správné fungování systému. Ostravský dopravní integrovaný systém (ODIS) zahrnuje území tvořené téměř 30 městy a obcemi. Na území platí jednotný tarifní systém a jednotné smluvní tarifní podmínky kromě železniční dopravy, kde je zavedena pouze částečná tarifní integrace na vybraných úsecích tratí. Ve vlacích platí odlišné přepravní podmínky. Ostrava je rozdělena na vnitřní zóny a okrajové zóny, které kopírují některé hranice obcí.

V rámci systému byla provedena celá řada dílčích úprav vedení linek podle požadavků zainteresovaných měst a obcí. Cílem vedení linek bylo upřednostnit drážní dopravu na úkor autobusové dopravy, což bylo realizováno převážně odstraněním souběhu autobusových a tramvajových, resp. trolejbusových linek. Posledním opatřením bylo začlenění Bohumína, Havířova, Frýdku-Místku a Českého Těšína do systému.



Obr. 3: Mapa tarifních zón Ostravského dopravního integrovaného systému

Na území Moravskoslezského kraje je problematika přestupních uzlů rozdílná pro krajské město Ostravu a pro ostatní města a území kraje. S výjimkou města Ostravy lze na území ostatních měst sledovat záměr co nejlepšího přestupu mezi jednotlivými systémy (vlak, autobus, MHD) v prostoru poblíž centra města v bezprostřední blízkosti železničního a autobusového nádraží. V této lokalitě by měl být i prostor pro možnost parkování individuální dopravy.

Problematicku přestupních míst je vhodné rozdělit do dvou základních okruhů podle převažujících funkcí a účelů. První oblastí jsou přestupní místa v rámci městské hromadné dopravy, kdy se jedná především o návaznost mezi tramvajovou nebo trolejbusovou dopravou a dopravou autobusovou. Druhou oblastí jsou přestupní místa (terminály) zajišťující vazby mezi městskou hromadnou dopravou a dopravou příměstskou zejména železniční. Umožňují parkování automobilů, rychlý, bezpečný a pohodlný přestup na dopravu hromadnou (systém "park and ride") a vzájemné návaznosti mezi městskou a příměstskou hromadnou dopravou. Podle zahraničních zkušeností se takovéto terminály umísťují na všech světových stranách města při hlavních silničních vstupech. Účelem terminálů je ochránit centrum města ("city") od záplavy automobilů, hledajících místo na zaparkování v historické a obchodní části. Důležitým bodem je i tarifní politika, která musí umožnit finanční zvýhodnění řidiče, využívajícího systém "park and ride" oproti řidičům, zajíždějícím až do centra.

Následně je zpracovaný přehled nejdůležitějších přestupních míst jak v rámci městské hromadné dopravy tak i ve vazbě na příměstskou (vnější) dopravu. Uvedené objemy cestujících pro ranní špičkovou hodinu pracovního dne a specifikace přestupem dotčených subsystémů byly převzaty z výhledového modelového zatížení veřejné osobní dopravy.

Přestupní místa v rámci městské hromadné dopravy (přestupující cestující):

- Sad B. Němcové	/Tram-TBus-Bus/1710 - 2110 osob/hod v obou směrech
- Vozovna Poruba	/Tram-Bus/ 1240 osob
- Hranečník	/Tram-Bus/ 1160 osob
- Hulváky	/Tram-Tbus-Bus/ 920 osob
- Náměstí Republiky	/Tram-Tbus-Bus/ 800 osob
- Výstaviště	/Tram-Tbus/ 730 osob
- Mírové náměstí	/Tram-Bus/ 610 osob
- Jeremenko	/Tram-Bus/ 610 osob
- Svinov	/Tram-Bus/ 570 osob

Přestupní místa s vazbou na příměstskou dopravu (obraty cestujících)

- Ostrava Svinov, žst.	1190 osob/hod.
- Ostrava hlavní nádraží, žst.	1090 osob
- ÚAN, autobusové nádraží	1010 osob
- Ostrava Zábřeh-vodárna, žst.	650 osob
- Ostrava Vítkovice, žst.	520 osob
- Ostrava střed, žst.	420 osob
- Ostrava centrum, žst.	400 osob

Stručná charakteristika nejvýznamnějších přestupních uzlů a terminálů:

- **Sad B. Němcové**- jeden z nejvýznamnějších přestupních uzlů, kde se realizují zejména vazby mezi městskou a příměstskou autobusovou dopravou z oblasti Poruby a Hlučínska a městskou tramvajovou a trolejbusovou dopravou ve směru do centra města. Vlastní dopravní řešení přestupního místa je úzce spjato s přestavbou podjezdu Dalimilova na ul. Mariánskohorské.
- **Ostrava Svinov**- významné přestupní místo zejména mezi příměstskou železniční osobní dopravou a městskou hromadnou dopravou, neméně významné je zajištění přestupní vazby mezi městskými autobusy a dopravou tramvajovou. Doplňující funkcí je přímá obsluha území, prostor dotváří autobusové stanoviště pro oblast Poruby s omezeným krátkodobým odstavováním vozidel. Dopravní význam tohoto prostoru vyžaduje kvalitní řešení přestupních vazeb.



Obr. 4: Stávající stav přestupních terminálů Ostrava Svinov a Ostrava hlavní nádraží

- **Vozovna Poruba-** v rozhodující míře městské přestupní místo mezi vnitřní autobusovou dopravou v Porubě a dopravou tramvajovou. Oproti současnému stavu dochází ke zvýšení objemu přestupujících, příčinou je zejména významná změna v organizaci autobusové dopravy v tangenciálních vazbách (trasa Hlavní třída, Severní spoj, Mariánskohorská, Přívoz). Dopravní řešení přestupního místa vychází z řešení křižovatky Opavská-Porubská-Sokolovská, provoz které je zabezpečena SSZ.
- **Hranečník-** významné přestupní místo ve východní oblasti města zabezpečující bezprostřední a komfortní vazbu mezi městskou a příměstskou autobusovou dopravou a dopravou tramvajovou. Součástí dopravního uzlu je doplňující autobusové stanoviště s omezeným odstavováním vozidel a prostorem vymezeným pro záchytné parkoviště osobních vozidel s možností pokračování městskou hromadnou dopravou
- **Hlavní nádraží-** významné přestupní místo především mezi železniční osobní dopravou a městskou hromadnou dopravou, jedná se o městské i příměstské přepravní vazby. Součástí je doplňující autobusové stanoviště pro severní oblast města s omezeným krátkodobým odstavováním vozidel. Dopravní řešení přestupního uzlu je součástí přestavby Dalimilova podjezdu - ul. Mariánskohorské.
- **ÚAN, autobusové nádraží-** dominantní nádraží příměstské, meziměstské a mezinárodní osobní autobusové dopravy s vazbou na městskou hromadnou dopravu i železniční osobní dopravu a umožňující krátkodobé a dlouhodobé odstavování a základní údržbu vozidel.



Obr. 5: Návrh úpravy přestupního terminálu Ostrava Svinov – sdružené nástupiště a celkový pohled

6 ZÁVĚR

Pro existenci plně funkčního integrovaného systému, jak v Ostravě a ostravském regionu, tak i v ostatních velkých městech, je klíčovou spolupráce všech samospráv i účinná podpora státu. V případě dalšího poklesu vlivu veřejné dopravy pod dělbu cca 50/50 lze očekávat vážné problémy s existencí celého sektoru veřejné dopravy (obdoba situace v západní Evropě v 70. letech). Zde je pak další ožívování veřejné dopravy možné již jen za cenu řádově vyšších nákladů než jsou dnes potřebné.

Systémové řešení městské hromadné dopravy v Ostravě je jednoznačně založeno na dominantním postavením tramvajové dopravy, významným aspektem návrhu je nosný západo-jihní diametr Poruba-centrum-Jižní město zabezpečující rozhodující přepravní zátěže. Navržený rozvoj tramvajového systému, nezbytné zkvalitňování a modernizace tramvajové dopravy, zvyšování bezpečnosti (segregace, preference, vozidla nové generace a pod.) napomůže udržení přijatelné dělby přepravní práce mezi hromadnou a automobilovou dopravou. Městská autobusová doprava navazuje na tramvajovou a trolejbusovou dopravu, svou důležitou funkci si udržuje v zabezpečení tangenciálních přepravních vazeb uvnitř obytného souboru a v zaměstnanecké dopravě. Její koordinace s příměstskou autobusovou dopravou je nezbytná a žádoucí zejména pro obsluhu okrajových oblastí města. Systém Park and Ride („zaparkuj vozidlo a pokračuj veřejnou osobní dopravou“) je navrhován aplikovat nejlépe v širším regionu za hranicemi města (např. terminál Hranečnik) s vazbou na kapacitní a komfortní zejména železniční dopravu v horizontu po roce 2010.

Společný systém veřejné osobní dopravy v Ostravě a jejím blízkém okolí je organizován jako koordinovaná přepravní nabídka s jednotným přepravním a tarifním uspořádáním na území celého slezsko-moravského regionu. Tento integrovaný dopravní systém (IDS) je řízen a organizován na regionální úrovni za přímé účasti zainteresovaných obcí a měst daného území. Pro další rozvoj, upřesnění a stabilizaci technického řešení integrované dopravy v regionu jsou neustále podrobně rozpracovávány dopravní a urbanistická řešení zejména rozvojových záměrů v oblasti tramvajové dopravy a lehké kolejové dopravy (vlakotramvaji). Z hlediska koncepčního rozvoje ostravského regionu je nezbytné vypracování organizačních a technických zásad a podmínek pro řešení systému Park and Ride s bezprostřední návazností na vytípané přestupní terminály.

LITERATURA

- [1] Útvar hlavního architekta MMO: Územní plán města Ostravy, září 1994
- [2] UDIMO: Generální dopravní plán města Ostravy, listopad 1997
- [3] UDI Morava, s.r.o.: Koncepce rozvoje dopravní infrastruktury Moravskoslezského kraje - Ostrava, prosinec 2003, (schválená Zastupitelstvem Moravskoslezského kraje dne 10. 6. 2004)
- [4] Urbanistické středisko Ostrava, s.r.o.: Návrh územního plánu velkého územního celku Ostrava – Karviná - 2006,
- [5] Viktorinová P., Zeman K.: Konstrukční úpravy sdružených nástupišť pro jednotlivé druhy kolejových dopravních prostředků, VŠB-TU Ostrava, SVOČ 2008
- [6] Vonka J., Drda P., Bína L., Šíroky J.: Osobní doprava, Univerzita Pardubice, 2004
- [7] Štěrba R., Pastor O.: Osobní doprava v území a regionech, ČVUT Praha, 2005
- [8] Ožanová: Integrovaný dopravní systém, VŠB-TU Ostrava, říjen 2008
- [9] www.dpo.cz
- [10] www.ids.net
- [11] www.mapy.cz
- [12] photoblog.entity.cz/nadrazi-ostrava-svinov

Oponentní posudek vypracoval: Ing. David Mlčák

Miloslav ŘEZÁČ¹

NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ DOPRAVY V OSTRAVĚ

Abstract

Characteristic line development transit is continuous growth of a number of motor vehicles on urban communications and increasing demands on travel persons and load. The accumulative intensity transit along bears urgently progressive appearance confrontation, whereas is basic problem number accident and their effect.

Resolution this situation require necessity build-up new communications and implementation construction work on existing communications systems and implementing systems point duty with minimal areal title.

1 ÚVOD

Rozšířením Evropské unie došlo k usnadnění a zvýšení volného pohybu osob a zboží. Na druhou stranu ale tím také vyvstaly problémy spojené s dopravou - kongesce a nehody na silnicích, zpoždění v letecké dopravě, problém bezpečnosti nebo rozvoj námořní dopravy. Pro řešení těchto problémů Evropská komise podporuje zavádění inteligentních dopravních systémů a služeb (ITS) napříč všemi druhy dopravy ke zvýšení efektivity a bezpečnosti dopravy. ITS (Intelligent Transport Systems), někdy také označované jako dopravní telematika a dříve ASŘ (automatizované systémy řízení), integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních souvisejících oborů (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství, atd.) tak, aby pro stávající infrastrukturu zajistily systémy řízení dopravních a přepravních procesů (zvýšily se přepravní výkony a efektivita dopravy, zvýšila se bezpečnost dopravy, zvýšil se komfort přepravy, atd.).

Inteligentní dopravní systém (ITS) silniční dopravy se stává nástrojem k zvýšení bezpečnosti, plynulosti silniční dopravy, ale může sloužit i k vyššímu zhodnocení vložených investičních prostředků vložených do výstavby silniční infrastruktury. Jednotlivé aplikace slouží také k efektivní údržbě silnic a dálnic, kontrole technických prostředků infrastruktury a technického stavu dopravní cesty. ITS shromažďují velké množství informací s vloženou přidanou hodnotou a mohou se stát nástrojem výkonu státní dopravní politiky. Evropské dopravní trasy - koridory TINA (TEN) musí splňovat cíle evropské dopravní politiky tak, aby byly vytvořeny podmínky zapojení národní dopravní infrastruktury do evropského dopravního procesu. Aplikace ITS jsou tak významným nástrojem interoperability v dopravních procesech. Proto i jednotlivé aplikace ITS na dopravní infrastrukturu musí splňovat podmínky informační interoperability.

Zavádění ITS je v zemích EU25 vychází z předpokladu, růstu počtu osobních vozidel do roku 2020 o 25 – 35 % a nákladních dokonce o 55 – 75 % (zdroj DG TREN/2004). Takový nárůst je nutné alespoň částečně eliminovat různými prostředky:

stavět kapacitní komunikace

vyrábět „inteligentní“ vozidla

budovat dopravně-telematické systémy ve formě „inteligentních“ technologií řízení

¹ Doc. Ing. Miloslav Řezáč, Ph.D., Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 313, e-mail: miloslav.rezac@vsb.cz.

Podstatnou roli u vyjmenovaných možností hraje časový faktor:

U nové komunikace od studie až po realizaci přesahuje 20 let.

Inteligentní vozidla s řadou subsystémů orientovaných např. na zvýšení bezpečnosti (vedení vozidla v optimální stopě, detekce překážek, dokonce i detekce dopravních značek aj.) zavádí automobilový průmysl do sériové výroby po 6 až 12 letech.

U dopravně telematických systémů je inovační cyklus ovlivňující řidiče 18 – 24 měsíců (řízení dopravy ve městech – infopanely, proměnné značky aj.).

Česká republika má v srdci Evropy z dopravního hlediska strategickou polohu. Její dopravní infrastruktura musí umožnit nejen plynulé spojení s evropskými průmyslovými, obchodními a sídelními centry, ale infrastruktura musí uživatelům dopravy poskytnout odpovídající služby. V rámci EU se v současnosti pozornost soustředí na rozvoj transevropské dopravní sítě včetně systémů řízení dopravy, lokalizačních a navigačních systémů.

2 VÝCHOZÍ STAV ŘÍZENÍ DOPRAVY V OSTRAVĚ

Základní směry výstavby systému řízení dopravy byly dány v roce 1993 „Studii automatizovaného systému řízení městského silničního provozu (ASŘ MSP) v Ostravě“. Tak jako v ostatních městech byly do výstavby i provozování i dílčích částí zakomponovány nové poznatky a technické inovace. V rámci vybudování celého systému řízení bylo navrženo realizovat následující subsystémy jejichž stav provozování je následující :

o **Subsystém řízení dopravy SSZ**

Jde o subsystém nejdůležitější, který v současné době zahrnuje SSZ 89 uzlů řadiči AŽD Praha, Siemens AG a Cross Zlín. Do liniových koordinovaných skupin je zapojeno 56 uzlů. Stav provozu řadičů je přenášen bezdrátovou technologií na pracoviště Ostravských komunikací (OK).

o **Subsystém řídicí ústředny**

Zatím nezprovozněna. V činnosti jsou jen dohledová ústředna Sitraffic Watch (fy Siemens), která monitoruje provoz řadičů Siemens a dohledová ústředna Cross MP GSM 01 (fy Cross Zlín), která monitoruje provoz řadičů Cross a AŽD Praha. Obě zařízení jsou umístěna na pracovišti OK.

o **Subsystém řízení proměnnými dopravními značkami**

Zde lze zařadit i Systém měření výšky vozidel projektově připravovaný pro lokality podjezdů pod tratěmi ČD na ulicích Mariánskohorské a Hlučinské. Jeho principem je detekce gabaritů a v případě jeho překročení signalizace do řídicího centra i řidiči vozidla k zastavení a změny trasy proměnným dopravním značením a SSZ. Další prvky nejsou zatím v provozu.

o **Subsystém dopravních a cestovních informací (DIS)**

V současné době jsou důležité dopravní informace poskytovány na internetových stránkách OK a lze je získat i prostřednictvím internetových stránek statutárního města Ostravy. Jsou zde sekce :

- Uzavírek, omezení či vyloučení provozu s popisem objízdné trasy,
- Důležitých akcí, které mají vliv na dopravu včetně informací o přístupových trasách a parkovacích možnostech,

- Křižovatek, možnost prostřednictvím kamer sledovat stav propustnosti křižovatek,
- Nehody - v případech jejich významného vlivu na propustnost daného místa nebo úseku,
- Parkování - možnost parkování v parkovacích objektech provozovaných Garážemi Ostrava a OK,
- Zima - informace o sjízdnosti sledovaných úseků komunikací,
- Krizové situace - sdělení o dopravních kongescích.

o **Subsystém MHD**

Je v činnosti jako samostatný subsystém. Představuje sledování provozu vozidel MHD z dispečerského pracoviště DP Ostrava. Komunikace s řidiči vozidel je prováděna radiem.

o **Subsystém preference vozidel MHD, hasičů, integrovaného záchranného systému**

Pro vozidla MHD je v současnosti je v činnosti lokální preference na 44 uzlech, z toho na 24 aktivní a na 20 pasivní. Je používán systém Herman založený na principu jednosměrné komunikace vozidla a datovou smyčkou mezi kolejemi nebo ve vozovce.

Pro vozidla IZS pracuje na vybraných křižovatkách autonomní systém preference průjezdu. Je používáno zařízení OPTICOM.

o **Subsystém televizního dohledu**

Je v provozu kamerový dohledový systém (subsystém) sledující provoz na 20 křižovatkách ve městě. Přenos je poskytován na internetové stránky statutárního města Ostravy a pracoviště OK, DPO, CTV, PČR, MěP. Tento subsystém je ve vlastnictví fy OVANET. Připravována je realizace systému sledování průjezdu vozidel na červenou.

o **Subsystém meteorologických informací**

V současné době jsou v provozu dva meteohlásiče (ul. Opavská a ul. Hlučinská) firmy MicKS. Data jsou přenášena na pracoviště dispečinku OK.

o **Subsystém dispečerských pracovišť**

Pracoviště operativních správců (OK, SSUD, SSMSK), dopravců (DPO), bezpečnostních orgánů a složek (PČR, MěP, IZS) zatím pracují autonomně bez systémového propojení.

Subsystémy řízení dálničních úseků, řízení tunelů, parkování, přepravy nákladů, sběru a správy dat nejsou zatím zprovozněny.

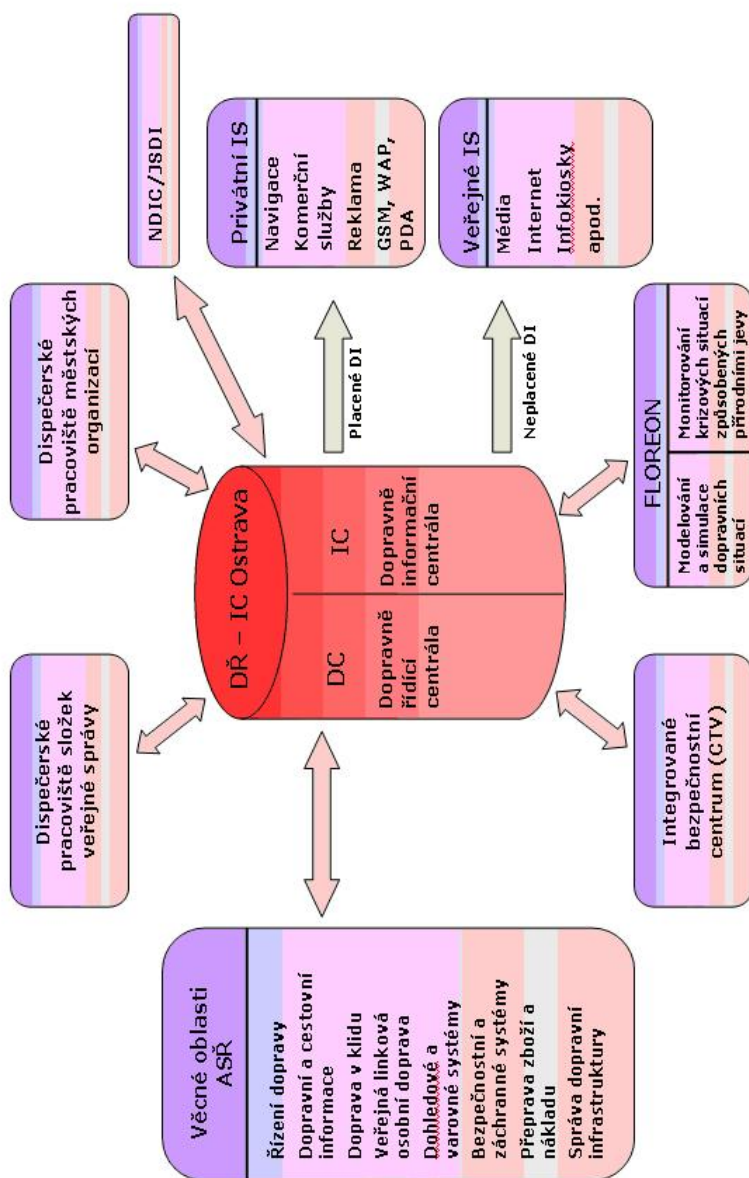
3 NÁVRH ŘÍZENÍ DOPRAVY V OSTRAVĚ

V rámci postupující modernizace a rozvoje dopravní infrastruktury na území Statutárního města Ostravy ve vazbě na infrastrukturu České republiky je potřeba připravit **architekturu ITS/ASŘ**. Ta bude mít vazby na výstupy národních a mezinárodních projektů řešených v oblasti architektury ITS a již na vybudované související systémy nebo na systémy, které se v České republice postupně zavádějí. To jsou telematické aplikace, především hlavní řídicí ústředny ve velkých městech, aplikace pro sledování intenzity dopravy, pro monitorování počasí, telematické aplikace pro zvýšení bezpečnosti tunelů a podobně. Efektivní využívání těchto systémů není možné bez jejich vzájemných vazeb a propojení, např. na budovaný systém Jednotných systém dopravních informací nebo na integrované záchranné systémy.

Důvodem pro vytvoření architektury ITS pro Ostravu je umožnit budování zamýšleného rozsáhlého systému, který tak bude mít vzájemně koncepčně propojeny jednotlivé subsystémy. Tento otevřený koncepční dokument aktérů (zadavatel, dodavatel, provozovatel) bude mít pozitivní vliv na

zvyšování bezpečnosti silničního provozu technickými prvky ITS a na efektivní využívání komunikací města Ostravy a snižování kongescí.

Technická opatření a prvky ITS budou popsány jednotným způsobem, který bude tvořit ucelený systém. Z těchto prvků bude možno vytvořit konkrétní řešení, které bude navrženo podle požadavků zadavatele v útvary v souladu s národní ITS architekturou.



Obr. 1: Koncept řízení dopravy v Ostravě

4 JÁDRO ITS/ASŘ MĚSTA OSTRAVY - DOPRAVNÍ INFORMAČNÍ A ŘÍDÍCÍ CENTRUM

Lokální dopravní informační a řídicí centrum musí plnit:

- Funkce sběru dat - je řešena přímo prostřednictvím senzorických profilů a nepřímo prostřednictvím příjmu dat a dopravních informací z národní úrovně přes Národní dopravní informační a řídicí centrum. Tato data jsou v řídicím středisku automaticky zpracována pro další využití.
- Řídicí funkce - je uplatňována ve vazbě na signální plány světelné signalizace, na možnosti řízení prostřednictvím instalovaných telematických aplikací, zejména příkazových a zákazových proměnných dopravních značek a systému navádění. Báze pravidel a scénářů provádí procesy řízení na základě vyhodnocení dopravních dat a dopravních informací.
- Informační funkce - je přímo uplatňována prostřednictvím zařízení pro provozní informace a proměnné dopravní značky, dále pak nepřímo prostřednictvím distribuce dopravních informací klasickým i moderním médiím.
- Funkce technologického dohledu - zajišťuje průběžnou kontrolu a dostupnost technologií a systémů a generuje eskalační procedury v případě problémů.

Lokální dopravní informační a řídicí centrum je napojeno na Národní dopravně inženýrské centrum (NDIC).

5 LOKÁLNÍ DISTRIBUCE DOPRAVNÍCH DAT V SYSTÉMU ITS/ASŘ MĚSTA OSTRAVY

Možnosti lokální distribuce jsou plně v kompetenci města Ostravy. Obecně existují tyto možnosti distribuce a publikace dopravních informací a dopravních dat.

- zařízení pro provozní informace ve městě
- lokální RDS-TMC
- rozhlasové vysílání
- TV vysílání
- dopravní informační služby na bázi GSM (GPRS, WAP, SMS, MMS)
- hlasové telekomunikační informační služby (IVR, „živý“ hlas)
- internetové stránky

Publikace dopravních informací a dopravních dat na lokálních ZPI je záležitostí telematické části systému. Možnost lokálního vysílání RDS-TMC existuje za těchto předpokladů:

- existuje vhodný pozemský vysílač rozhlasového vysílání s dostatečným pokrytím města, na kterém je šířen ideálně signál rádia veřejné služby
- nebo je lokální obsah pro město Ostrava šířen v rámci národního obsahu se zajištěním regionalizace pro konkrétní vysílač
- existují lokalizační tabulky v dostatečné hustotě pro komunikace ve městě
- je zájem tuto službu vysílat

Rozhlasové a TV vysílání je možno zajistit i z lokální úrovně, avšak na národní úrovni bude standardní obsah dopravních informací (viz výše) nabízen všem rozhlasovým stanicím. Lokální spolupráci je nutno vytvořit specificky na základě konkrétních lokálních potřeb místního vysílání.

Rozhodnutí o publikování dopravních informací na bázi GSM je plně v kompetenci města Ostravy. Je na interní diskusi, zda má město takovou službu poskytovat nebo zda je to prostor pro veřejné a privátní subjekty. Toto platí i pro telekomunikační hlasové služby.

Pro publikování informací na vlastních internetových stránkách je možno využít informace z národní úrovně doplněné informacemi z úrovně lokální. Nebo je možno využít odkaz na národní stránky dopravního zpravodaje.

6 VYUŽITÍ INFORMACÍ A DAT Z NÁRODNÍ ÚROVNĚ PRO ITS/ASŘ MĚSTA OSTRAVY

Z Národního dopravního informačního a řídicího střediska může město Ostrava přes datové distribuční rozhraní získávat veškeré dostupné dopravní informace a dopravní data v definovaném datovém formátu prostřednictvím standardních datových služeb.

- dopravní nehody
- požáry vozidel a nákladů
- překážky provozu
- uzavírky a objízďky
- zvláštní užívání
- přeprava nadměrných případně nebezpečných nákladů
- sjízdnost komunikací
- omezení viditelnosti, vítr, povodně a další vlivy meteosituace na provoz
- informace silniční meteorologie
- omezení pracemi oprav a údržby
- havárie inženýrských sítí
- hustota, rychlost nebo intenzita dopravního proudu
- případně omezení dopravy v klidu a aktuální dostupnost P+R
- další obdobné informace
- obrazové informace z kamerových systémů na D a R

Dopravní informace a dopravní data jsou nebo budou dostupná od primárních zdrojů:

- Policie ČR
- HZS ČR
- zdravotnické záchranné služby
- správců komunikací
- silničních správních úřadů
- obecních policí
- správců nebo vlastníků inženýrských sítí
- Celní služby
- správců nebo provozovatelů tunelů
- ČHMÚ
- vodoprávních úřadů a podniků Povodí
- přepravečů nadměrných a nebezpečných nákladů
- pořadatelů velkých akcí
- a dalších obdobných subjektů
- dále z telematických aplikací zejména na D a R
- systémů sledování charakteristik dopravního proudu a sčítání dopravy
- FCD
- systémů elektronického mýta
- meteorologických informačních systémů
- dohledových kamerových systémů
- systémů řízení a dohledu tunelů
- systémů ZPI a PDZ

- systémů liniového řízení dopravy
- případně dalších

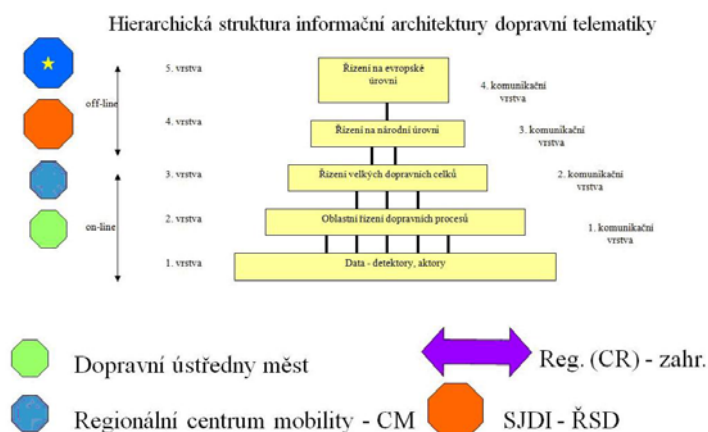
Většina těchto informací je nebo bude dostupná prostřednictvím standardního datového distribučního rozhraní NDIC nebo prostřednictvím Videobrány.

7 VYUŽITÍ INFORMACÍ A DAT Z LOKÁLNÍ ÚROVNĚ PRO NÁRODNÍ

Systém pro Statutární město Ostravu je nutno vytvořit tak, aby bylo možno prostřednictvím definovaného rozhraní využívat informace z lokální úrovně také pro systémy NDIC. Ve většině případů půjde o sdílení dat a informací především z lokálních telematických systémů.

- **Obrazové informace** - přístup k obrazovým informacím (za definovaných podmínek) z hlavních průjezdných komunikací a uzlů v Ostravě, a to v podobě statických obrázků i spojitého videa.
- **Světelná signalizační zařízení** - informace o poruchách světelné signalizace prakticky ze všech světelných křižovatek v Ostravě. Zároveň také informaci o obnově provozu SSZ.
- **Systémy řízení dopravního proudu, liniového řízení a navádění** - informace o stavu řízení a charakteristik dopravního proudu, pokud budou tato zařízení instalována na dopravně zatížených a průjezdných komunikacích v Ostravě. Z hlediska NDIC jsou zajímavé informace o kritických situacích, o snížení rychlosti dopravního proudu nebo snížení průjezdnosti.
- **Systémy PDZ a ZPI** – zobrazení stavů těchto zařízení, tedy konkrétní informace a symboly, které v dané chvíli aktuálně zobrazují. V některých případech lze diskutovat o společném sdílení řízení některých technologií, což však bude záležet až na konkrétním návrhu řešení telematického systému v Ostravě.
- **Městský meteorologický informační systém** - zapojit městské silniční meteostanice do Jednotného meteorologického informačního systému. To jde za předpokladu využití jednotného datového formátu SH70 nebo datového formátu XML pro data z těchto meteostanic.
- **Obsazenost parkovišť** - sdílení informací o aktuální obsazenosti P+R záchytných parkovišť.

Detailní návrh informací, které by bylo možno využívat z lokální úrovně pro NDIC, je možno upřesnit až v rámci návrhu konkrétního řešení řídicího systému na úrovni města Ostravy.



Obr. 2: Systémy ITS/ASŘ města Ostravy a jejich integrace do národního systému

8 ZÁVĚR

Při rostoucímu počtu vozidel v ulicích našich měst není možné se vyhnout řešením, které umožní optimální využití infrastruktury městských a pozemních komunikací. Nové informační a telekomunikační technologie umožňují zvýšení bezpečnosti a komfortu účastníků silničního provozu. Proto není možné tyto metody nevyužívat, i když jejich příprava, realizace a provoz vyžaduje nemalé finanční investice. Nedosahují ovšem takových hodnot, jako budování nových a nových dopravních ploch, kterých je navíc v evropských městech stále větší nedostatek.

Implementace pokročilých systémů ITS je proto nevyhnutelnou cestou, která umožní zajistit mobilitu obyvatel v pracovních procesech a při volnočasových aktivitách a současně umožní přepravu nákladů bez enormních škodlivých vlivů na životní prostředí.

Pro Ostravu je důležité dopracovat strategii řízení dopravy v návaznosti na provedenou analýzu stávající a predikované dopravní situace a prognózu dalšího vývoje (při zohlednění záměrů rozvoje regionu a státu i ve vazbě na JSDI) po projednání s příslušnými subjekty a případně upravit a rozšířit oblasti sledované problematiky – např. v Praze, je komplex dopravních problémů rozdělen do 11 oblastí.

V návrhu strategie zohlednit i kompetenční hledisko ve výkonu státní správy – tedy kdo o čem rozhoduje – zřídit mezirezortní řídicí komisi s vymezenými pravomocemi.

Na základě zpracované a schválené architektury dopravně telematického systému by pak měl být zpracován koncept výstavby tohoto systému a to do úrovně projektů jednotlivých částí (subsystémů). Součástí tohoto konceptu by měl být postup výstavby v ucelených provozuschopných částech v členění 3 a 10 let včetně finančních nákladů.

LITERATURA

- [1] VONDRÁK I. – ČEŘOVSKÝ J. – SVRČINA M. – SOLDÁN P. - ŘEZÁČ M. – FOLTÝN P. – TOMČALA J – TKAČ T. – MARTINOVIČ J – ZVARA J. – FENCL I.: Audit výstavby automatizovaných systémů řízení městského silničního provozu v Ostravě. Zadavatel Statutární město Ostrava, 2008.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Ivan Fencl, Ph.D.

Jiří BROŽOVSKÝ¹, Alois MATERNA²

VÝPOČETNÍ HOMOGENIZACE ZDIVA V NELINÁRNÍCH ÚLOHÁCH

Abstract

The article discusses computational homogenization of masonry samples for a purpose of a non-linear computational analysis of masonry structures. The proposed method includes a detailed smeared crack model of a masonry sample (with individually modeled bricks and mortar) and a homogenized elasto-plastic Chen-Chen based material model. The computational homogenization is done through comparison of results of remodeling simple material tests.

The data for homogenized material models are obtained from preliminary computations on these models for simple material tests. The improvement of material data is done through Monte Carlo – based testing of possible homogenized material parameters.

1 ÚVOD

V současné době poměrně často vyvstává potřeba provádět poměrně precizní numerické analýzy fyzikálně nelineárního chování dílčích celků, a nebo i celých zděných nosných konstrukcí. Tento postup je potřebný při studiu chování nebo analýze zbytkové únosnosti nejčastěji historických stavebních konstrukcí a památek. Ne vždy je možné provádět detailní numerickou analýzu s podrobným modelováním tvaru a polohy jednotlivých zdicích prvků, přesným respektováním vlastností (včetně například vlastností lomově-mechanických) malty a zdicích prvků a dalších aspektů. Příčinou může být jednak nedostupnost nebo technická nemožnost získání jednotlivých geometrických nebo materiálových dat (připomeňme, že řadu materiálových charakteristik není možné objektivně stanovit jinak než pomocí destruktivních zkoušek vzorků materiálu, což je často vyloučeno kvůli obvyklým postupům orgánů památkové péče), jednak rozsáhlost případného sestaveného výpočetního modelu. Proto se často přistupuje k stanovení typických vlastností materiálu na jeho relativně malém typickém vzorku (výřezu) nebo (je-li to možné) na základě provedení laboratorního experimentu. Z dosažených výsledků se obvykle stanoví náhradní vlastnosti ekvivalentního homogenního materiálu (tzv. „homogenizovaného“), které pak mohou být použity k výpočetní analýze celé konstrukce (nebo studovaného většího celku). Uvedený postup je obvykle využíván při lineárních statických analýzách, může však být (s určitými omezeními) použit i při nelineárních výpočtech, a to v případech kdy je vyšetřována vzestupná část pracovního diagramu (před dosažením meze pevnosti materiálu). Všechny zde uváděné statické analýzy byly prováděny pomocí metody konečných prvků v programu uFEM.

2 ALGORITMUS ŘEŠENÍ

V předkládaném textu se jsou uváděny příklady využívající jako výchozího stavu výsledků získaných na podrobném numerickém modelu. V případě aplikace na konkrétní případ studované konstrukce je ovšem žádoucí a potřebné, aby výchozími byly výsledky laboratorních experimentálních testů, a nebo aby tyto testy byly použity přinejmenším k verifikaci podrobného numerického modelu.

V prvním kroku se stanoví účinky základních typů zatížení (prostý tah a tlak, čistý smyk) na podrobném numerickém modelu. Z takto vypočtených dat (získány byly závislosti zatížení a defor-

¹ Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 321, e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz.

² Doc. Ing. Alois Materna, CSc., MBA, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 321, e-mail: alois.materna@vsb.cz.

mace, tedy takzvané pracovní diagramy) se pomocí základních pružnostních vztahů určí počáteční odhady materiálových parametrů homogenizovaného materiálového modelu. Tento model může být buď izotropní (což je nejčastější a nejjednodušší, ovšem z hlediska výstižnosti nejméně vhodný případ) nebo ortotropní či anizotropní (což by v případě zdiva mohlo být podstatně výstižnější, avšak uplatnění těchto předpokladů o chování materiálu podstatně zvyšuje potřebných materiálových charakteristik, které je třeba stanovit).

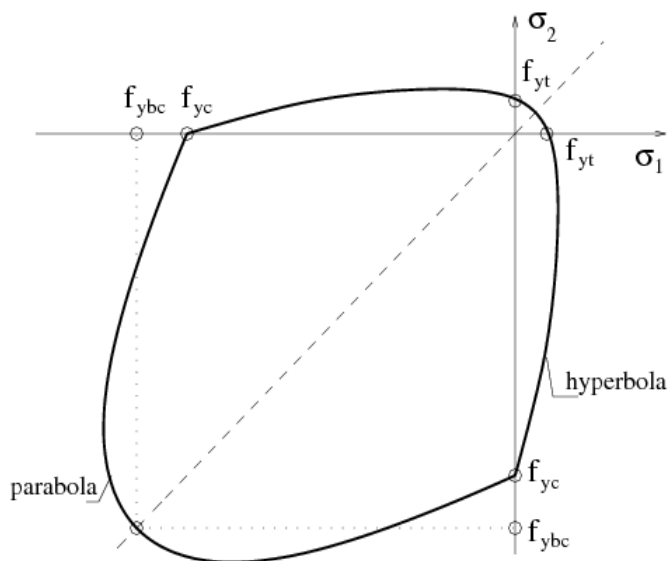
Získaná data se použijí jako střední hodnoty pro simulační ověření nejvhodnějších materiálových parametrů. K tomu se používá metody Monte Carlo, ve které se na základě zadaných středních hodnot a vhodně zvolených dalších parametrů „náhodných“ rozdělení (volba „vhodného“ rozdělení je velmi individuální a lze jen obtížně vyvodit nějaká doporučení) vytvářejí sady vstupních dat. Získaná vstupní data (může jít o tisíce nebo desetitisíce sad dat) se využijí pro provedení numerických analýz na homogenizovaných materiálových modelech. Řešení mohou být buď opět jednotlivé případy základních případů namáhání nebo může být využito zatížení více odpovídající způsobu namáhání materiálu u skutečně studované konstrukce.

Na základě rozdílů v pracovních diagramech získaných pomocí „přesného“ numerického řešení nebo pomocí experimentálního testování a v pracovních diagramech stanovených pomocí homogenizovaného modelu se vybere sada vstupních materiálových dat, která vedla k nejlepší shodě výsledků (k porovnání shody pracovních diagramů se využívá metoda konečných prvků).

3 MATERIÁLOVÉ MODELY

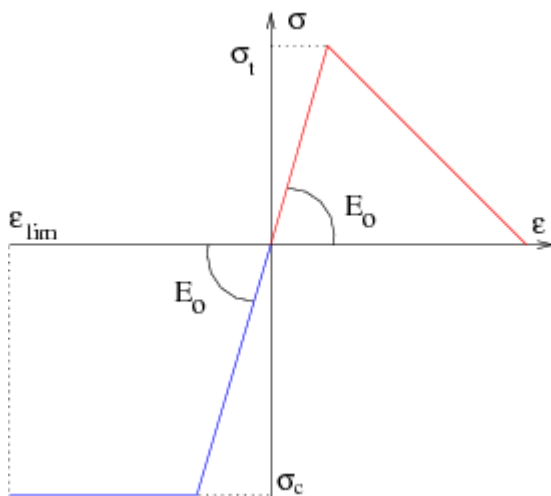
Při podrobném modelování zděných konstrukcí byl využíván takzvaný model rozmazaných trhlin. Ten vychází z předpokladu, že porušení materiálu může být modelováno pomocí spojitěho výpočetního modelu ve kterém se vliv oslabení materiálu respektuje pomocí úpravy materiálových parametrů v příslušné oblasti.

V konkrétních studovaných případech šlo o model využívající jednoosý ekvivalentní vztah mezi napětím a deformací (případně mezi napětím a celkovou šířkou trhlin). V rovinných úlohách by takový model nebyl dostatečný, a proto se parametry ekvivalentních jednoosých vztahů upravují na základě parametrů vhodné podmínky porušení materiálu, které odpovídají aktuálnímu stavu napjatosti v materiálovém bodě. Jako vhodná se jeví například podmínka porušení Chen-Chenova nebo Kupferova.



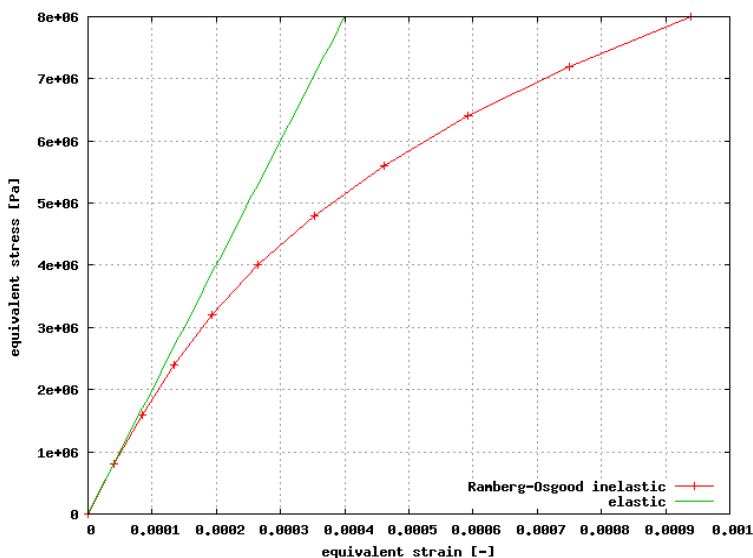
Obr. 1: Chen-Chenova podmínka porušení pro beton.

Protože výše popsaný postup může vést k závislosti výsledků řešení na tvaru a velikosti sítě konečných prvků, byl v uvedených úlohách používán Bažantův model pásu trhlin, který do řešení zavádí další fyzikální veličinu – lomovou energii betonu – a základě její velikosti na jednotku objemu zavádí úpravy ekvivalentních konstitutivních vztahů.



Obr. 2: Ekvivalentní jednoosá závislost mezi napětím a deformací.

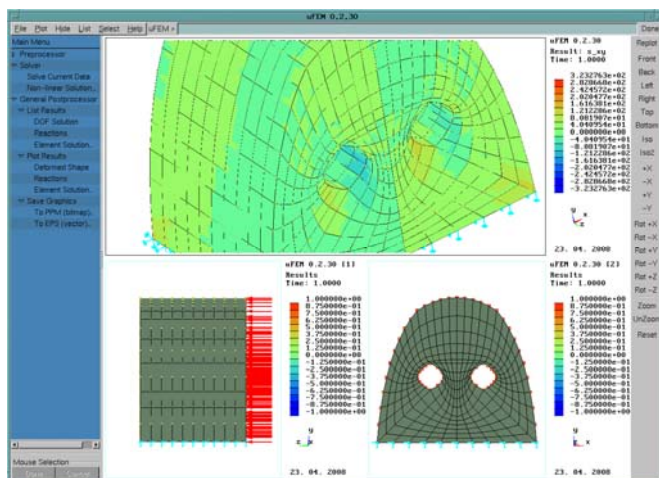
Fyzikálně nelineární modelování homogenizovaného materiálu bylo prováděno pomocí pružnoplastického modelu využívajícího Chen-Chenovu podmínku plasticity a porušení (viz Obr.1) a Ohtani-Chenův koncept modelu zpevnění pro beton. Protože parametry zpevnění Ohtani-Chenova modelu je obvykle nutné na několika dostupných parametrech aproximovat vhodnou funkcí, byla k tomuto účelu používána Rambergova-Osgoodova funkce. Typická aproximace touto funkcí je ukázána na Obr.3.



Obr. 3: Ekvivalentní jednoosá závislost mezi napětím a deformací.

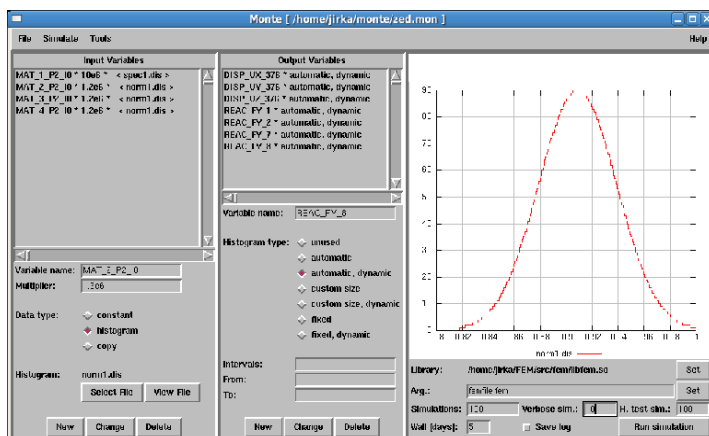
4 POUŽITÝ SOFTWARE

Pro nelineární statické analýzy byl využíván software uFEM, který byl vytvořen pro potřeby řešení projektů na Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava. Uvedený program může být používán pro řešení statických úloh stavební mechaniky ve 2D a ve 3D (do konstrukcí je ovšem také možné vkládat prutové prvky), přičemž je možné řešit konstrukčně a fyzikálně lineární a nelineární úlohy. Program může být použit i na víceprocesorových pracovních stanicích a typický vzhled heho pracovního prostředí je uveden na Obr.4.



Obr. 4: Software uFEM.

Pro simulační testování vstupních dat byl používán program Monte, který byl v minulosti vytvořen na Katedře stavební mechaniky VŠB-TU Fakulty stavební Ostrava. Tento program může být používán k úlohám, které využívají simulační techniku Monte Carlo a podporuje výpočetní analýzy na víceprocesorových pracovních stanicích a na výpočetních klastrech (používá paralelní standard MPI). Typický vzhled volitelného uživatelského prostředí programu je uveden na Obr.5.



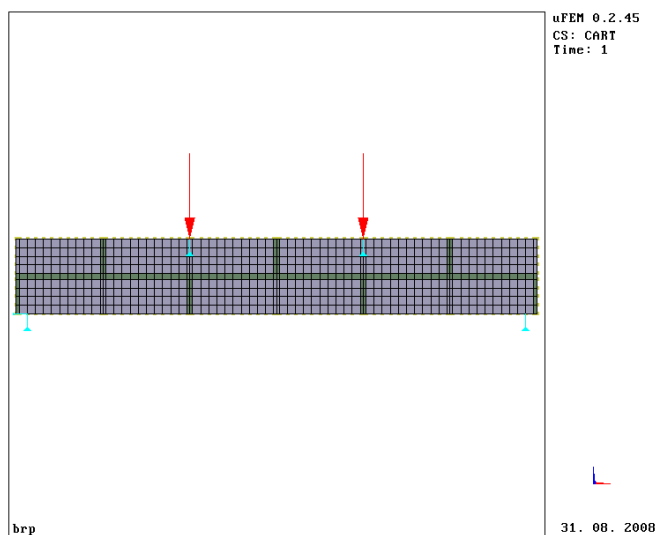
Obr. 5: Software Monte.

5 NUMERICKÉ PŘÍKLADY

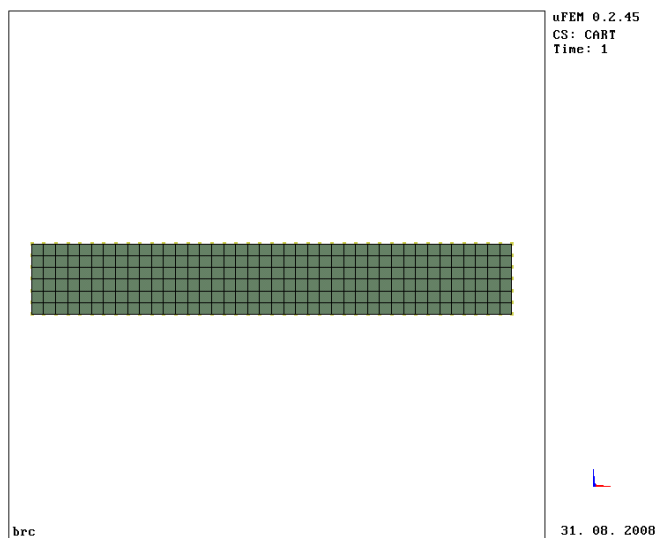
Výše popisovaný postup je možné demonstrovat na dále uvedených příkladech. V prvním případě jde o jednoduchý zděný nosník (uložený a zatížený tak, aby jeho statické působení bylo pro zdivo co nejnepříznivější), zatímco v případě druhém jde o zděný oblouk.

V obou případech byl sestaven podrobný výpočetní model, který respektoval polohu a materiálové parametry jednotlivých zdicích prvků i malty. Poté byly popsáním algoritmem stanoveny parametry homogenizovaného pružnoplastického materiálu s Chen-Chenovou podmínkou plasticity.

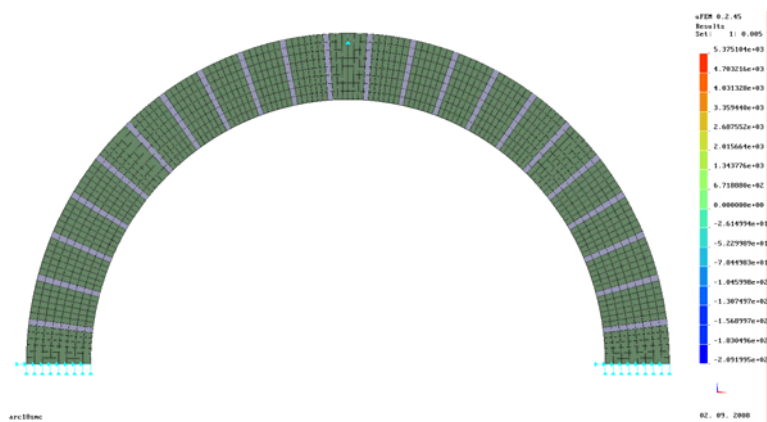
Získaná data byla použita k srovnávací analýze, jejíž výsledky jsou uvedeny v podobě pracovních diagramů na Obr.11 a Obr.12.



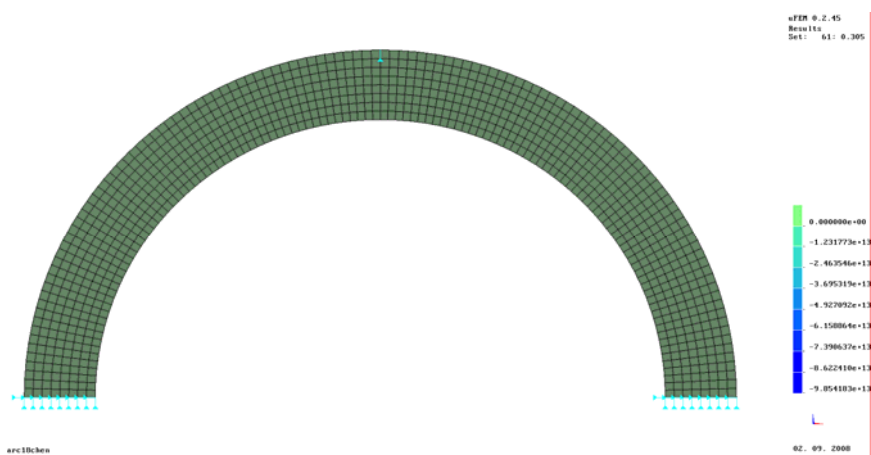
Obr. 6: Podrobný model zděného nosníku.



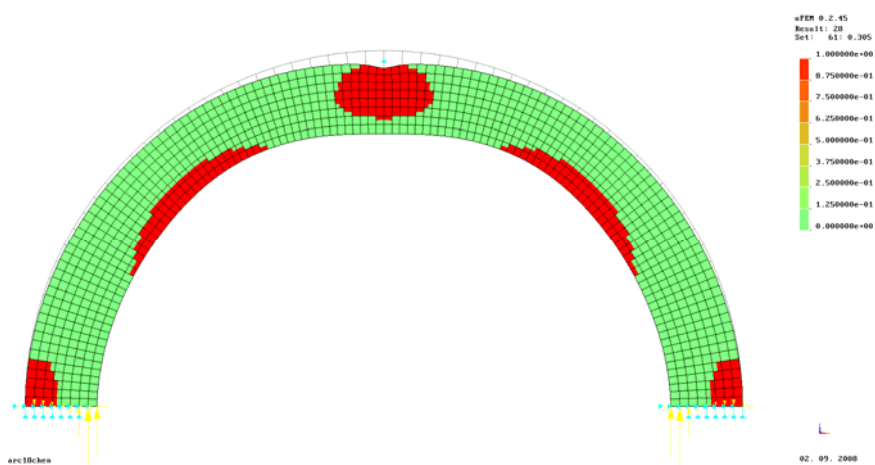
Obr. 7: Homogenizovaný model zděného nosníku.



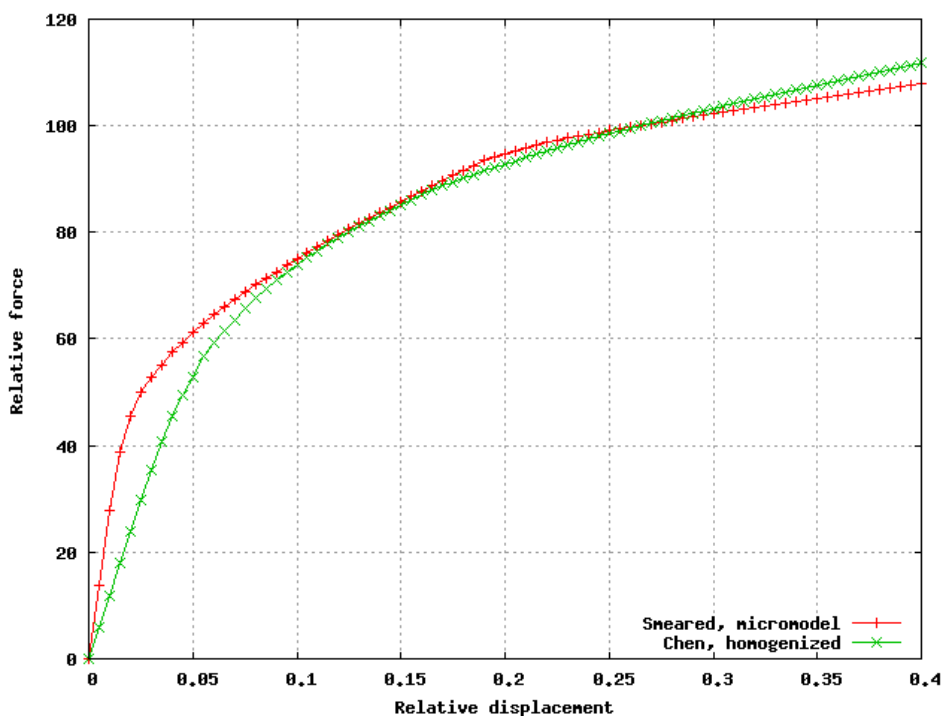
Obr. 8: Podrobný model oblouku.



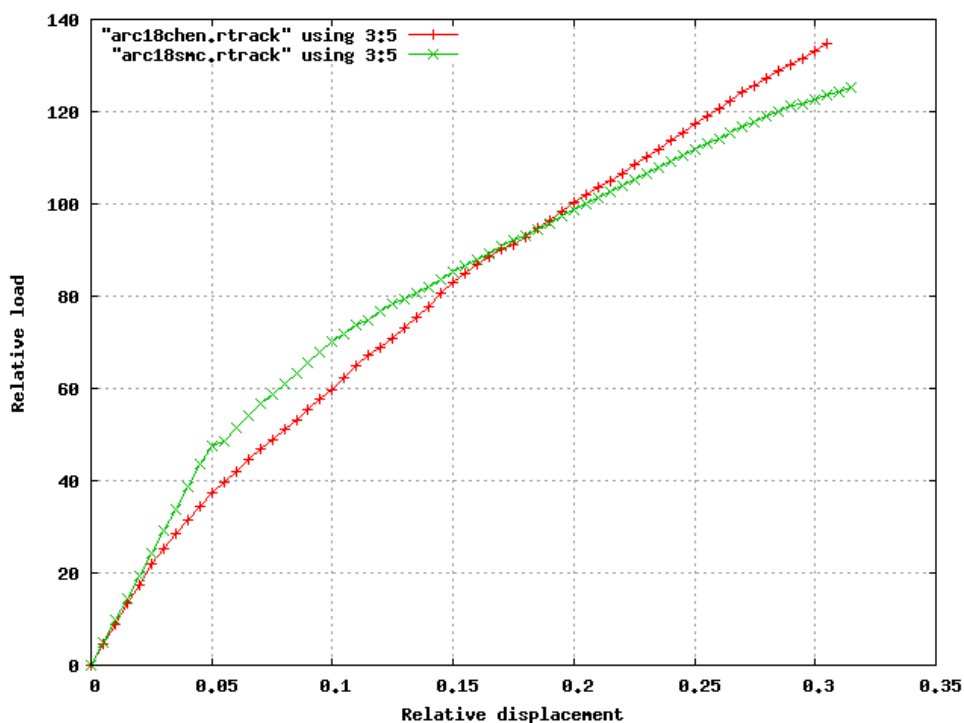
Obr. 9: Homogenizovaný model oblouku.



Obr. 10: Plastické oblasti na homogenizovaném modelu oblouku.



Obr. 11: Srovnání pracovních diagramů pro podrobný (Smeared) a homogenizovaný model nosníku.



Obr. 12: Srovnání pracovních diagramů pro podrobný a homogenizovaný model oblouku.

6 ZÁVĚRY

1. V příspěvku byl diskutován algoritmus stanovování homogenizovaným materiálových vlastností pro fyzikálně nelineární analýzu zděných konstrukcí. Algoritmus může být využíván při analýze rozsáhlejších celků zděných konstrukcí, především historických.
2. Diskutovaný postup může být dále zdokonalován. Kromě možnosti použití sofistikovanějších přístupů pro stanovování vstupních dat než je simulace Monte Carlo (náhradou by mohlo být například vhodné využití neuronových sítí) je prostor pro zlepšení především v oblasti homogenizovaného materiálového modelu. Použitý pružnoplastický přístup neposkytuje vhodné nástroje pro respektování anisotropie (případně ortotropie) materiálu, a proto by bylo vhodné ověřit možnosti použití pružnoplastických modelů využívajících například některé z modifikací Hillovy podmínky plasticity.

PODĚKOVÁNÍ

Práce byly podporovány ze státního rozpočtu České republiky prostřednictvím Grantové agentury ČR. Registrační číslo projektu je 103/06/P389.

LITERATURA

- [1] BAŽANT, Z. P., PLANAS J. Fracture and Size Effect in Concrete and Other Quasibrittle Materials, CRC Press, Boca Raton, 1998
- [2] BRDEČKO, L.: Modelování železobetonových deskostěnových konstrukcí s výztužnými žebry s uvažováním nelineárního chování materiálu, Disertační práce, FAST VUT v Brně, Brno, 2001
- [3] BITTNAR, Z., ŠEJNOHA, J.: Numerické metody mechaniky I., II., Vydavatelství ČVUT, Praha, 1992
- [4] ČERVENKA, V. Constitutive Model for Cracked Reinforced Concrete, ACI Journal, Titl.82, 1985
- [5] HAN, D. J., CHEN, W. H. Constitutive Modeling in Analysis of Concrete Structures, Journal of Engineering Mechanics. Vol. 113, No. 4, April, ASCE, 1987
- [6] CHEN, W. F., TING, E. C. Constitutive Models for Concrete Structures, Journal of the Engineering Mechanics Division ASCE, 1980
- [7] CHVOSTA, P., MATERNA, A. Některé modely chování betonu při rovinné napjatosti, Knihnice VUT v Brně, Brno, 1980
- [8] JIRÁSEK M., Z. P. BAŽANT "Inelastic Analysis of Structures", John Willey and Sons, Chichester, USA, 2002.
- [9] KUPFER H., HILSDORF H., RÜSCH H. Behaviour of Concrete Under Biaxial Stress, Journal ACI, Pro c. V.66, č. 8, 1969
- [10] OHTANI, Y., CHEN, W. F. Multiple Hardening Plasticity for Concrete Materials, Journal of the EDM ASCE, 1988
- [11] WITZANY, J., MENCL, V., WASSERBAUER, R., GREGEROVÁ, M., POSPÍŠIL, P., ČEJKA, T., ZIGLER, R., MATERNA, A., CIKRLÉ, P., BROŽOVSKÝ, J. Souhrnné ho dno cení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 - 2. část, Stavební obzor, 2005, vol. 14, 4, 97- 106.
- [12] ZIENKIEWICZ, O. C. The Finite Element Method in Engineering Science, McGraw-Hill, London, 1971

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Luděk Brdečko, Ph.D.

Petr JANAS¹, Martin KREJSA², Vlastimil KREJSA

**VÝVOJ METODY PDPV
A JEJÍ UPLATNĚNÍ V PRAVDĚPODOBNOSTNÍCH ÚLOHÁCH**

Abstract

The Direct Determined Fully Probabilistic Method (DDFPM) was developed as an alternative to Monte Carlo simulation procedure in case of probabilistic reliability assessment and was already presented by authors e.g. in the ASRANet 2006 and 2008 ([1] and [8]). Random input variables (e.g. loading, geometry, material properties or imperfections) are characterized by histograms which can be expressed by both non parametric histograms as well as continuous parametric distribution. A number of possible combinations of all random input parameters is equal to a product of a number of intervals in histogram of each involved random variable. This number of combinations may be high in case of large number of input variables leading to extreme number of combinations that cause high computer demand in case of DDFPM. Numeric algorithms are implemented in the ProbCalc program.

1 ÚVOD

Metoda Přímého Determinovaného Pravděpodobnostního Výpočtu (dále PDPV) byla původně vyvíjena jako alternativa aplikace metody Monte Carlo v pravděpodobnostních výpočtech při posuzování spolehlivosti konstrukcí. Vstupní náhodné veličiny (zatížení, geometrické a materiálové charakteristiky, imperfekce ad.) jsou při výpočtech vyjádřeny useknutými histogramy s parametrickým či neparametrickým rozdělením pravděpodobnosti a lze je vytvořit ze souborů dat získaných měřeními či pozorováními (např. [5]). Při pravděpodobnostních výpočtech dochází k vzájemnému kombinování všech vstupních náhodných veličin (teoretická podstata PDPV byla podrobně rozpracovaná v [1] a [2]). Počet možných kombinací je roven součinu tříd (intervalů) všech vstupních proměnných a u většího množství vstupních náhodných veličin je dosti značný. Tato skutečnost je v případě výpočtu pravděpodobnosti poruchy metodou PDPV příčinou zbytečné časové náročnosti, berou-li s v úvahu např. i kombinace, které se na vzniku poruchy nepodílejí ([10]). Za účelem snížení počtu výpočetních operací byly vyvinuty algoritmy, které vedou k numerickému řešení integrálu formálně definujícího pravděpodobnost poruchy při větším počtu náhodných proměnných:

$$p_f = \int_{D_f} f(X_1, X_2, \dots, X_n) dX_1, dX_2, \dots, dX_n, \quad (1)$$

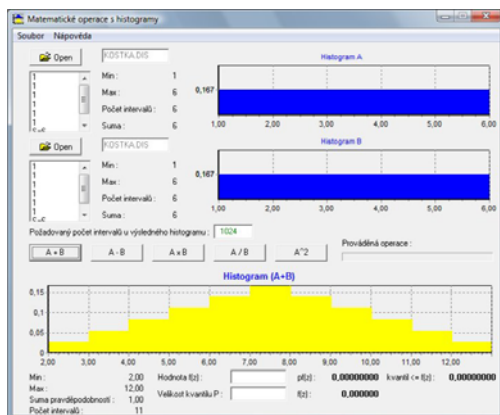
kde D_f představuje funkci sdružené hustoty pravděpodobnosti náhodných veličin v oblasti poruchy, kde je funkce spolehlivosti $g(X) \leq 0$. Uvedené algoritmy byly postupně implementovány do výpočetního systému ProbCalc ([9]), který je vyvíjen od roku 2004. Uvedený příspěvek by rád zmapoval jeho vývoj, zaměřil se na jeho současné výpočetní možnosti a zdůraznil možné cesty jeho dalšího rozvoje.

¹ Doc. Ing. Petr Janas, CSc., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 308, e-mail: petr.janas@vsb.cz.

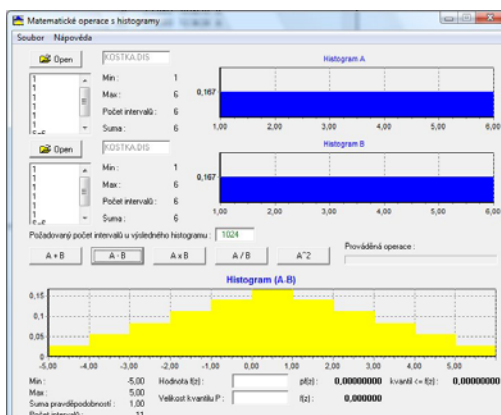
² Ing. Martin Krejsa, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 303, e-mail: mar-tin.krejsa@vsb.cz.

2 APLIKACE, PŘEDCHÁZEJÍCÍ PROGRAMOVÉMU SYSTÉMU PROBCALC

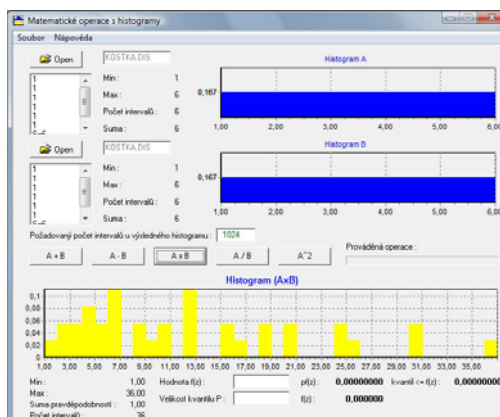
První zárodky metody PDPV se začaly rodit na přelomu let 2002 a 2003, kdy se autoři snažili nahradit simulační techniku Monte Carlo využívající generátor pseudonáhodných čísel (např. metoda SBRA, [19]) přímým numerickým řešením, které při sestavování vhodného algoritmu výpočtu vychází čistě z principů matematické teorie pravděpodobnosti a statistiky.



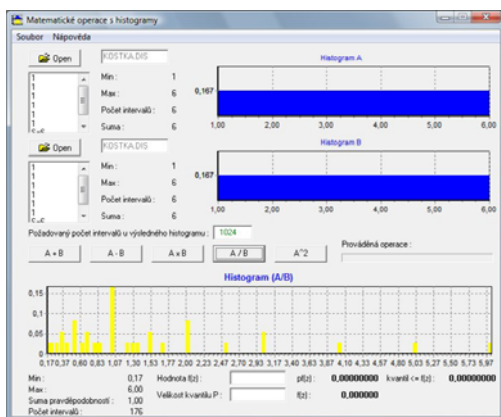
Obr. 1: Výpočet rozdělení pravděpodobnosti součtu čísel, která budou vržena ve dvou po sobě jdoucích hodech kostkou



Obr. 2: Výpočet rozdělení pravděpodobnosti rozdílu čísel, která budou vržena ve dvou po sobě jdoucích hodech kostkou

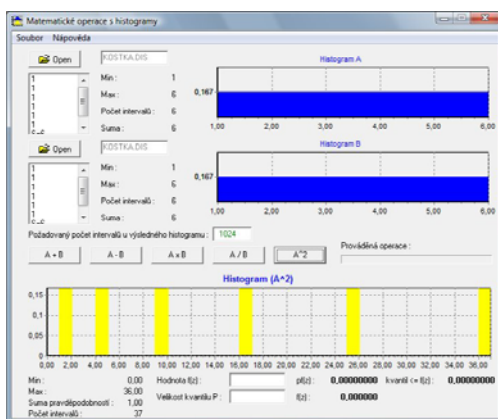


Obr. 3: Výpočet rozdělení pravděpodobnosti součinu čísel, která budou vržena ve dvou po sobě jdoucích hodech kostkou



Obr. 4: Výpočet rozdělení pravděpodobnosti podílu čísel, která budou vržena ve dvou po sobě jdoucích hodech kostkou

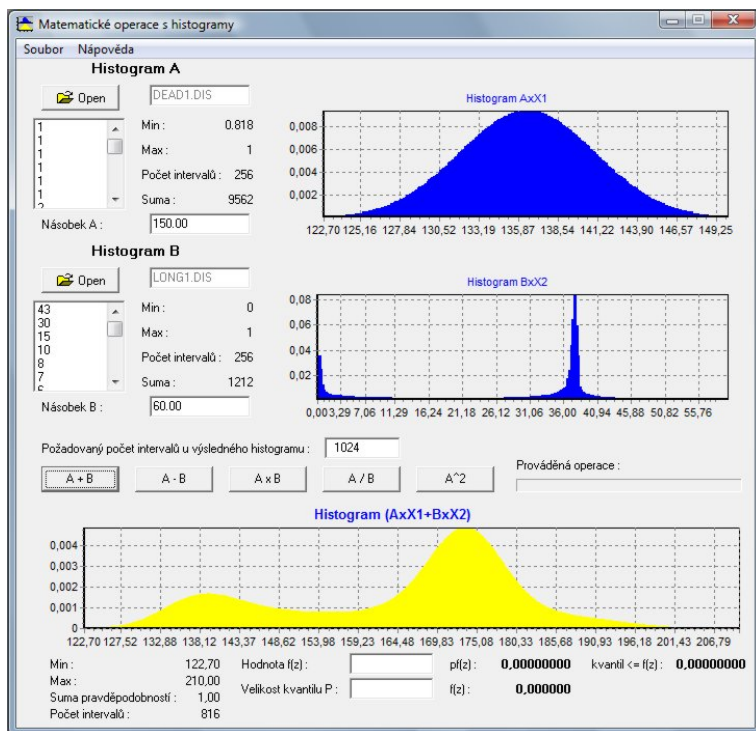
Jako optimální příklad pro demonstraci fungování navrženého algoritmu posloužil elementární náhodný experiment hodu hrací kostkou, jež se v literatuře často využívá k demonstračním účelům. Lze při něm totiž jednoznačně stanovit prvky základního prostoru tohoto náhodného experimentu, které tvoří elementární náhodné jevy E_1 (padne číslo 1, $E_1=\{1\}$), E_2 (padne číslo 2, $E_2=\{2\}$), E_3 (padne číslo 3, $E_3=\{3\}$), E_4 (padne číslo 4, $E_4=\{4\}$), E_5 (padne číslo 5, $E_5=\{5\}$) a E_6 (padne číslo 6, $E_6=\{6\}$). Výsledky tohoto náhodného pokusu tedy představují náhodné jevy E_1 až E_6 , u nichž lze zavést i některé číselné funkce jako je např. pravděpodobnost jejich výskytu. S jejich využitím je pak možno s prvky základního prostoru provádět i jednoduché matematické výpočty, jako jsou např. základní aritmetické operace jejich součtu, rozdílu, součinu, podílu či druhé mocniny. Výsledná rozdělení pravděpodobnosti jednotlivých aritmetických úkonů pak lze získat fundamentálním ručním výpočtem, lze jej i jednoduše aplikovat v některém z dostupných vývojářských prostředí, např. v Borland Delphi, a získat tak histogram pravděpodobnosti výsledku dané matematické operace (obr.1 až 5).



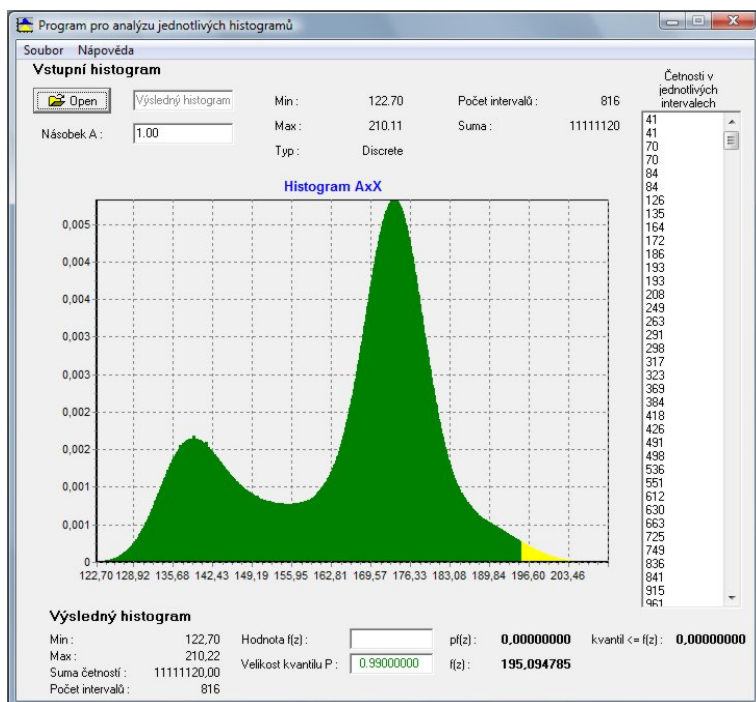
Obr. 5: Výpočet rozdělení pravděpodobnosti druhé mocniny čísla vrženého v 1 hodu kostkou

2.1 Kombinace zatížení

Program, jehož pracovní plocha je zobrazena na obr.1 až 5, slouží pro jednoduché operace se dvěma histogramy. Byl postupně zdokonalován a dnes je k dispozici pod označením HistOp (operace s histogramy, viz kap.3.2). S jeho využitím lze tedy pracovat s jakýmkoliv histogramy, tedy např. s dvojicí stálého a dlouhodobého nahodilého zatížení (obr.6). Zde se objevuje další úprava výpočtového algoritmu, kdy oba zadané histogramy (trvání daného zatížení v čase – rozmezí 0..1) jsou nejprve vynásobeny extrémní hodnotou daného zatížení. U vypočteného histogramu pak lze provádět detailnější analýzu – např. stanovení hodnoty výsledné veličiny, která odpovídá zadanému kvantilu (obr.7). V případě stanoveného 95% kvantilu u kombinace obou zatížení tak lze získat velikost zatížení, které bude překročeno pouze v 5% všech možných případech. Program, který jehož pracovní plocha je zobrazena na obr.7 byl v průběhu let 2003 až 2008 dále vyvíjen a dnes je rozšířen pod označením HistAn (analýza histogramu, viz kap.3.1).



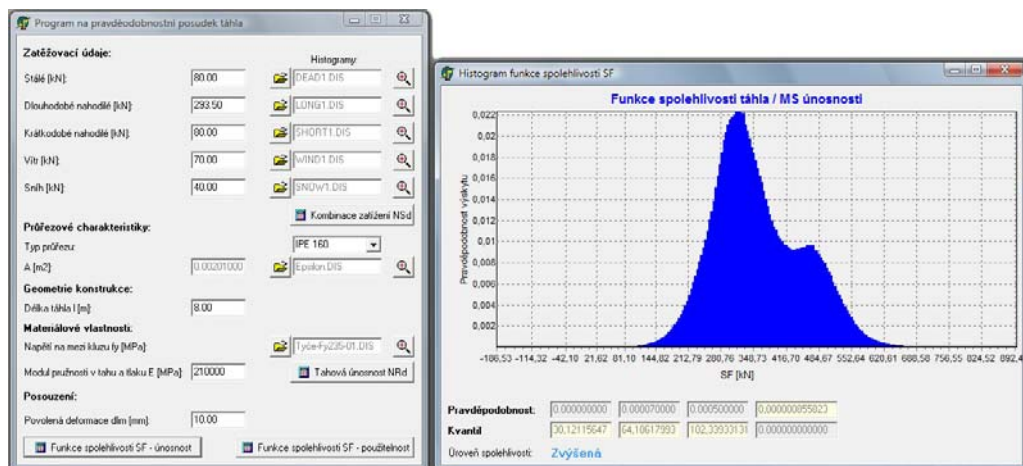
Obr. 6: Histogram vzniklý kombinací stálého a dlouhodobého nahodilého zatížení



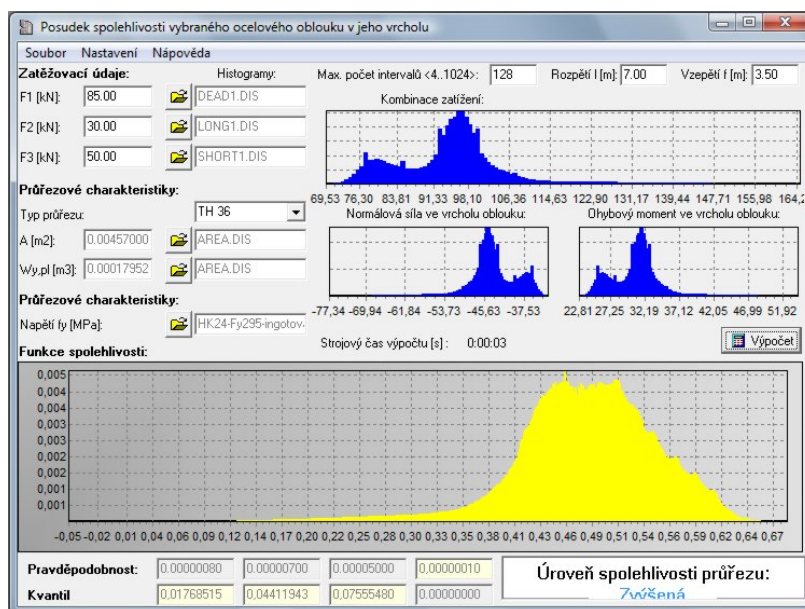
Obr. 7: Detailní analýza vypočteného histogramu – stanovení 95% kvantilu kombinace stálého a dlouhodobého nahodilého zatížení

2.2 Posudek spolehlivosti průřezu

Výše uvedené postupy pro matematické operace s histogramy byly rovněž aplikovány při posudku spolehlivosti průřezu. Na obr.8 je zobrazena pracovní plocha programu pro posudek spolehlivosti táhla, jehož funkce spolehlivosti je uvedena v pravé části obrázku. Ukázka aplikace pro posuzování spolehlivosti kritického průřezu oboustranně vetknutého parabolického oblouku, zatíženého ve vrcholu soustavou tří svislých osamělých břemen je pak zobrazen na obr.9. V těchto případech se metoda PDPV ukázala jako velice jednoduše aplikovatelná a efektivní, neboť v těchto jednoduchých pravděpodobnostních výpočtech dosahoval strojový čas výpočtu v porovnání s metodou Monte Carlo minimálních hodnot (blíže viz jedny z prvních publikací, zabývajících se PDPV – [17] a [18]).



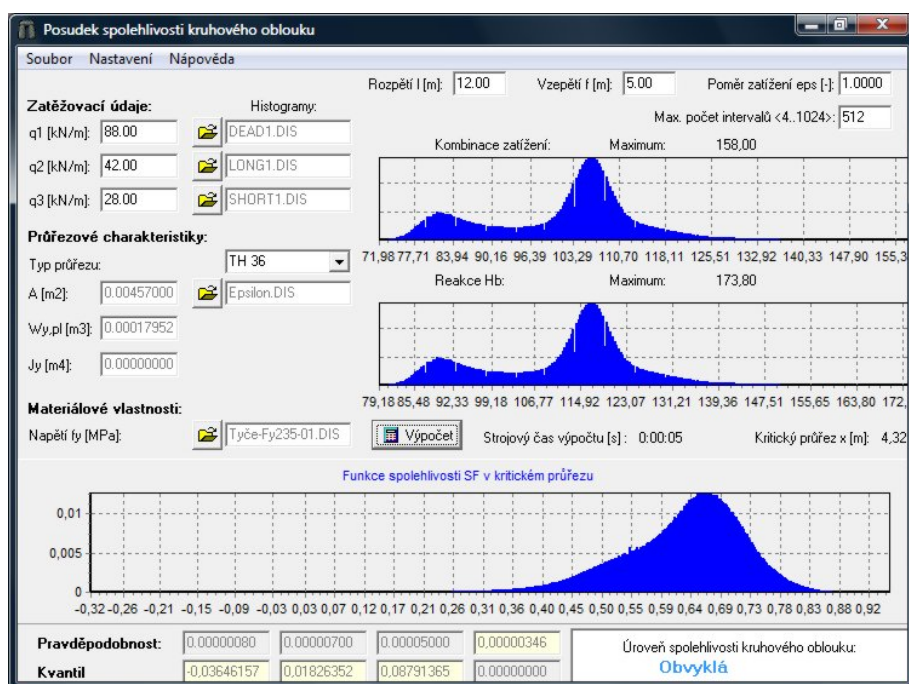
Obr. 8: Posudek spolehlivosti osově namáhaného průřezu



Obr. 9: Posudek průřezu namáhaného ohybem a prostým tlakem – ve vrcholu oblouku parabolického oblouku

2.3 Posudek spolehlivosti systému

Pravděpodobnostní výpočty složitějších úloh se ukázaly být náročné technicky i časově. Rozhodujícím faktorem je zejména počet náhodných proměnných vstupujících do úlohy a počty zvolených intervalů (tříd) každé náhodné proměnné. Pro zkoumané úlohy byl počet proměnných vždy jednoznačně stanoven, přičemž počet intervalů (tříd) každé proměnné zůstal volitelný. Tato hodnota by měla být zvolena s ohledem na zvládnutelnou dobu výpočtu. Za předpokladu, že přesnost výpočtu s počtem intervalů roste, pak lze stanovit optimální hodnotu počtu intervalů, která by již neměla mít významný vliv na výsledek. Tyto závěry byly publikovány např. v [16] a poprvé se zde hovoří o optimalizaci pravděpodobnostního výpočtu. Pro demonstrování uvedených závěrů tehdy posloužil příklad posudku spolehlivosti kruhového dvoukloubového oblouku, zatíženého rovnoměrným spojitým vodorovným i svislým zatížením, kdy byl poprvé proveden posudek konstrukce jako systému (viz obr.10). Účinek zatížení v posuzovaném kritickém průřezu N_{Sd} , M_{Sd} byl stanoven silovou metodou s použitím numerické integrace bez uvažování vlivu normálových sil. Metoda PDPV se ukázala velice efektivní i ve spojení s metodami numerické matematiky, používaných v úlohách stavební mechaniky.

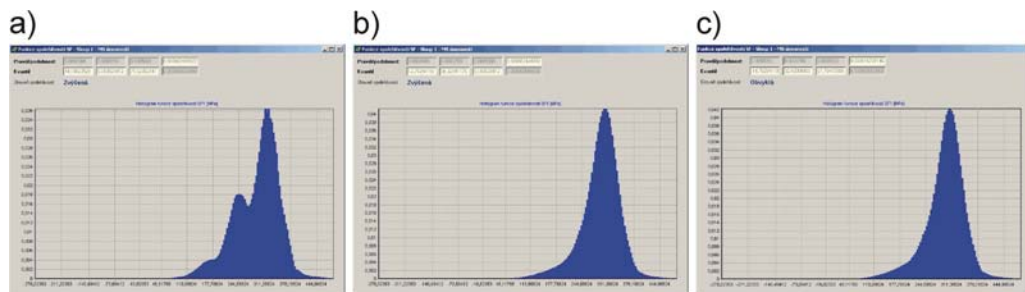


Obr. 10: Posudek kruhového oblouku jako systému

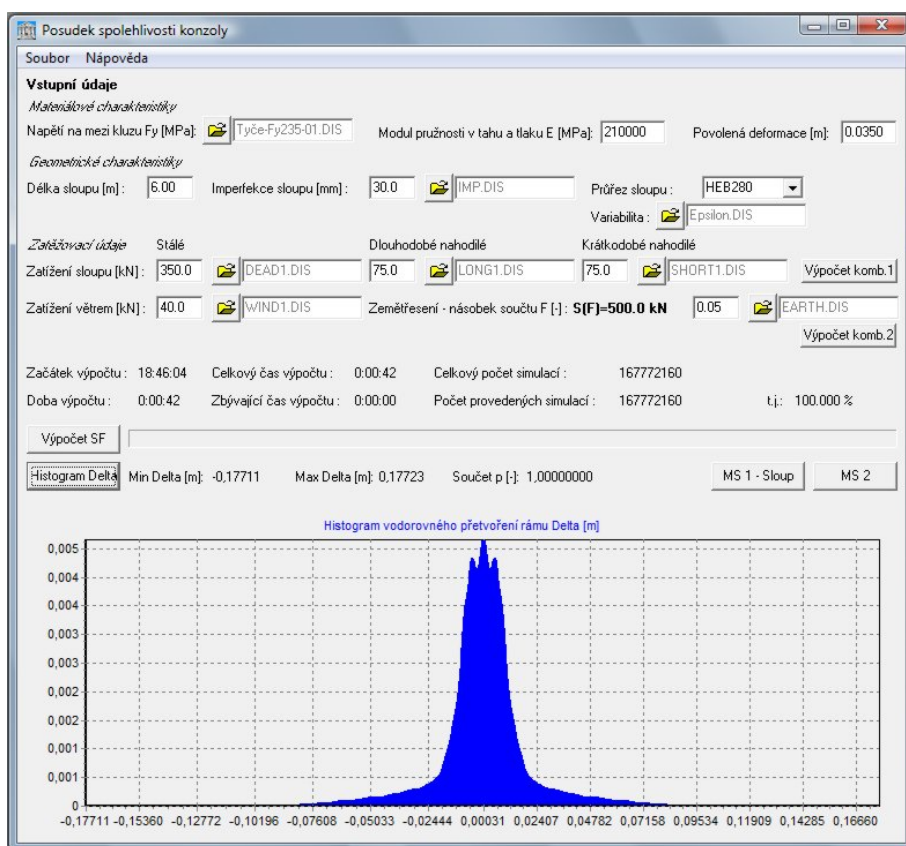
2.4 Úlohy s velkým počtem vstupních náhodných veličin

Detailní zpracování možných postupů snižujících časovou náročnost bylo provedeno nejprve v případě posudku spolehlivosti 1x staticky neurčeného rámu z [12] a [13], jež sestával z 25 vstupních náhodných veličin (zatížení, materiálové a průřezové charakteristiky, počáteční imperfekce). Významným faktorem se ukázalo být zejména snižování intervalů (tříd) histogramů vstupních veličin, jež dalo základ tzv. intervalové optimalizaci. Dalším efektivním krokem se stalo tzv. grupování vstupních a výstupních veličin, které mohou ve výpočtu figurovat společně a lze pro ně zpracovat společný histogram (využívá se komutativní a asociativní zákon při operacích s náhodnými vstupními veličinami, nelze použít zákon distributivní). Ukázka z obr.11 ukazuje histogram funkce spolehlivosti

pro mezní stav únosnosti v kritickém průřezu sloupu. Je zde zřejmý vliv počtu intervalů (tříd) grupy, kterou tvoří kombinace bočních účinků zatížení větrem a zemětřesením.



Obr. 11: Posudek rámu s mnoha nahodilými vstupními veličinami - histogram funkce spolehlivosti ve vetknutí sloupu 1 při posudku dle mezního stavu únosnosti. Použity histogramy pro zatížení větrem a zemětřesení a) s 9 intervaly, b) s 52 intervaly, c) s 256 intervaly.



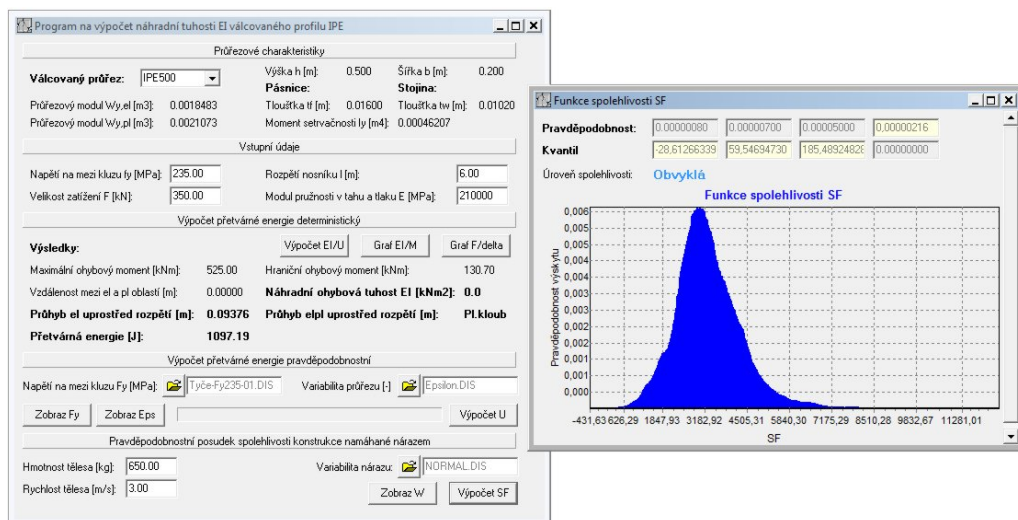
Obr. 12: Posudek konzoly s osmi nahodilými vstupními veličinami - histogram vodorovného přetvoření. Aplikace prohloubila znalosti o vlivu počtu intervalů na strojový čas výpočtu při zachování korektnosti řešení a položila základ tzv. intervalové optimalizaci.

V případě posudku spolehlivosti konzoly z [10] došlo kromě zdokonalení intervalové optimalizace rovněž v ukázce další možnosti zrychlení pravděpodobnostního výpočtu. Hovoří se o tzv. Zónové optimalizaci, jejíž podstatou je omezení pravděpodobnostního výpočtu pouze na intervaly (tří-

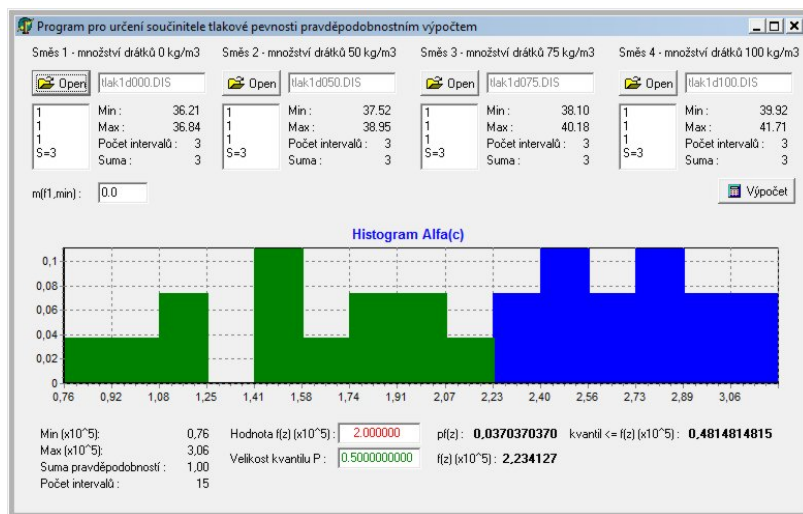
dy) vstupních veličin, které se na výsledné pravděpodobnosti poruchy podílejí. Redukce těchto intervalů účinně vede k dalšímu snížení počtu intervalů, kdy přesnost výpočtu je zcela zachována. V příspěvku [10] bylo rovněž provedeno srovnání přesnosti výpočtů dostupnými pravděpodobnostními metodami i jejich efektivity – strojového času.

2.5 Speciální aplikace

Vedle studií, jež vedly k prohloubení znalosti optimálního mechanismu fungování metody PDPV byla vyvinuta řada aplikací se speciálním uplatněním. Vedle pravděpodobnostního posudku konstrukce vystavené nárazu s využitím pružno-plastického chování materiálu (obr. 13, [15]) se jedná i o studii stanovení materiálových charakteristik drátkobetonu s využitím naměřených hodnot (obr.14, [14]).

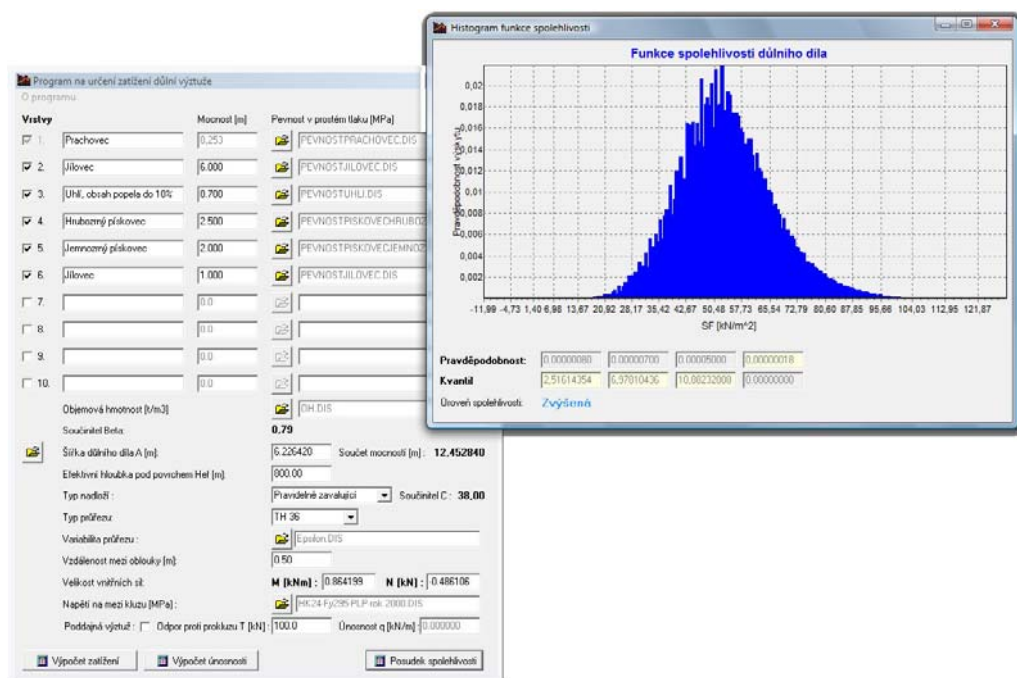


Obr. 13: Posudek spolehlivosti jednoduché nosné konstrukce vystavené nárazu



Obr. 14: Aplikace PDPV při stanovení materiálových charakteristik drátkobetonu s využitím naměřených hodnot

V práci [11] se pak prohlubuje problematika uplatnění pravděpodobnostních metod v geomechanice, kdy byl nejprve proveden pravděpodobnostní posudek nepoddajné důlní obloukové výztuže. U poddajné důlní obloukové výztuže je posudek složitější, neboť únosnost je u ní dána nejen dosažením mezního stavu ve výztuži, ale také odporem proti prokluzu, který její únosnost limituje, což bylo v aplikaci metody PDPV zohledněno. Pravděpodobnostní posudek obou typů obloukové výztuže pak byl proveden pro konkrétně stanovené horninové poměry nad důlním dílem (obr.15).



Obr. 15: Posudek spolehlivosti důlní obloukové výztuže

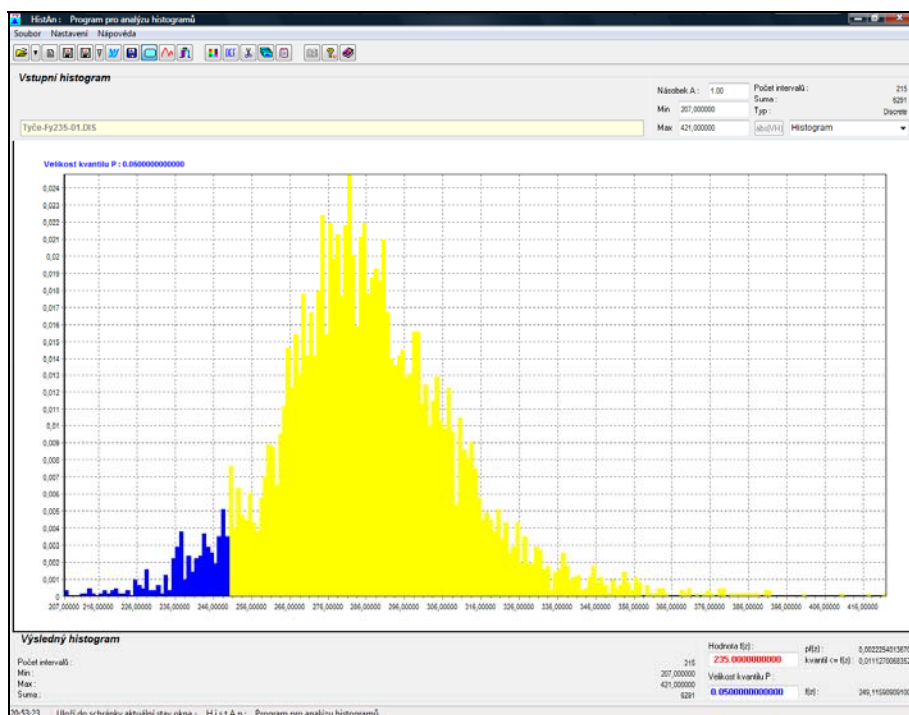
3 VÝPOČETNÍ MODULY PROGRAMOVÉHO SYSTÉMU PROBCALC A JEJICH UPLATNĚNÍ V TECHNICKÉ PRAXI

Postupem času vyvstala potřeba softwarového produktu, jež by umožnil univerzálně definovat jakýkoliv matematický model pravděpodobnostního výpočtu metodou PDPV. Výsledkem se stal programový systém ProbCalc, jež sestává ze tří samostatných výpočetních modulů.

3.1 Program HistAn

Programový nástroj HistAn slouží k podrobnější analýze vstupních histogramů (viz obr.16, [5]). S jeho pomocí lze získat základní charakteristiky histogramu – minimum a maximum funkční hodnoty (okrajové hranice histogramu), počet intervalů a četnosti v nich definované. Lze provádět jednoduché výpočty – stanovení funkční hodnoty s odpovídajícím kvantilem i operaci inverzní – stanovení kvantilu pro zadanou funkční hodnotu proměnné. Rovněž lze provádět určení kombinace několika vstupních histogramů a tzv. sumárního histogramu, kterého lze využít pro výpočty s tzv. větrnou růžicí. V neposlední řadě lze v programu sestavit parametrické rozdělení se zadáním 2 parametrů - střední hodnoty a směrodatné odchylky. Uživatel si může vybrat se seznamu dvou desítek nejrozšířenějších typů parametrických rozdělení. Histogramy s parametrickým či neparametrickým rozdělením lze vytvořit i na základě naměřených dat, jež jsou statisticky vyhodnoceny a zařazeny do tříd. V případě parametrických rozdělení je na základě koeficientu těsnosti pro zvolená data doporučen nejvhodnější typ parametrického rozdělení.

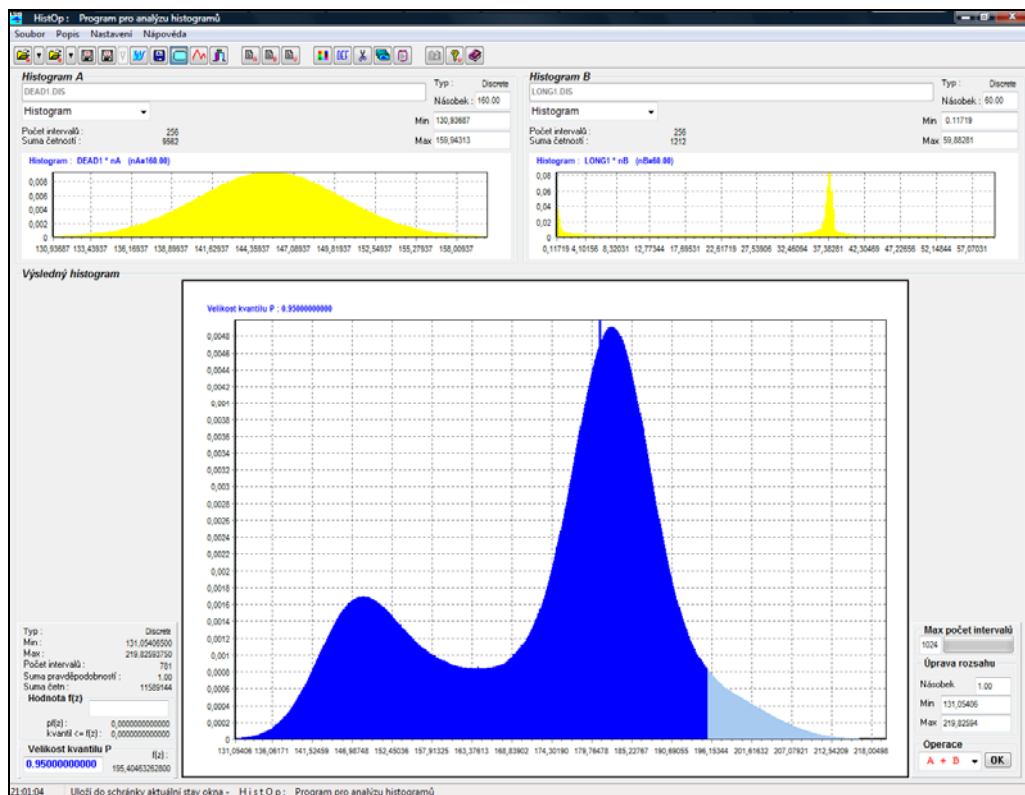
Samozřejmostí jsou běžné uživatelské operace – nastavení pracovního prostředí dle představ uživatele, ukládání výsledného histogramu v numerické i grafické podobě a funkce umožňující export výsledných entit např. do textového editoru.



Obr. 16: Pracovní plocha programu HistAn

3.2 Program HistOp

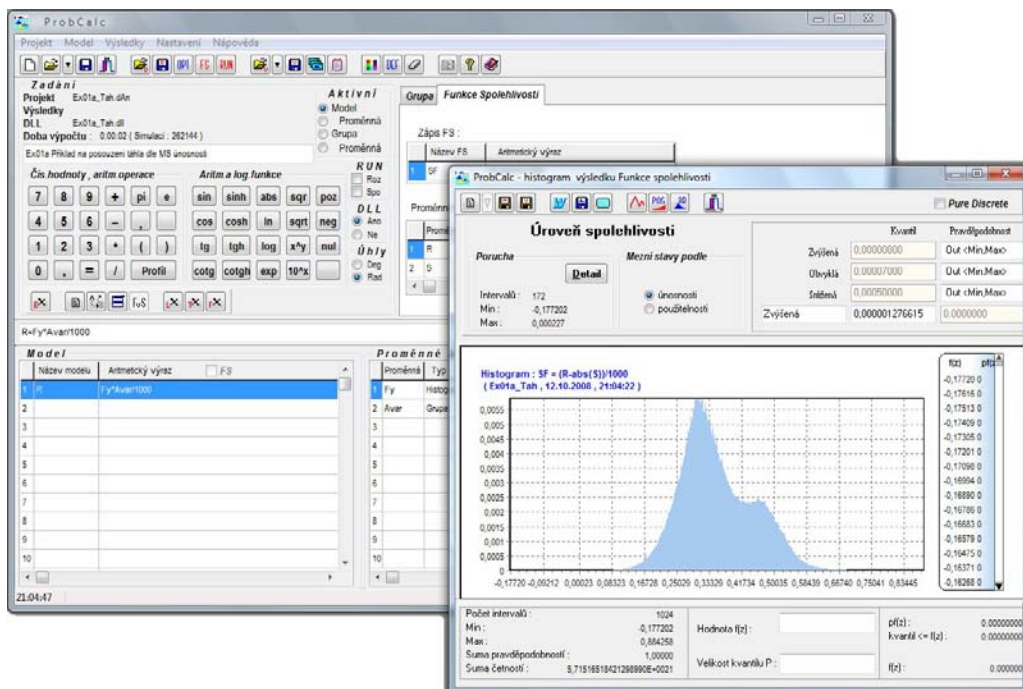
S histogramy je možno provádět základní matematické operace. Např. v případě kombinování zatížení se z těchto matematických úkonů využívá zejména sčítání histogramů jednotlivých typů zatížení (kap.2.1). Pro provádění základních aritmetických operací s histogramy byl vytvořen programový prostředek HistOp (viz obr.17), který umožňuje s dvojicí histogramů provádět následující aritmetické operace: součet, rozdíl, součin a podíl obou histogramů, druhou mocninu a absolutní hodnotu prvního z histogramů.



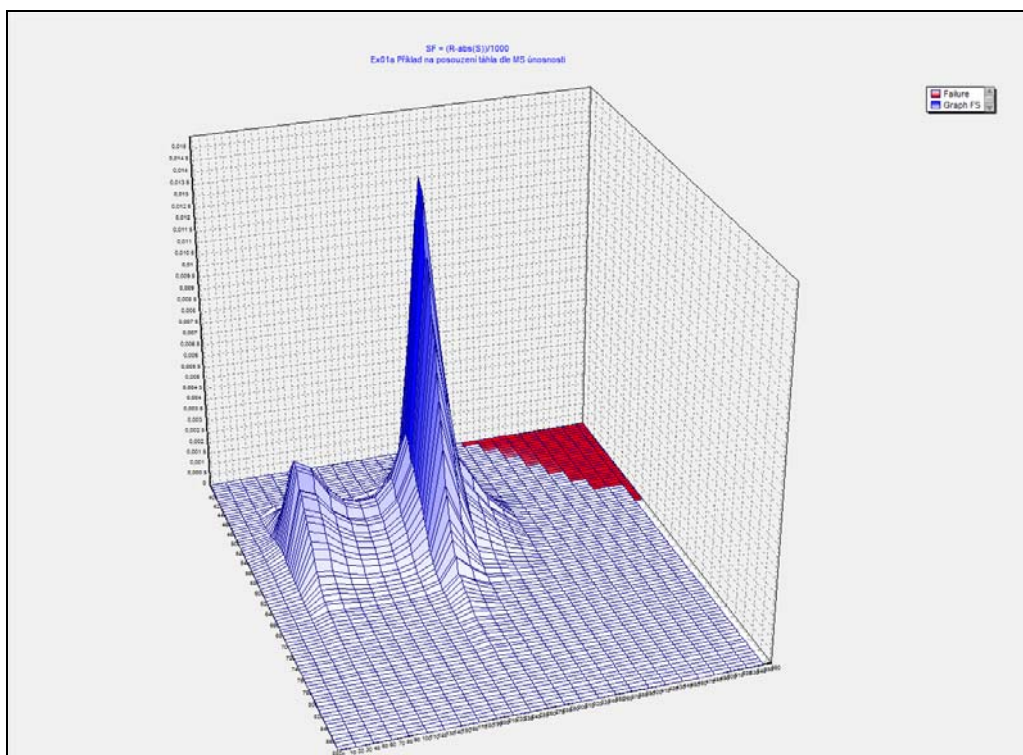
Obr. 17: Pracovní plocha programu HistOp

3.3 Program ProbCalc

V běžné projekční praxi je však s histogramy potřebné provádět daleko složitější operace. Principiálně se však jedná stále o tytéž výpočetní postupy, jde jen o vytvoření účinného výpočetního nástroje, kde by uživatel byl schopen zadat výpočtový model – např. v textové podobě. Z tohoto důvodu byl vyvinut program ProbCalc (viz obr.18), který umožňuje provádět zejména zadání matematického modelu v textové podobě formou tzv. kalkulačky, ale zároveň i formou dynamické knihovny (DLL soubor), která umožňuje definování podstatně rozsáhlejšího výpočetního modelu a také rychlejší výpočet. K zajímavostem programu patří mj. i možnost 3D zobrazení analyzované funkce spolehlivosti (obr.19).



Obr. 18: Pracovní plocha programu ProbCalc



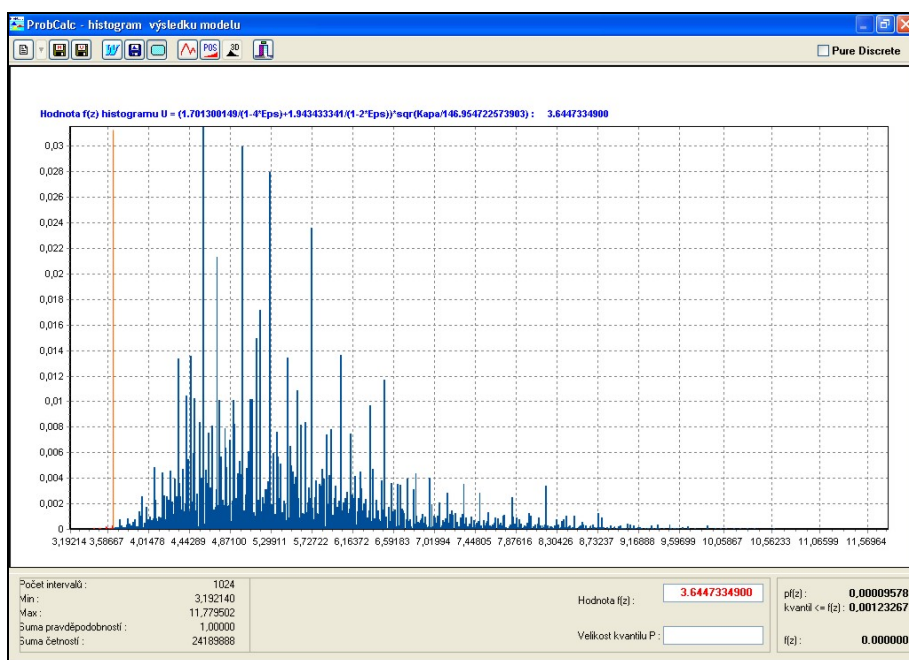
Obr. 19: 3D zobrazení funkce spolehlivosti v programu ProbCalc

V programu ProbCalc byly implementovány všechny možnosti předchozích programových prostředků. Pozornost byla věnována zejména tzv. optimalizačním krokům (intervalová, zónová a tzv.trendová, kdy se sleduje trend vlivu dané vstupní veličiny na výslednou pravděpodobnost poruchy), které umožňují výrazné snížení tzv. simulačních kroků a tudíž i strojového času výpočtu. Počet operací v PDPV je při větším počtu vstupních náhodných veličin a při uvážení všech možných kombinací dosti značný. Dalším ze způsobů snížení časové náročnosti řešených pravděpodobnostních úloh je také jejich paralelizace. Výpočetní operace probíhající při řešení složitějších úloh (např.[20]) metodou PDPV lze totiž snadno upravit tak, aby probíhaly paralelně, což bylo rovněž implementováno do programu ProbCalc. Má-li využívaný počítač dva případně více procesorů, pak lze tímto způsobem dobu výpočtu podstatně zkrátit.

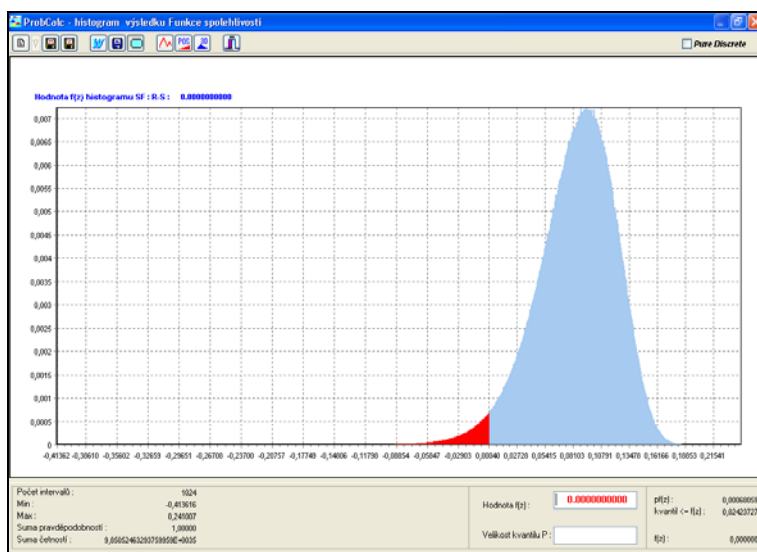
Při posuzování spolehlivosti konstrukcí některými pravděpodobnostními metodami (např. SBRA, PDPV) vstupují do výpočtu většinou nezávislé náhodné veličiny. Některé vstupní veličiny jsou však zcela statisticky závislé - například průřezové charakteristiky nebo částečně také pevnostní a přetvárné charakteristiky materiálů. Proměnlivé a statisticky závislé veličiny pak lze ve výpočtech metodou PDPV zadávat pomocí nezávislých veličin zadaných např. formou histogramů. Tato problematika pro průřezové charakteristiky byla řešena např. v [7], kde je uveden způsob zadávání průřezových charakteristik pomocí nezávislých histogramů, což bylo aplikováno na příkladech i s porovnáním s jinými zjednodušenými postupy zadávání průřezových charakteristik.

3.4 Využití programu ProbCalc pro speciální výpočty

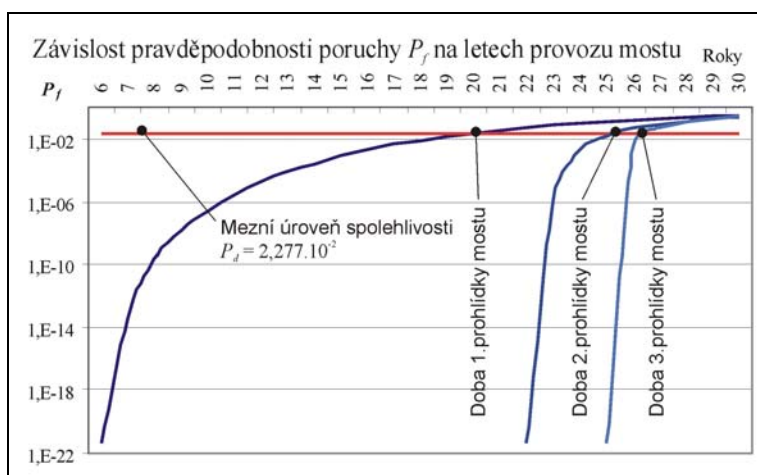
Programový systém ProbCalc umožňuje bohaté uplatnění v technické praxi. Problematika pravděpodobnostních geomechanických výpočtů byla rozšířena v [6], kdy na základě studia chování ocelové obloukové výztuže při aktivním zatížení s přihlédnutím k jejím prokluzovým vlastnostem byla stanovena přetvárné energie pravděpodobnostním způsobem (obr.20).



Obr. 20: Histogram přetvárné energie pro rovnocenný poměr bočního a svislého zatížení



Obr. 21: Histogram funkce spolehlivosti G_{fail} po 20 letech provozu mostu



Obr. 22: Závislost pravděpodobnosti poruchy P_f na letech provozu mostu a stanovení doby prohlídek mostu

V [3] a [4] byla detailně zpracovaná metodika pravděpodobnostního posuzování mostní konstrukce namáhané únavovými jevy. Na základě pravděpodobnostního výpočtu metodou PDPV pak lze stanovit pravděpodobnosti pro základní jevy, související s růstem únavové trhliny v mostní konstrukci, které mohou nastat v libovolném čase t životnosti konstrukce. Tyto pravděpodobnosti jsou výchozím podkladem pro určení dalších prohlídek mostu s využitím podmíněné pravděpodobnosti, kdy na základě analýzy funkce spolehlivosti pro každý rok provozu mostní konstrukce (např. obr. 21) jsou stanoveny časy prohlídek (obr. 22).

4 DALŠÍ VÝVOJ METODY PDPV, ZÁVĚRY

V příspěvku bylo poukázáno na vývoj metody PDPV ve spojení s vyvíjenými programovými prostředky, které jsou již v současné době schopny řešit řadu pravděpodobnostních výpočtů. Do vyví-

jeného SW byla implementována řada optimalizačních postupů, které do značné míry pracují nezávisle na uživateli. Tyto kroky mají za cíl minimalizovat dobu výpočtu, neboť zmiňovaný algoritmus má jistá omezení daná zejména náročností rozsáhlých úloh, kdy počet simulací je velmi vysoký. V reálném čase lze při aplikaci PPDV určit pravděpodobnost poruchy při zachování korektnosti a dostatečné přesnosti řešení i u relativně náročných pravděpodobnostních úloh.

OZNÁMENÍ

Odlehčené verze programů HistAn, HistOp a ProbCalc jsou společně s uvedenými publikacemi k dispozici ke stažení na internetové adrese <http://www.fast.vsb.cz/pdpv>.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění Grantové agentury ČR, projekt 105/07/1265, a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS.

LITERATURA

- [1] Janas, P. - Krejsa, M. - Krejsa, V.: Current Possibilities of Direct Determined Fully Probabilistic Method (DDPFM). In *4th International ASRANet Colloquium*. Athens, Greece, 25.-27.6.2008. ISBN 978-0-9553550-2-8 (In English).
- [2] Janas, P.: Výpočet pravděpodobnosti poruchy metodou PDPV – teorie. In *Modelování v mechanice 2008*. Ostrava, 2008. pp 3-4 a text na CD (12 p). ISBN 978-80-248-1705-7 (In Czech).
- [3] Tomica, V. - Krejsa, M.: Možnost pravděpodobnostního výpočtu únavové trhliny metodou PDPV. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*. Řada stavební, číslo 1, rok 2007, ročník VII. pp.211-220. ISSN 1213-1962 ; ISBN 978-80-248-1661-6 (In Czech).
- [4] Tomica, V. - Krejsa, M.: Optimal Safety Level of Acceptable Fatigue Crack. In *5th International Probabilistic Workshop*. Ghent, Belgium, 28-29 November 2007. Edited by Luc Taerwe & Dirk Proske. ISBN 978-3-00-022030-2 (In English).
- [5] Janas, P. - Krejsa, M. - Krejsa, V.: Využití naměřených hodnot při řešení úloh Přímým determinovaným pravděpodobnostním výpočtem. In *6th International Conference on New Trends in Statics and Dynamics of Buildings*. Sborník mezinárodní konference, edited by: Norbert Jendželovský a Alžbeta Grmanová. Slovak University of Technology in Bratislava, 18.-19.10.2007. pp.1-4 a text na CD: ISBN 978-80-227-2732-7 (In Czech).
- [6] Janas, P. - Krejsa, M.: Pravděpodobnostní výpočet únosnosti a pružné deformační energie důlní obloukové výztuže. In *Modelování v mechanice 2007*. Ostrava, 2007. pp 41-42 a text na CD. ISBN 978-80-248-1330-1 (In Czech).
- [7] Randýsková, L. - Janas, P.: Pravděpodobnostní výpočty metodou PDPV se závislými náhodnými veličinami, Bratislava 2007.
- [8] Janas, P. - Krejsa, M. - Krejsa, V.: Structural Reliability Assessment Using Direct Determined Fully Probabilistic Calculation. In *International ASRANet Colloquium*. Glasgow, UK, 2006. ISBN 0-9553550-0-1 / 978-0-9553550-0-4 (In English). pp 8 and text on CD. ISBN 0-9553550-0-1 / 978-0-9553550-0-4.
- [9] Janas, P. - Krejsa, M. - Krejsa, V.: Aplikace přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu v programu ProbCalc. In *Sborník abstraktů VII. konference s mezinárodní účastí „Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stavebních konstrukcí“*, str. 31 a 32, 23. - 25. 11. 2005, Štrbské Pleso ISBN 80-7099-742-7, CD s příspěvky: ISBN 80-8073-404-6 (In Czech).

- [10] Janas, P. - Krejsa, M.: Analýza optimalizačních kroků přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu a jejich využití při posuzování spolehlivosti konstrukce. In *III. mezinárodní konference „Nové trendy v statice a dynamice stavebních konstrukcí“*, 21.-22. októb-
ra 2004, str. 247 až 254, Stavební fakulta STU v Bratislave, ISBN: 80-227-2116-6 (In Czech).
- [11] Janas, P. - Krejsa, M.: Pravděpodobnostní posudek spolehlivosti obloukové výztuže dlouhých
důlních děl. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*,
číslo 1, rok 2003, ročník III, řada stavební, str.45-55 (11 stran), ISBN: 80-248-0572-3, ISSN
1213-1962 (In Czech).
- [12] Janas, P. - Krejsa, M.: Příklad využití přímého determinovaného pravděpodobnostního řešení
v metodě SBRA. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ost-
rava*, číslo 1, rok 2003, ročník III, řada stavební, str.57-62 (6 stran), ISBN: 80-248-0572-3,
ISSN 1213-1962 (In Czech).
- [13] TeReCo: Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation - 2nd edition,
Background, Exercises and Software, Ed.: Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M., Tikalsky, P.,
ÚTAM AV ČR, Praha 2003, ISBN 80-86246-19-1, Chapter no.24.5: An Example. Using a Di-
rect Determined Probabilistic Solution in the Framework of SBRA Method (P. Janas, M. Krej-
sa), on CD, p.26 – 36, 11 pages (In English).
- [14] Janas, P. - Krejsa, M.: Pravděpodobnostní přístup k hodnocení drátkobetonových směsí. In
*Sborník referátů Mezinárodního symposia „Fibre Concrete and High Performance Concrete
2003“* (editoři Cigánek, J., Kurka, F.), str.211-217, 24.-26.9.2003, hotel Petr Bezruč v Male-
novicích, Beskydy, ISBN: 80-86604-08-X (In Czech).
- [15] Janas, P. - Krejsa, M. - Kološ, I.: Pravděpodobnostní posudek spolehlivosti konstrukce namá-
hané nárazem. In *Sborník příspěvků 2.mezinárodní konference Dynamics of Civil Engineering
and Transport Structures and Wind Engineering*, str.101-104, 19.-22.května 2003, Tale, hotel
Stupka, Slovensko, ISBN 80-8070-066-4 (In Czech).
- [16] Janas, P. - Krejsa, M.: Simulace spolehlivosti konstrukcí přímým pravděpodobnostním vý-
počtem. In *Proceedings of international conference: „New trends in statics and dynamics of
buildings“*, 24.-25.10.2002, Slovak university of technology in Bratislava, Faculty of civil en-
gineering, edited by J.Králik, ISBN 80-227-1790-8 (In Czech).
- [17] Janas, P. - Krejsa, M.: Numerický výpočet pravděpodobnosti užitím useknutých histogramů
při posuzování spolehlivosti konstrukcí. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské –
Technické univerzity Ostrava*, číslo 1, rok 2002, ročník II, řada stavební, str.47-58 (12 stran),
ISBN: 80-248-0397-6, ISSN 1213-1962 (In Czech).
- [18] Janas, P. - Krejsa, M.: Numerický výpočet pravděpodobnosti užitím useknutých histogramů.
In *III. ročník celostátní konference Spolehlivost konstrukcí* na téma: Cesty k uplatnění pravdě-
podobnostního posudku bezpečnosti, provozuschopnosti a trvanlivosti konstrukcí
v normativních předpisech a v projekční praxi, 10.4.2002 Dům techniky Ostrava, ISBN 80-02-
01489-8 (In Czech).
- [19] Marek, P., Guštar, M., Anagnos, T.: *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural
Engineers*, CRC Press Inc., Boca Raton, 1995, ISBN 0-8493-8286-6.
- [20] Králik, J.: Porovnanie efektívnosti pravdepodobnostných metód na riešenie spoľahlivosti kon-
štrukcií v MKP. In *IX. celostátná konference se zahraniční účastí „Spolehlivost konstrukcí“*,
14. a 15. dubna 2008 Praha, ISBN 978-80-02-02007-3.

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. Juraj Králik, Ph.D.

Petr KONEČNÝ¹

PŘESNOST ODHADU PRAVDĚPODOBNOSTI PORUCHY

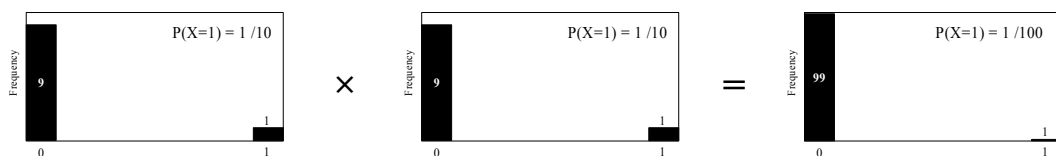
Abstrakt

Článek si klade za cíl ověřit počet simulací Monte Carlo nutných k dosažení dostatečně přesného odhadu pravděpodobnosti poruchy, veličiny nutné pro ověření inženýrské spolehlivosti stavebních konstrukcí aplikované např. v metodě SBRA [8]. V příspěvku je sledován vliv cílové pravděpodobnosti a vliv počtu histogramů na nutný počet simulací. Článek obsahuje doporučené hodnoty počtu simulačních kroků Monte Carlo.

Výsledky získané simulací Monte Carlo jsou porovnány s výsledky získanými numerickou integrací, a to za pomoci Přímého determinovaného pravděpodobnostního přístupu (PDPV) [4].

1 ÚVOD - PRAVDĚPODOBNOST PORUCHY JAKO NÁHODNÁ VELIČINA

Analyzujeme-li inženýrskou spolehlivost simulačními nástroji typu Monte Carlo, které užívají pro odhad pravděpodobnosti poruchy generátory náhodných čísel, je nutné i na výslednou pravděpodobnost pohlížet jako na náhodnou veličinu (viz např. [15], [14], [3] a [13]). Což je možno ukázat za pomoci simulace na jednoduchém příkladě součinu dvou histogramů.



Obr. 1: Součin dvou histogramů $RF = X_1 \times X_2$

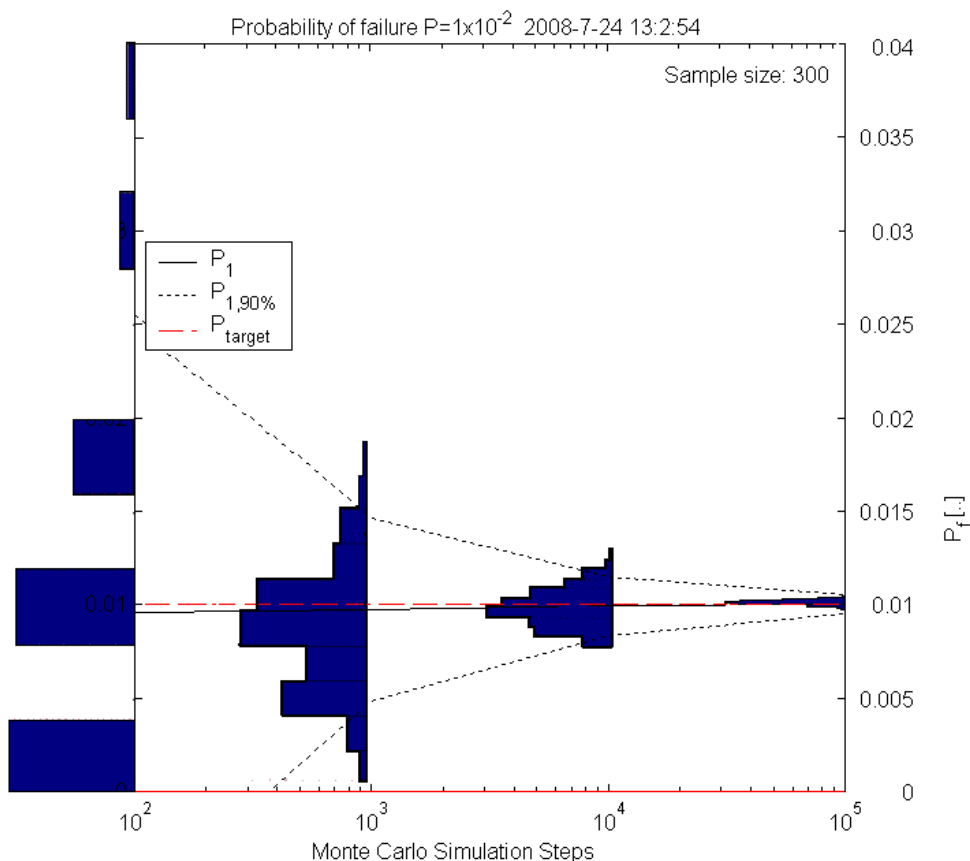
Pravděpodobnost výskytu hodnoty 1 ve výsledném součinu RF je rovna $1/100$ jak lze rovněž nahlédnout níže.

$$P(RF = 1) = P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 1) = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{100} \quad (1)$$

Budeme-li hledat výsledné řešení metodou Monte Carlo, dostaneme přesný výsledek při počtu simulací blížících se nekonečnu. Následující graf na Obr. 2 zobrazuje rozdělení pravděpodobnosti poruchy v závislosti na počtu simulačních kroků. Pravděpodobnost poruchy pro každý z hledaných počtů simulací je vypočtena 300krát. Na základě souboru 300 hodnot je vytvořeno příslušné rozdělení pravděpodobnosti výskytu pravděpodobnosti poruchy. Je patrné, že tvar histogramu se blíží normálnímu rozdělení při více jak desetinásobku $1/P_f$ (od 1000 simulačních kroků). Na základě Gaussova rozdělení je možno určit konfidenční interval výskytu výsledků simulací – pravděpodobností poruchy. Výpočet konfidenčního intervalu bude následovat v další části.

Na grafu je vyznačena jak cílová pravděpodobnost $P_{\text{target}} = 0.01$, tak průměr získaných pravděpodobností P pro určitý počet simulací. Je zde rovněž zobrazen konfidenční interval do kterého by mělo padnout 90 procent odhadovaných pravděpodobností za předpokladu normality rozdělení. Jedná se tedy o vyznačení intervalu o tzv. 90–procentní úrovni spolehlivosti.

¹ Ing. Petr Konečný, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 384, e-mail: petr.konecny@vsb.cz.



Obr. 2: Pravděpodobnost poruchy P_f jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo (exaktní pravděpodobnost poruchy $P_f = 1/100$)

1.1 Chyba odhadu pravděpodobnosti poruchy

Odhad nutného počtu simulací přímou metodou Monte Carlo je možno dle [15], [14] a [3] odvodit na základě předpokladu, že pravděpodobnost poruchy P_f je rovněž náhodná veličina o normálním rozdělení. Pro náhodnou veličinu P_f vypočtenou na základě souboru N simulací Monte Carlo lze stanovit konfidenční interval $[-\varepsilon; \varepsilon]$ (2) pro zvolené úrovně spolehlivosti odhadu vyjádřené parametrem t v závislosti na směrodatné odchylce souboru σ , viz [3]. Z následujícího vztahu vyplývá, že chyba odhadu pravděpodobnosti poruchy klesá u přímé metody Monte Carlo s $\sqrt{N}$. Schuller [14] uvádí, že tato chyba klesá nezávisle na dimenzi problému (počtu náhodných veličin).

$$[-\varepsilon; \varepsilon] = [-t\sigma; t\sigma] = \left[-t\sqrt{\frac{P_f(1-P_f)}{N}}; t\sqrt{\frac{P_f(1-P_f)}{N}} \right] \quad (2)$$

Parametr t popisuje velikost konfidenčního intervalu $[-\varepsilon; \varepsilon]$. Úroveň spolehlivosti odhadu pravděpodobnosti poruchy je možno upřesnit volbou parametru t , který je tabelizován v Tab. 1. Parametr lze také vypočíst z inverzní distribuční funkce normálního rozdělení:

$$t = \Phi^{-1}(1 - \delta/2) = \Phi^{-1}(1 - 0.1/2) = 1.64485 \text{ pro } 90\% \text{ úroveň spolehlivosti.} \quad (3)$$

Tab. 1: Konfidenční interval $t \times \sigma$ pro vybrané úrovně spolehlivosti

Úroveň spolehlivosti	$t \times \sigma$
0.800	$1.28155 \times \sigma$
0.900	$1.64485 \times \sigma$
0.950	$1.95996 \times \sigma$
0.990	$2.57583 \times \sigma$
0.995	$2.80706 \times \sigma$
0.999	$3.29053 \times \sigma$

Z výše uvedeného lze dovodit možný rozptyl výsledků simulace Monte Carlo, a to pro danou pravděpodobnost P_d a počet simulačních kroků N . Pro cílovou pravděpodobnost 7×10^{-5} , což je typická hodnota pro P_d u mezního stavu únosnosti, padne při 2 mil. simulačních kroků výsledná hodnota P_f s 90–procentní pravděpodobností do intervalu $7 \times 10^{-5} \pm 0.97 \times 10^{-5}$. Použije-li se jen 1 mil. simulací, pak by měl být výsledek v rozsahu $7 \times 10^{-5} \pm 1.4 \times 10^{-5}$.

1.2 Nutný počet simulačních kroků

Inverzí vztahu (2) lze získat nutný počet simulačních kroků N_n [14]:

$$N_n = P_f \left(1 - P_f \right) \left[\frac{t}{\varepsilon} \right]^2, \quad (4)$$

kde je

P_f hledaná pravděpodobnost,

t násobek směrodatné odchylky dle zvolené úrovně spolehlivosti (viz Tab. 1),

N_n nutný počet simulačních kroků.

Vztah (4) je založen na centrálním limitním teorému a předpokládá normální rozdělení hledané veličiny - pravděpodobnosti poruchy P_f . Podmínka je s akceptovatelnou chybou splněna, jak bylo ukázáno na Obr. 2. Dále předpokládá dostatečně velký počet simulačních kroků.

Počet nutných simulačních kroků uvádí (5). Uvážíme – li pro ilustraci cílovou pravděpodobnost $P = 1/100$ a toleranci ± 20 procent pro 90–procentní úroveň spolehlivosti ($\varepsilon = 0.2 \times 1/100$ a $t = 1.64485$) pak je nutný počet simulací:

$$N_n = \frac{1}{100} \left(1 - \frac{1}{100} \right) \left[\frac{1.64485}{\frac{0.2}{100}} \right]^2 = 6696. \quad (5)$$

Lze spočítat, že pro cílovou pravděpodobnost $P_f = 7 \times 10^{-5}$ a toleranci ± 20 procent ($\varepsilon = 1.4 \times 10^{-5}$) je pro 90–procentní spolehlivost potřeba 0.96 mil. simulací. Kdyby bylo zapotřebí 99–procentní jistoty, že P_f padne do vytčeného intervalu ($t = 2.57583$ viz Tab. 1), pak by bylo zapotřebí 2.37 mil. simulací. Tolerance ± 20 procent, které odpovídá konfidenční interval

$\varepsilon = \pm 1.4 \times 10^{-5}$, se jeví jako dostatečná při uvážení, že pravděpodobnost poruchy může u návrhů dle stávajících norem dramaticky kolísat, a to v rozsazích $1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-6}$ (viz [9] a [6]).

2 NUMERICKÉ PŘÍKLADY – SOUČIN HISTOGRAMŮ

Úloha je pro jednoduchost formulována tak, aby bylo možno znát přesné řešení. Zvolené histogramy obsahují dvě třídy o známé četnosti (viz také demonstrační příklad na Obr. 1). Třidu o hodnotě 0 a třídu o hodnotě 1. Četnosti obou hodnot jsou vhodně zvoleny tak, aby pravděpodobnost výskytu hodnoty 1 byla např. $P = 1 \times 10^{-1}$ (viz Obr. 1). Součinem těchto histogramů je možno docílit výsledků o libovolné pravděpodobnosti výskytu hodnoty 1 ve výsledné funkci spolehlivosti RF . Pravděpodobnost $P = 1/100$ je možno určit součinem dvou nezávislých histogramů u kterých je pravděpodobnost výskytu hodnoty jedna rovna jedné desetinně. Obecně je možno úlohu zapsat následovně:

$$P = \overline{RF} = \frac{RF}{N} = \frac{X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_j}{N}, \quad (6)$$

kde je:

$\overline{RF}$ průměr funkce spolehlivosti RF ,
 j počet aplikovaných nezávislých histogramů,
 N počet simulací Monte Carlo.

2.1 Přímá metoda Monte Carlo

K pravděpodobnostní analýze metodou Monte Carlo je užito prostředí *Matlab* a simulačního nástroje jehož jádro vytvořil P. Praks, viz [11] a [12].

2.1.1. Pravděpodobnost poruchy $P = 1 \times 10^{-2}$

Pravděpodobnosti $P = 1/100$ lze vypočítat součinem dvou histogramů PF_2 , viz Obr. 1 a vztah (1) nebo výběrem pouze z jednoho histogramu PF_1 :

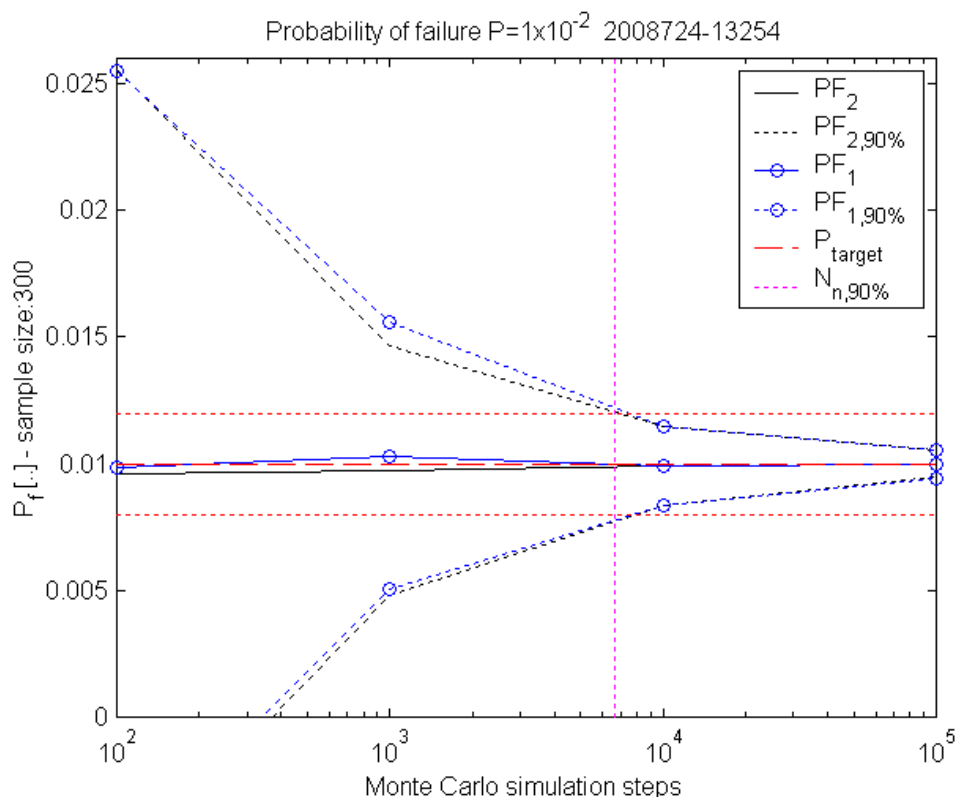
$$PF_2 = P(RF = 1) = P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 1) = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = \frac{1}{100} = 10^{-2}, \quad (7)$$

$$PF_1 = P(RF = 1) = P(X_2 = 1) = \frac{1}{100} = 10^{-2}. \quad (8)$$

Uvážíme – li cílovou pravděpodobnost $P = 1/100$, a toleranci ± 20 procent pro 90–procentní úroveň spolehlivosti, pak je možno určit vstupní parametry pro vztah (4) následovně: $P_f = 1/100$, $\varepsilon = 0.2 \times 1/100$, $t = 1.64485$ (90–procentní úroveň spolehlivosti) je nutný počet simulací 6696, jak je vypočteno (5).

Následující graf ukazuje závislost mezi počtem aplikovaných simulačních kroků a rozptylem odhadu pravděpodobnosti poruchy P_f . Odhad pravděpodobnosti poruchy je proveden s využitím simulačního nástroje Monte Carlo. Každá pravděpodobnost je odhadnuta pro zvolený počet simulačních kroků ($N = 10^2, 10^3, 10^5$) 300krát a následně statisticky vyhodnocena. Mezilehlé hodnoty jsou proloženy přímkou. Graf obsahuje průměrnou hodnotu a také hranice konfidenčního intervalu.

Z výsledků simulace vyplývá, že k dosažení požadované přesnosti simulace postačí zhruba 6700 simulací, což odpovídá odhadu dle (5). Při 6700 simulačních krocích dochází ke zúžení konfidenčního intervalu pod předepsanou toleranci. Pro odhad pravděpodobnosti v řádu jednoho procenta tedy postačí méně než 10000 simulací. Rozdíl mezi výsledkem získaným aplikací jednoho a dvou histogramů je prakticky zanedbatelný.



Obr. 3: Pravděpodobnost poruchy P_f jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo. Exaktní pravděpodobnost poruchy $P_f = 1/100$. (PF_2 – 2 histogramy, PF_1 – 1 histogram)

2.1.2 Pravděpodobnost poruchy $P = 1 \times 10^{-3}$ a $P = 1 \times 10^{-4}$

Pravděpodobnost $P = 1 \times 10^{-3}$ (viz Obr. 4) je ověřena s využitím jednoho až tří histogramů:

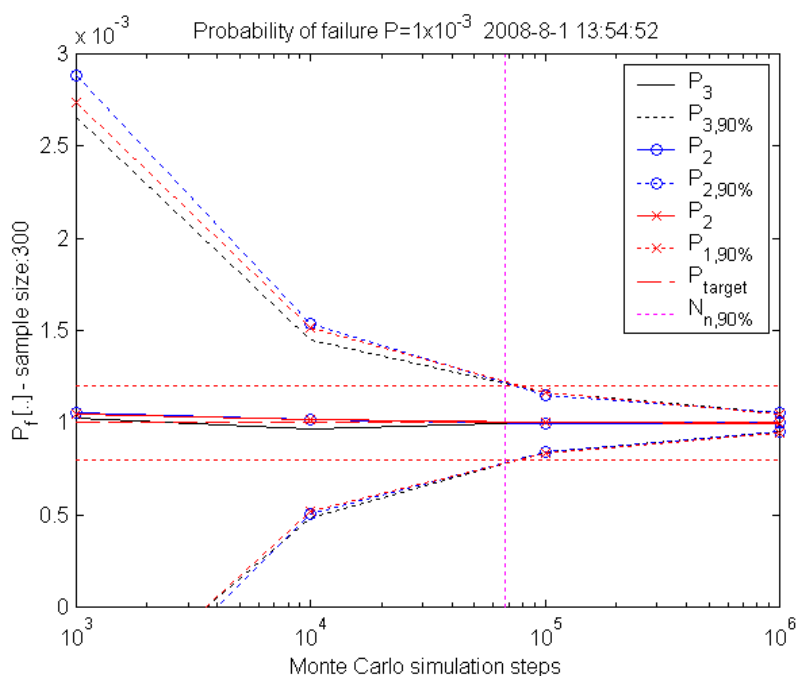
$$PF_3 = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = PF_2 = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{10} = PF_1 = \frac{1}{1000} = 10^{-3}. \quad (9)$$

K výpočtu pravděpodobnosti poruchy přímou metodou Monte Carlo je potřeba alespoň 67571 simulačních kroků.

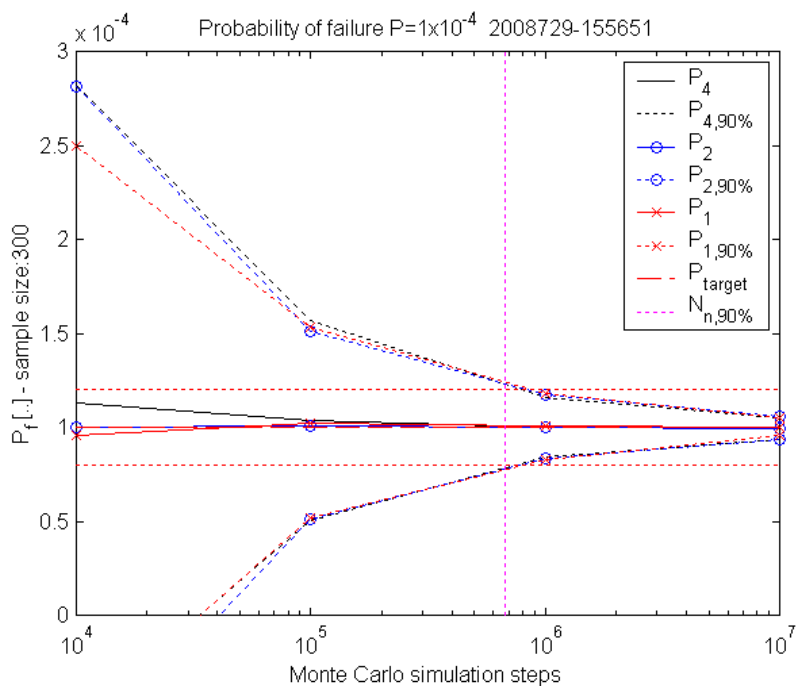
Pravděpodobnost $P = 1 \times 10^{-4}$ řádově odpovídá hodnotě aplikované pro mezní stavy únosnosti ($P_d = 0.7 \times 10^{-4}$), a je odhadnuta jedním, dvěma a čtyřmi histogramy. Je vhodné aplikovat minimálně 676315 simulačních kroků:

$$PF_4 = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = PF_2 = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} = PF_1 = \frac{1}{10000} = 10^{-4}. \quad (10)$$

Obr. 4 a Obr. 5 zobrazují závislosti mezi počtem aplikovaných simulačních kroků a rozptylem očekávaných výsledku. Z grafů vyplývá, že pro odhad pravděpodobnosti poruchy u zvolených úloh nezáleží na počtu užitých histogramů.



Obr. 4: Pravděpodobnost poruchy P_f jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo. Exaktní pravděpodobnost poruchy $P_f = 10^{-3}$. ($PF_3 - 3$ histogramy, $PF_2 - 2$ histogramy, $PF_1 - 1$ histogram)



Obr. 5: Pravděpodobnost poruchy P_f jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo. Exaktní pravděpodobnost poruchy $P_f = 10^{-4}$. ($PF_4 - 4$ histogramy, $PF_2 - 2$ histogramy, $PF_1 - 1$ histogram)

2.1.4 Pravděpodobnost poruchy $P = 1 \times 10^{-5}$

Pravděpodobnost $P = 1 \times 10^{-5}$ a je odhadnuta dvěma, třemi a pěti histogramy, viz (11)-(13). Pro dostatečně přesný odhad je zapotřebí cca. 6,8 mil. simulací, viz (14).

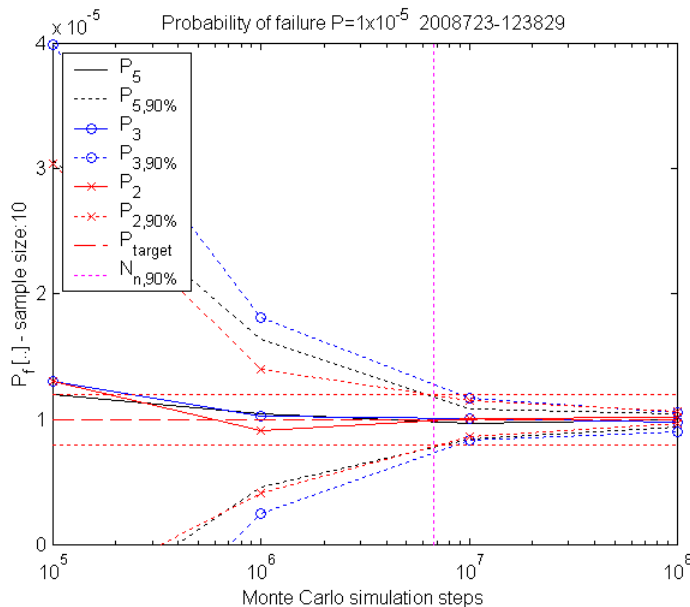
$$PF_5 = P(RF = 1) = P(X_1 = 1) \cdot \dots \cdot P(X_5 = 1) = \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{10} = 10^{-5} \quad (11)$$

$$PF_3 = P(RF = 1) = P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 1) \cdot P(X_3 = 1) = \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{10} = 10^{-5} \quad (12)$$

$$PF_2 = P(RF = 1) = P(X_1 = 1) \cdot P(X_2 = 1) = \frac{1}{10000} \cdot \frac{1}{10} = 10^{-5} \quad (13)$$

$$N_n = P_f \left(1 - P_f \right) \left[\frac{t}{\varepsilon} \right]^2 = \frac{1}{100000} \left(1 - \frac{1}{100000} \right) \left[\frac{1.64485}{\frac{0.2}{100000}} \right]^2 = 6\,763\,791 \quad (14)$$

Závislost mezi počtem aplikovaných simulačních kroků a přesností odhadu uvádí následující graf. Vzhledem k větší časové náročnosti byla každá pravděpodobnost poruchy vypočítána jen 10krát. Křivky konfidenčního intervalu pravděpodobnosti poruchy se na Obr. 6 vyznačují větším rozptylem. I přes výše uvedený nedostatek v počtu vzorků je trend patrný. Počet histogramů zde neovlivňuje přesnost odhadu a k dostatečně přesnému odhadu pravděpodobnosti $P = 1 \times 10^{-5}$ postačí 6,8 mil. simulačních kroků Monte Carlo.



Obr. 6: Pravděpodobnost poruchy P_f jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo. Exaktní pravděpodobnost poruchy $P_f = 10^{-5}$. (PF_5 – 5 histogramy, PF_3 – 3 histogramy, PF_2 – 2 histogramy)

2.1.5. Doba simulace přímou metodou Monte Carlo

Pro zajímavost je v Tab. 2 uveden čas potřebný k odhadu pravděpodobnosti poruchy počítané v předchozí části. Doba je uvedena pro nutný počet simulačních kroků při využití programu *Anthill*.

Tab. 2: Doba simulace přímou metodou Monte Carlo

P	Počet histogramů	Monte Carlo (Anthill)	
		Počet kroků	Čas [sec]
1×10^{-2}	1, viz (7)	6696	<1
1×10^{-2}	2, viz (8)	6696	<1
1×10^{-3}	1, viz (9)	67571	4
1×10^{-3}	2, viz (9)	67571	4
1×10^{-3}	3, viz (9)	67571	4
1×10^{-4}	1, viz (10)	676315	45
1×10^{-4}	2, viz (10)	676315	45
1×10^{-4}	4, viz (10)	676315	45
1×10^{-5}	2, viz (13)	6763791	448
1×10^{-5}	3, viz (12)	6763791	448
1×10^{-5}	5, viz (11)	6763791	448

2.2. Přímý determinovaný výpočet

Numerické příklady řešení přímou metodou Monte Carlo uvedené v předchozí části 2.1 jsou pro porovnání vypočteny Přímým determinovaným výpočtem (PDPV, viz [4] a [5]) za pomoci programu *ProbCalc*. Ve všech zkoumaných případech vyšla požadovaná pravděpodobnost stejná jako exaktní řešení. Čas nutný k výpočtu byl ve všech případech menší než 1 sekunda, a to i pro pravděpodobnost $P = 10^{-5}$ a 5 histogramů. Výsledky jsou sumarizovány v Tab. 3.

Tab. 3: Odhad pravděpodobnosti poruchy metodou PDPV

P	Počet histogramů	PDPV (ProbCalc)	
		P_f	Čas [sec]
1×10^{-2}	1, viz (7)	0.01	<1
1×10^{-2}	2, viz (8)	0.01	<1
1×10^{-3}	1, viz (9)	0.001	<1
1×10^{-3}	2, viz (9)	0.001	<1
1×10^{-3}	3, viz (9)	0.001	<1
1×10^{-4}	1, viz (10)	0.0001	<1
1×10^{-4}	2, viz (10)	0.0001	<1
1×10^{-4}	4, viz (10)	0.0001	<1
1×10^{-5}	2, viz (13)	0.00001	<1
1×10^{-5}	3, viz (12)	0.00001	<1
1×10^{-5}	5, viz (11)	0.00001	<1

3 VÝSLEDKY

Numerické simulace modelující vztah mezi počtem simulačních kroků, cílovou pravděpodobností a počtem histogramů naznačují, že lze dle vztahu (4) odhadnout nutný počet simulačních kroků v závislosti na cílové pravděpodobnosti poruchy P_d , velikosti konfidenčního intervalu pro P_d a zvolenou statistickou úroveň spolehlivosti odhadu.

Dle (4) lze spočítat, že 1.0 mil. simulací se jeví pro návrhovou pravděpodobnost 7×10^{-5} jako dostatečný počet. Při tomto počtu simulací by více než 90 procent výpočtů P_f mělo padnout do intervalu $7 \times 10^{-5} \pm 1.4 \times 10^{-5}$. Nutný počet simulačních kroků pro posudky únosnosti $P_d = 7 \times 10^{-5}$ a použitelnosti $P_d = 7 \times 10^{-5}$ uvádí Tab. 4.

Tab. 4: Nutný počet simulačních kroků v závislosti na P_d

	P_d	0.00007	0.07
Tolerance	$\varepsilon (\pm 20\%)$	± 0.000014	± 0.014
Úroveň spolehlivosti	90%	966 194	899
	95%	1 371 848	1 276
	99%	2 369 441	2 204

Čas potřebný k výpočtu pravděpodobnosti poruchy je u zvolené úlohy v případě PDPV minimální, zatímco u metody Monte Carlo závisí na počtu nutných simulačních kroků. Dramatický rozdíl v rychlosti je způsoben druhem úlohy a je dán způsobem výpočtu pravděpodobnosti poruchy v metodě PDPV.

4 ZÁVĚR

V příspěvku je připomenuto, že pravděpodobnost poruchy je při užití přímé metody Monte Carlo rovněž náhodná veličina. Tato pravděpodobnost pak závisí na cílové pravděpodobnosti a na počtu simulačních kroků, jak uvádí mj. [14]. Je – li počet simulačních kroků dostatečně velký je možno, popsat rozdělení pravděpodobnosti poruchy normálním rozdělením. Na základě normálního rozdělení výskytu pravděpodobnosti poruchy je možno odhadnout nutný počet simulačních kroků pro dosažení požadované přesnosti, či určit přesnost získaného výsledku (konfidenční interval). Je ukázáno, že při 1 milionu simulačních kroků a pravděpodobnosti poruchy $P_f = 7 \times 10^{-5}$ se bude s 90-procentní jistotou nacházet výsledek simulace v rozsahu $7 \times 10^{-5} \pm 1.4 \times 10^{-5}$. Výsledky zvolených příkladů rovněž ukazují na nezávislost nutného počtu simulačních kroků na počtu histogramů vstupujících do výpočtu.

Výpočty metodou Monte Carlo a jejich statistické vyhodnocení potvrzují oprávněnost užití vztahu (4) pro výpočet nutného počtu simulačních kroků. Výpočet pravděpodobnosti poruchy metodou PDPV je proveden za účelem ověření přesnosti této metody. Výpočet vede ve zvolených úlohách k přesnému řešení, a to v minimálním čase. Nutno podotknout, že je metoda Monte Carlo robustní nástroj umožňující odhad pravděpodobnosti poruchy bez předchozí znalosti řešeného problému.

Další práce by bylo vhodné zaměřit na otestování výpočtu pravděpodobnosti poruchy při užití většího počtu histogramů obecnějších tvarů tak, aby do funkce poruchy vstupovalo více tříd použitých histogramů.

PODĚKOVÁNÍ

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GA ČR 105/07/1265.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 1401 (1998). *Navrhování ocelových konstrukcí*, ČNI, Praha.
- [2] ČSN EN 1990 (2004). *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, ČNI, Praha.
- [3] Fegan, G. (2003). Chapter: „*Precision of Simulation Results*“ in [7].
- [4] Janas, P., Krejsa, M. (2003). Chapter 24.5 Using a Direct Determined Probabilistic Solution in the Framework of SBRA Method, In CD-ROM of [7].

- [5] Janas, P., Krejsa, M. (2002). Numerický výpočet pravděpodobnosti užitím useknutých histogramů při posuzování spolehlivosti konstrukcí. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava*, 2002, vol. II., (č. 1), s. 47-58.
- [6] Konečný, P. (2001). Kombinace zatížení a posudek táhla dle EC3 a SBRA. Sborník: *II. ročník celostátní konference: Spolehlivost konstrukcí*. Dům techniky Ostrava, ISBN 80-02-01410-3.
- [7] Marek P., Brozzetti J., Guštar M., Tikalsky P., Editors. (2003). *Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Basics, Exercises, Software*. (Second extended edition)., Publisher: ITAM Academy of Sciences of Czech Republic, Prosecká 76, 190 00 Prague 9, Czech Republic. ISBN 80-86246-19-1.
- [8] Marek, P., Guštar, M., Bathon, L. *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*. Boca Taton, Florida, CRC Press, 1995, ISBN 0-8493-8286-6.
- [9] Marek, P., Guštar, M., Permaul, K. (1999). Transition from Partial Factors Method to Simulation Based Reliability Assessment in Structural Design. *Journal: Probabilistic Engineering Mechanics 14* (1999), pp. 105-118, Elsevier Science Ltd.
- [10] Math World – Confidence Interval - <http://mathworld.wolfram.com/ConfidenceInterval.html>
- [11] Praks, P. (2002). “Numerical aspects of Simulation Based Reliability Assessment of Systems“. *Proceedings: International Colloquium Euro-SiBRAM'2002*. Volume II. ITAM, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague. ISBN 80-86246-17-5.
- [12] Praks, P. (2006). *Analýza spolehlivosti s iteračními řešiči*. Doctoral dissertation thesis, VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Applied mathematics, December, 2005.
- [13] Praks, P., Konečný, P. (2003). Chapter „Direct Monte Carlo Method vs. Improved Methods Considering Applications in Designers Every Day Work“ in CD-ROM of [7].
- [14] Schuëller, G. (2002). Past, present & Future os Simulation-based Structural Analysis In. Brozzetti, J., Marek, P. (2002). *Teaching Reliability*. *Proceedings: International Colloquium Euro-SiBRAM'2002*. Volume II. Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the CzechRepublic, Prague, June 2002. ISBN 80-86246-17-5.
- [15] Shooman, M.L. (1968) *Probabilistic Reliability: An Engineering Approach*, McGraw-Hill, New York.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.

Lenka LAUSOVÁ¹

ÚNOSNOST OCELOVÝCH OTEVŘENÝCH A UZAVŘENÝCH PROFILŮ ZA POŽÁRU

Abstrakt

Únosnost sloupu a prostého nosníku za požáru lze ovlivnit vhodnou volbou průřezu. Tento článek je zaměřen na srovnání únosností otevřených a uzavřených ocelových profilů za požáru.

1 ÚVOD

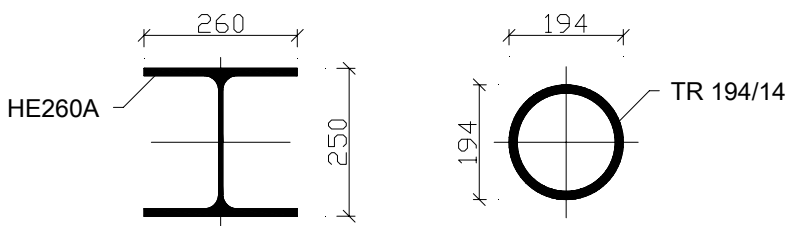
Předmětem této práce je porovnání únosností otevřených a uzavřených ocelových profilů centricky tlačенého sloupu a ohýbaného nosníku v čase trvání požáru, který je modelován nominální normovou teplotní křivkou. Únosnost sloupu je řešena z hlediska namáhání vzpěrným tlakem, únosnost nosníku z hlediska namáhání ohybovým momentem. Nárůst teploty v konstrukci je počítán pro nechráněný průřez a pro průřez chráněný obkladem ze sádrovláknitých desek.

2 ÚNOSNOSTI ZA POKOJOVÉ TEPLOTY

Řešený sloup o délce 3,6 m je namáhán pouze normálovou silou. Hodnota meze kluzu $f_y = 355$ MPa. Statické schéma sloupu vzhledem k oběma osám je předpokládáno stejné, dole je vetknutý a nahoře kloubově podepřený. Vzpěrná délka vzhledem k uložení sloupu v obou osách je $L_{cr} = 0,7l = 2448$ mm. Posuzované průřezy uzavřený kruhový profil 194/14 a otevřený HE260A dle obr.1 jsou zvoleny tak, aby za běžné pokojové teploty (20°C) měly srovnatelnou únosnost ve vzpěrném tlaku:

$$N_{Rd,TR} = \chi_{\min} \frac{A f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = 0,93 \frac{7,917 \times 355}{1,00} = 2614 \text{ [kN]} \quad (1)$$

$$N_{Rd,HEA} = \chi_{\min} \frac{A f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = 0,85 \frac{8,682 \times 355}{1,00} = 2620 \text{ [kN]} \quad (2)$$



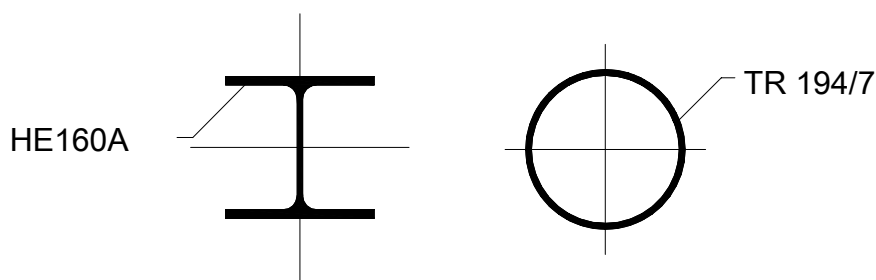
Obr. 1: Průřezy sloupů.

Řešený **nosník** je posuzován z hlediska namáhání ohybovým momentem, hodnota meze kluzu $f_y = 355$ MPa. Posuzované průřezy uzavřený kruhový profil 194/7 a otevřený HE160A dle obr.2 jsou opět zvoleny tak, aby měly za běžné teploty srovnatelnou momentovou únosnost:

¹ Ing. Lenka Lausová, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 326, e-mail: lenka.lausova@vsb.cz.

$$M_{Rd,TR} = \frac{W_{y,pl} f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{245 \cdot 10^{-6} \times 355 \cdot 10^3}{1,00} = 87 \text{ [kNm]} \quad (3)$$

$$M_{Rd,HEA} = \frac{W_{y,pl} f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{245 \cdot 10^{-6} \times 355 \cdot 10^3}{1,00} = 87 \text{ [kNm]} \quad (4)$$



Obr. 2: Průřezy nosníků.

3 ROZVOJ TEPLOTY V POŽÁRNÍM ÚSEKU

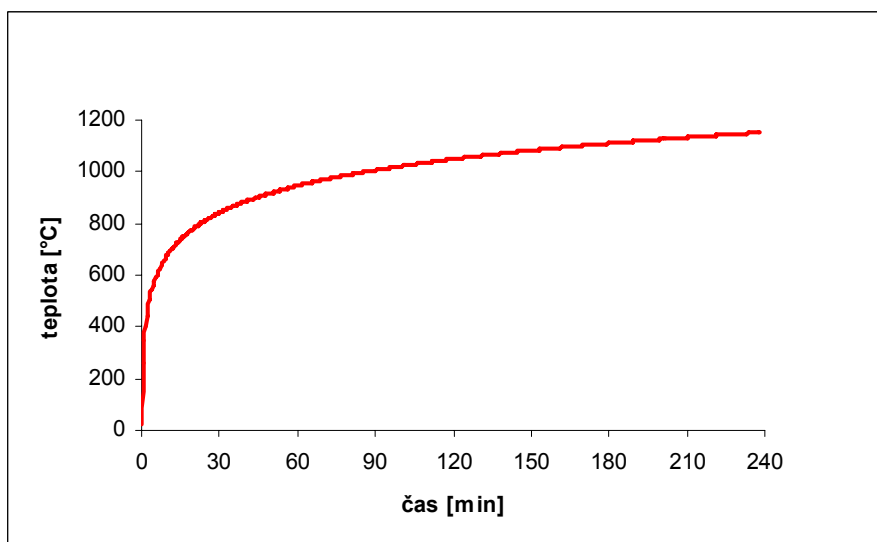
Při modelování normové teplotní křivky je teplota v požárním úseku závislá pouze na době požáru. Teplota plynu se řídí logaritmickou funkcí:

$$\theta_g = 20 + 345 \log(8t + 1) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (5)$$

kde:

θ_g – teplota plynu v příslušném požárním úseku [$^\circ\text{C}$]

t – čas [min]



Obr. 3: Rozvoj teploty plynu podle nominální normové teplotní křivky.

4 ROZVOJ TEPLoty V PRŮŘEZU

Přestup tepla do ocelové konstrukce je počítán iterační přírůstkovou metodou. Změnu teploty průřezu $\Delta\theta_{a,t}$ za daný časový úsek ($\Delta t = 30$ sekund) přičteme vždy k předcházející vypočtené teplotě v konstrukci $\theta_{a,t}$. Vypočtené hodnoty teploty plynu v požárním úseku a v jednotlivých průřezích ve vybraných časech viz tabulka 1 a 2.

Nechráněný průřez

Přírůstek teploty v nechráněném průřezu se vypočte z teploty plynu prostřednictvím tepelného toku $\dot{h}_{net}$ a je závislý na součiniteli průřezu A_m/V , na hodnotě měrného tepla c_a a měrné hmotnosti oceli ρ_a dle [1]:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{\frac{A_m}{V}}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (6)$$

kde:

$\rho_a = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$ – měrná hmotnost oceli

c_a – měrné teplo oceli v závislosti na teplotě viz [1] [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]

$\dot{h}_{net,d}$ – hustota tepelného toku viz [1] [Wm^{-2}]

k_{sh} – součinitel vlivu zastínění.

V tomto případě je uvažován průřez exponovaný ze všech stran a u HE-A profilu není počítáno s vlivem zastínění ($k_{sh} = 1$).

A_m/V – součinitel průřezu pro průřezy vystavené požáru ze všech stran [m^{-1}]:

$A_m/V = O/A = 161 \text{ m}^{-1}$ – pro HE260A

$A_m/V = 1/t = 71,4 \text{ m}^{-1}$ – pro trubku 194/14

$A_m/V = O/A = 219 \text{ m}^{-1}$ – pro HE160A

$A_m/V = 1/t = 142,9 \text{ m}^{-1}$ – pro trubku 194/7.

Průřez chráněný obkladem

Zpomalení nárůstu teploty v průřezu je ovlivněno tepelně technickými vlastnostmi ochranného materiálu a jeho tloušťkou. Pro sádrovláknitou desku je uvažována hodnota měrného tepla $c_p = 1700 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$, tepelná vodivost $\lambda_p = 0,2 \text{ WK}^{-1}\text{m}^{-1}$, měrná hmotnost $\rho_p = 800 \text{ kgm}^{-3}$ a tloušťka $d_p = 15 \text{ mm}$. Veličiny c_a , ρ_a představují měrné teplo a měrnou hmotnost oceli. Posuzované průřezy sloupů a nosníků viz obr.4 a 5.

Přírůstek teploty u chráněného průřezu dle [1]:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p \frac{A_p}{V}}{d_p c_a \rho_a} \frac{\theta_{g,t} - \theta_{a,t}}{1 + \frac{\phi}{3}} \Delta t - (e^{\frac{\phi}{10}} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (7)$$

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p \frac{A_p}{V} \quad (8)$$

kde:

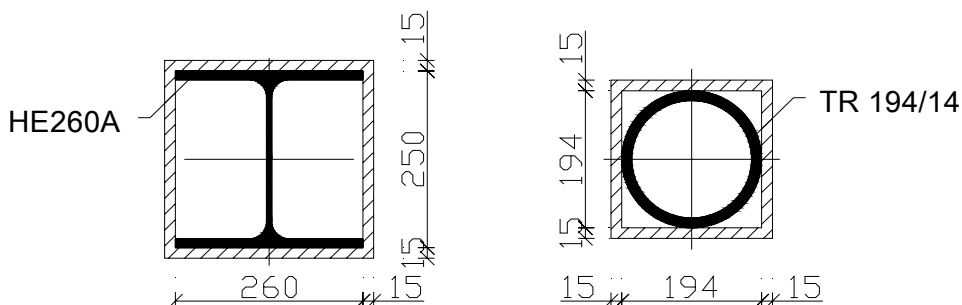
A_p/V – součinitel průřezu pro truhlíkové zakrytí konstantní tloušťky [m^{-1}]:

$$A_p/V = 2(b+h)/V = 118 \text{ m}^{-1} \quad \text{– pro HE260A}$$

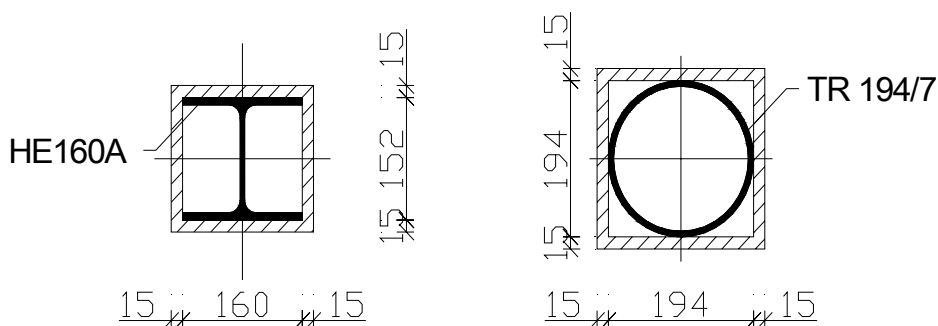
$$A_p/V = 2(b+h)/V = 98 \text{ m}^{-1} \quad \text{– pro trubku 194/14}$$

$$A_p/V = 2(b+h)/V = 161 \text{ m}^{-1} \quad \text{– pro HE160A}$$

$$A_p/V = 2(b+h)/V = 188 \text{ m}^{-1} \quad \text{– pro trubku 194/7.}$$



Obr. 4: Průřezy chráněných sloupů.



Obr. 5: Průřezy chráněných nosníků.

Hodnoty teplot plynu v požárním úseku a jim odpovídající teploty v jednotlivých průřezích sloupů jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

Tab. 1: Teplota plynu v požárním úseku a v nechráněných průřezích v závislosti na čase t .

nechráněné průřezy	teplota [°C] podle normové teplotní křivky v čase t							
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min	90 min	120 min
teplota plynu	576	678	739	781	842	945	1006	1049
trubka 194/14	147	325	491	617	738	936	1001	1046
HE260A	274	531	671	732	825	942	1004	1048
trubka 194/7	191	408	579	686	774	939	1003	1046
HE160A	334	589	700	738	834	943	1004	1048

Tab. 2: Teplota plynu v požárním úseku a v chráněných průřezích v závislosti na čase t .

chráněné průřezy	teplota [°C] podle normové teplotní křivky v čase t							
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min	90 min	120 min
teplota plynu	576	678	739	781	842	945	1006	1049
trubka 194/14	36	85	125	170	255	464	610	711
HE260A	50	104	160	214	313	540	685	746
trubka 194/7	77	160	240	313	437	675	767	901
HE160A	60	135	208	276	395	635	740	851

5 VÝPOČET ÚNOSNOSTÍ PRŮŘEZŮ ZA POŽÁRU

Vzpěrná únosnost tlačných prvků s rovnoměrným rozložením teploty po průřezu se určí ze vztahu:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{fi} A k_{y,\theta} f_{y,k}}{1,2 \gamma_{m,fi}} \quad [\text{kN}] \quad (9)$$

kde:

χ_{fi} – součinitel vzpěrnosti, menší z hodnot $\chi_{y,fi}$ a $\chi_{z,fi}$ a vypočte se podle [1] nebo se odečte z křivky vzpěrné pevnosti c viz [3]

$k_{y,\theta}$ – redukční součinitel meze kluzu za požáru viz [1]

A – průřezová plocha

$\gamma_{M,fi}$ – součinitel spolehlivosti materiálu pro požární situaci (pro ocel $\gamma_{M,fi} = 1,00$).

Momentová únosnost ohýbaného prvku za požáru se vypočte podle vztahu:

$$M_{fi,\theta,Rd} = \frac{W_y k_{y,\theta} f_{y,k}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \kappa_2} \quad [\text{kNm}] \quad (10)$$

kde:

W_y – modul průřezu

κ_1, κ_2 – součinitelé nerovnoměrného rozdělení teploty po výšce průřezu a po délce nosníku

$\kappa_1 = \kappa_2 = 1,00$.

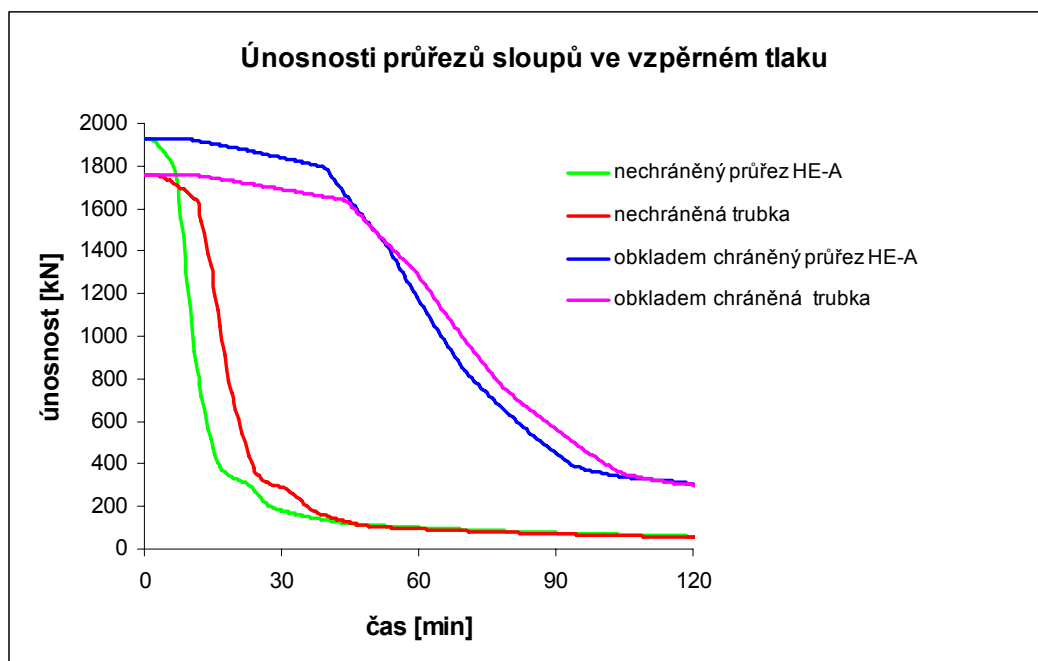
V tabulkách 3 a 4 jsou uvedeny vypočtené únosnosti centricky tlačенého sloupu a ohýbaného nosníku v závislosti na době probíhajícího požáru. Vypočtené únosnosti jsou pak zobrazeny na obr. 6 a 7.

Tab. 3: Únosnosti průřezů sloupů ve vzpěrném tlaku v závislosti na čase t .

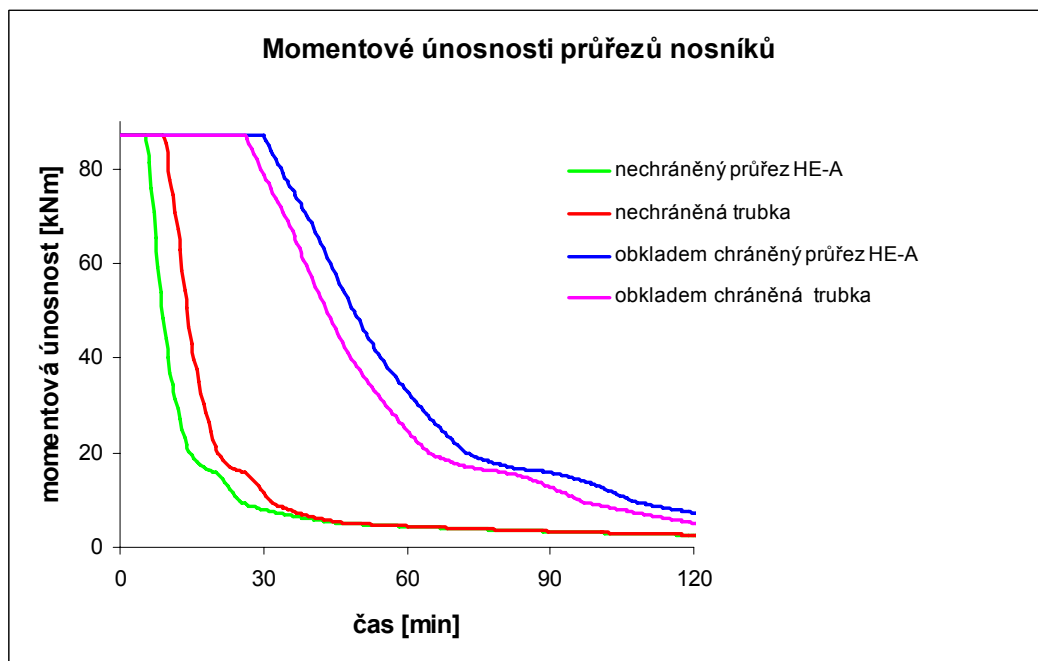
N_{b,fi,t,Rd}	únosnost sloupu [kN] v čase t							
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min	90 min	120 min
trubka 194/14 nechráněná	1737	1666	1273	651	291	94	71	55
HE260A nechráněný	1846	1133	478	328	180	101	77	60
trubka 194/14 obklad	1758	1758	1758	1743	1924	1691	1286	561
HE260A obklad	1928	1925	1908	1884	1839	1171	478	304

Tab. 4: Momentové únosnosti průřezů nosníků v závislosti na čase t .

M_{fi,t,Rd}	momentová únosnost nosníku [kNm] v čase t							
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	60 min	90 min	120 min
trubka 194/7 nechráněná	118	118	90	48	22	6,2	4,7	3,6
HE160A nechráněný	117	73	33	22	11	6	4,5	3,5
trubka 194/7 obklad	118	118	118	118	118	91	42	23
HE160A obklad	117	117	117	117	117	76	31	20



Obr. 6: Únosnosti průřezů sloupů ve vzpěrném tlaku v závislosti na čase t .



Obr. 7: Momentové únosnosti průřezů nosníků v závislosti na čase t .

6 SHRUTÍ

- ❑ Za požáru je důležitou hodnotou pro přestup tepla do konstrukce součinitel průřezu, který je vyjádřen u nechráněných otevřených průřezů podílem obvodu průřezu a plochy a u uzavřených záleží na tloušťce průřezu. U truhlíkového zakrytí ochranným materiálem konstantní tloušťky je vyjádřen podílem vnitřního obvodu obložení a plochy. Obecně platí, že čím je tento součinitel větší, tím je rychlejší přestup tepla do průřezu, což ukazují i vypočtené hodnoty teplot průřezů v tabulkách 1 a 2.
- ❑ Únosnost otevřených a uzavřených průřezů za požáru závisí na tom, zda je prvek namáhán ohybovým momentem nebo vzpěrným tlakem.
- ❑ Zatímco u ohýbaného nosníku vychází za požáru lépe uzavřený průřez, u tlačných prutů tomu může být zcela naopak.
- ❑ Za ohybu je únosnost prutů redukována redukčním součinitelem meze kluzu a to při dosažení teploty 400°C a více.
- ❑ Při vzpěrném tlaku za požáru součinitel vzpěrnosti odpovídá hodnotě na křivce vzpěrné pevnosti c bez ohledu na typ průřezu nebo osu ohybu (na rozdíl od posuzování za normální teploty). K jeho redukci dochází už při 200°C vlivem změny modulu pružnosti v tahu a tlaku.
- ❑ U chráněných průřezů vycházejí lépe z hlediska požáru průřezy, které mají menší vnitřní obvod ochranného materiálu a větší průřezovou plochu.

7 ZÁVĚR

1. U nechráněných nosníků namáhaných ohybem lze předpokládat, že uzavřené profily budou mít za požáru vyšší únosnost než otevřené.
2. Při posuzování tlačných prutů za požáru je třeba uvažovat se součinitelem vzpěrnosti, který odpovídá hodnotě na křivce vzpěrné pevnosti c . Tím dochází k tomu, že sloup otevřeného průřezu stejné únosnosti ve vzpěrném tlaku za normální teploty jako sloup uzavřeného průřezu, bude mít v čase požáru $t = 0$ dokonce vyšší únosnost než uzavřený průřez a v průběhu požáru se únosnosti postupně srovnávají.

LITERATURA

- [1] Wald, F. a kolektiv: *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*, ČVUT Praha, 2005.
- [2] ČSN EN 1991-1-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-2, *Obecná zatížení, Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*, Český Normalizační Institut, Praha, 2004.
- [3] Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: *Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*.

Oponentní posudek vypracoval: Prof. Ing. Vladimír Tomica, CSc.

Oldřich SUCHARDA¹

NUMERICKÁ ANALÝZA BETONOVÉ KONSTRUKCE S VÝPOČETNÍM MODELEM 1D A 2D

Abstract

Article deals with a comparison of different computational models. Computational models are 1D and 2D. The computational model is a concrete construction with continuous load. Geometric dimensions of construction are length 6,0 m, thickness 0,2 m and height from 0,1 to 6 m. There are being compared maximal displacements and stress. The finite element method is used for calculations.

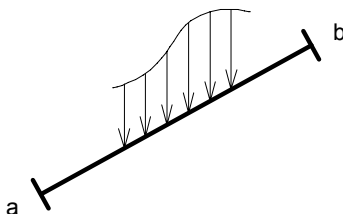
1 ÚVOD

Předložený příspěvek se zabývá numerickou analýzou betonových konstrukcí. V běžné stavební praxi se prutové konstrukce modelují nejčastěji výpočetním modelem 1D a u podrobných analýz výpočetním modelem 2D. Oba z uvedených přístupů mají své výhody a nevýhody. U řešení výpočetního modelu 1D se běžně využívá obecné deformační metody a silové metody. Deformační varianta metody konečných prvků je zase nejběžnější pro výpočetní model 2D. Příspěvek se zabývá srovnáním těchto přístupů, které se uplatní při tvorbě výpočetního modelu v nelineární analýze zahrnující použitelnost, spolehlivost a trvanlivost ve výpočetních simulacích skutečných betonových konstrukcí.

2 METODIKA

Výpočetní model 1D

Nejčastěji se při výpočtech pomoci jednorozměrného výpočetního modelu využívá řešení deformační metodou. V této metodě se volí za neznámé veličiny posunutí a pootočení. Základní tvar prutu (nosníku) zobrazuje obr. 1.



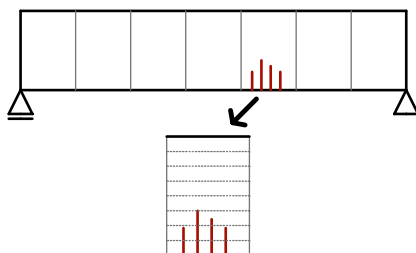
Obr. 1: Prutový prvek pro rovinné úlohy.

Prutový konečný prvek se v metodě konečných prvků nejběžněji odvozuje jako prostorový, kdy jeho aproximační funkce jsou:

$$\begin{aligned}u(x) &= a_1 + a_2x \\v(x) &= a_3 + a_4x + a_5x^2 + a_6x^3 \\w(x) &= a_7 + a_8x + a_9x^2 + a_{10}x^3 \\\mathcal{G}(x) &= a_{11} + a_{12}x.\end{aligned}\tag{1}$$

¹ Ing. Oldřich Sucharda, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 391, e-mail: oldrich.sucharda@vsb.cz.

Z tohoto konečného prvku lze vhodnými úpravami vytvořit prvek rovinného rámu. Při nelineární analýze výpočetního modelu 1D betonové konstrukce je možné postupovat několika metodami. Mezi nejrozšířenější přístupy patří vrstvičkový model. Prut se rozdělí do n konečných prvků. Velikost konečného prvku určuje délku porušované oblasti, protože tento model připouští pouze vznik svislých trhlin. Dále se pak jednotlivé konečné prvky rozdělí do m vrstviček. Tento přístup zobrazuje obr. 2.



Obr. 2: Konečně prvkový model a vrstvičkový model.

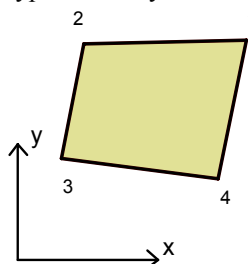
Uvedený vrstvičkový model využívá autor v článku [2]. Mezi výhody tohoto postupu patří, že výpočetní model není náročný na výpočetní výkon. Vzniklá soustava rovnic pro výpočet vektoru deformačních parametrů je nejčastěji v řádech 10^3 . Z toho také vyplývá menší náročnost na potřebný výpočetní výkon a dobu výpočtu. Popisovaný postup nelze bohužel jednoduše použít například na nosníky ze zářezem.

Výpočetní model 2D

Výpočetní model 2D lze použít pro případ rovinné napjatosti nebo rovinné deformace. Betonová konstrukce zatížená v rovině střednice, odpovídá rovinné napjatosti [1]. Toto řešení stěnové rovnice se aplikovalo do metody konečných prvků [4], která se využívá v praktických výpočtech. Pro uvedené výpočty byl zvolen izoparametrický konečný prvek se čtyřmi uzly [3]. Jeho aproximační (bázové) funkce jsou:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1-\eta), \\ N_2 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1-\eta), \\ N_3 &= \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta), \\ N_4 &= \frac{1}{4}(1-\xi)(1+\eta). \end{aligned} \quad (2)$$

Na tomto konečném prvku jsou získávány výsledky napětí ve čtyřech integračních bodech. Uvedený konečný prvek byl použit ve výpočtech v systému ANSYS [5].



Obr. 3: Izoparametrický konečný prvek.

Pro nelineární analýzu výpočetního modelu 2D je možné využít řady postupů. Řešená soustava rovnic v důsledku podrobnosti výpočetního modelu může v běžných úlohách narůst až k řádům 10^6 . Výpočetní výkon a doba řešení je už těchto úloh nezanedbatelná. Při nelineárním řešení rovinných úloh se nejčastěji využívá kritérií plasticity dle von Mises, Chen-Chen, Kupfer, kritérium porušení CEB-FIB Model Code 90 a další.

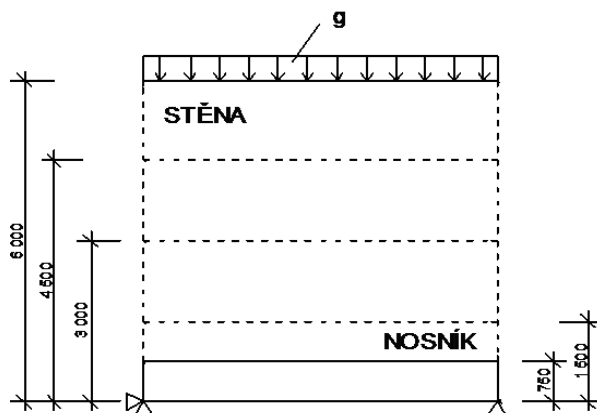
4 VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

Popsané výpočty byly prováděny na konstrukci o rozpětí 6 m a tloušťce 0,2 m. Zvolené výšky konstrukce jsou 0,1 m, 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m a 6,0 m. Ve výpočtu je zvolen materiálový model betonu uvedený v tabulce 1. Svými vlastnostmi odpovídá betonu C20/25 s modulem $E_c = 30$ GPa.

Tabulka 1: Materiálový model betonu.

E	=	30,0	GPa
ν	=	0,2	
F_{tah}	=	2,2	MPa
F_{tlak}	=	25,0	MPa

Konstrukce je zatížena spojitým zatížením $g = 20$ kN/m po celé délce. Konstrukce je uložena na krajích na neposuvných podporách. Schéma konstrukce znázorňuje obr. 4. V úvodní části analýzy jsou zpracovány výsledky pro výpočetní model 1D. Hodnocená kritéria výpočetního modelu 1D jsou maximální napětí σ_x , posunutí $w_{y,max}$ a maximální smykové napětí τ_{xy} . Přehled vypočtených hodnot pro klasický nosník výšky od 0,1 m do 6,0 m shrnuje tabulka 2. Hodnoty napětí σ_x jsou uprostřed rozpětí konstrukce u dolních vláken (v místě největšího průhybu). Hodnota maximálního smykového napětí je vztažena k celé konstrukci.



Obr. 4: Schéma konstrukce.

Tabulka 2: Výpočetní model 1D.

h	[m]	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00
σ_x	[MPa]	270,00	43,20	10,80	4,80	2,70
$w_{y,max}$	[m]	6,75E-01	4,32E-02	5,40E-03	1,60E-03	6,75E-04
Max τ_{xy}	[MPa]	4,50	1,80	0,90	0,60	0,45

h	[m]	1,50	3,00	4,50	6,00
σ_x	[MPa]	1,200	0,300	0,133	0,075
$w_{y,max}$	[m]	2,00E-04	2,50E-05	7,41E-06	3,13E-06
Max τ_{xy}	[MPa]	0,300	0,150	0,100	0,075

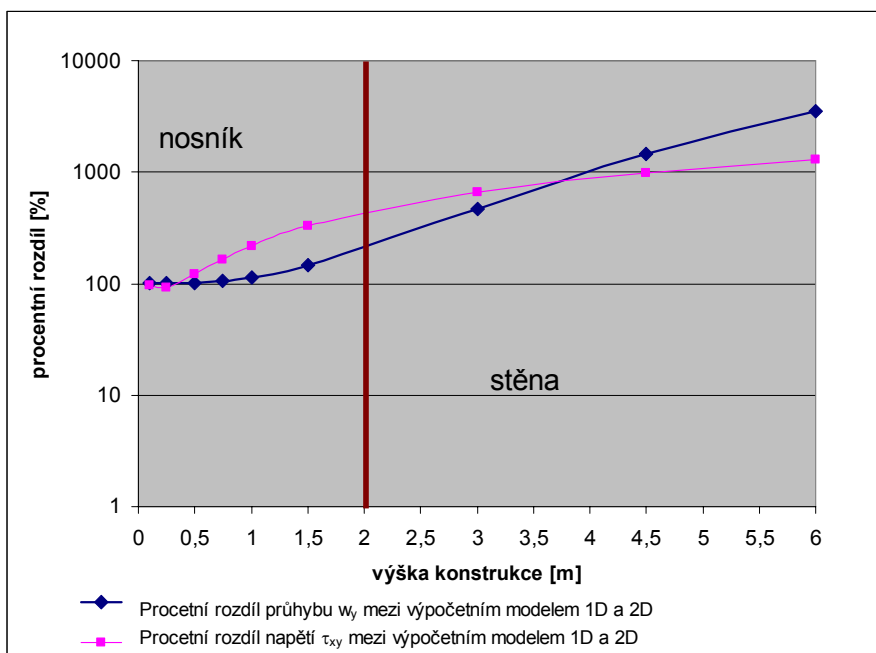
Dále jsou zpracovány výpočetní modely 2D konstrukce ve výpočetním systému ANSYS [5]. Velikost konečného prvku je ve všech výpočetních modelech 2D 0,1 m x 0,05 m. Do výsledku jsou také zahrnuty celkový průhyb konstrukce (včetně horizontálního posunutí), napětí σ_y v průřezu uprostřed rozpětí, maximální globální napětí σ_x a oblast porušení konstrukce tahem.

Tabulka 3: Výpočetní model 2D.

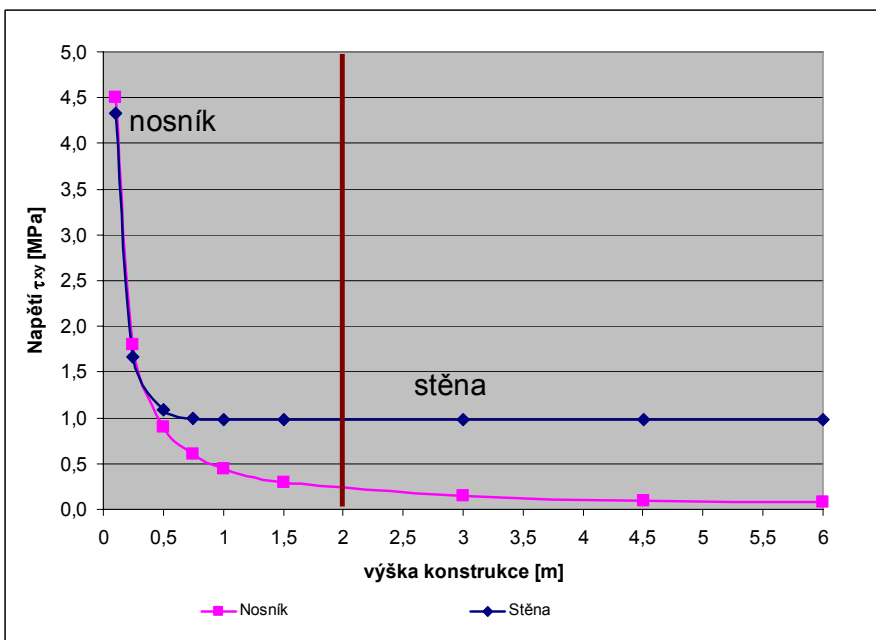
H	[m]	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00
σ_x	[MPa]	270,00	43,20	10,80	4,82	2,72
σ_y	[MPa]	-0,081	-0,092	-0,097	-0,099	-0,099
w_{max}	[m]	6,75E-01	4,35E-02	5,57E-03	1,74E-03	7,99E-04
$w_{y,max}$	[m]	6,75E-01	4,34E-02	5,52E-03	1,70E-03	7,71E-04
max τ_{xy}	[MPa]	4,33	1,66	1,09	1,00	0,98
max σ_{xy}	[MPa]	270,00	43,20	10,80	4,82	2,99
porušení	-	uprostřed	uprostřed	uprostřed	uprostřed	u podpory*

h	[m]	1,50	3,00	4,50	6,00
σ_x	[MPa]	1,220	0,331	0,216	0,201
σ_y	[MPa]	-0,097	-0,100	-0,100	-0,100
w_{max}	[m]	3,15E-04	1,38E-04	1,25E-04	1,26E-04
$w_{y,max}$	[m]	2,91E-04	1,16E-04	1,09E-04	1,11E-04
max τ_{xy}	[MPa]	0,984	0,984	0,984	0,984
max σ_{xy}	[MPa]	2,99	2,99	2,99	2,99
porušení	-	u podpory*	u podpory	u podpory	U podpory

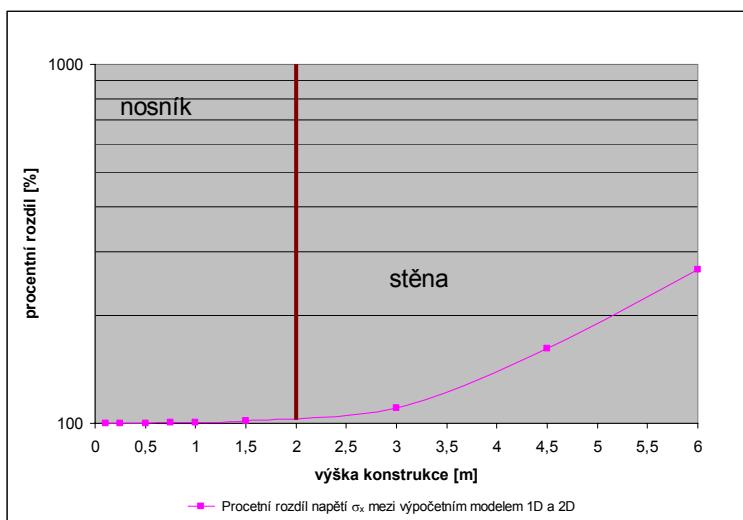
Výsledné srovnání výpočetního modelu 1D a 2D dokumentují uvedené obrázky 5 až 7. Obr. 5. zobrazuje procentní rozdíl průhybu w_y a smykového napětí τ_{xy} . Při rozboru výsledku výpočetního modelu 2D bylo zjištěno, že oblast porušení tahem je už pro konstrukci vysokou 1,0 m v oblasti u podpor. Toto způsobuje značná koncentrace napětí. Z těchto důvodů se ověřil také upravený výpočetní model. U podpor se přidala další vertikální vazba. U těchto upravených modelů výšky 1,0 m a 1,5 m se oblast maximálních tahových napětí opět vrátila do střední části rozpětí konstrukce a také klesla velikost maximálních smykových napětí.



Obr. 5: Srovnání procentního rozdílu průhybu w_y a smykového napětí τ_{xy} .



Obr. 6: Srovnání smykového napětí τ_{xy} pro nosník a stěnu



Obr. 7: Srovnání procentního rozdílu napětí σ_x .

5 ZÁVĚR

Uvedené výsledky, ukazují, že v případech, kdy je potřeba jednoduché a rychlé nelineární analýzy konstrukce, je vhodné použít 1D výpočetní model. Řešené soustavy rovnic jsou realitně malé a časová náročnost není velká. Jedním z limitních faktorů tohoto přístupu je omezená možnost modelování detailů. Druhým omezením je výška konstrukce. Uvedené výsledky ukazují, že tento výpočetní model 1D není vhodný pro nosníky vyšší než 2 m. Tato výška je také formální hranicí mezi stěnou a nosníkem dle EC2 pro tuto betonovou konstrukci, což je ve shodě s dosaženými výsledky. Použití výpočetních modelů 2D je vhodné u podrobných nelineárních analýz. Výpočetní model 2D se může použít pro nosníky i stěny. Při použití výpočetního modelu 2D je nutné zohlednit omezení metody konečných prvků. Tyto výpočetní modely 2D jsou například velmi citlivé na koncentrace napětí v blízkosti podpor (zvláště u bodových podpor).

PODĚKOVÁNÍ

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. (This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, project No. 1M0579, within activities of the CIDEAS research centre.)

LITERATURA

- [1] SUCHARDA, O. Numerická analýza 2D modelu betonové stěny, In. *Modelování v mechanice 2008*. Mezinárodní konference. Ostrava, 2008. pp. 51-52. ISBN 978-80-248-1705-7.
- [2] SUCHARDA, O. Nelineární výpočet betonového nosníku, In. *Juniorstav 2008*. Mezinárodní konference. Brno, 2008. pp. 233. ISBN 978-80-86433-45-5.
- [3] ZIENKIEWICZ, O. C. The Finite Element Method in Engineering Science. London: McGraw-Hill. 1971.
- [4] KOLÁŘ, V. Metoda konečných prvků, Skriptum, Praha: SNTL. 1971.
- [5] RELEASE 11 DOCUMENTATION FOR ANSYS, SAS IP, INC., 2007

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Ing. Jiří Brožovský, CSc., VUT v Brně

Lucie FOJTOVÁ¹, Marian MARSCHALKO², Radka FRANEKOVÁ³, Luděk KOVÁŘ⁴

POTŘEBY SROVNÁNÍ METOD PRO MĚŘENÍ VLHKOSTI NA MEZI TEKUTOSTI DLE ČSN A
NOVĚ PŘIJÍMANÉ EVROPSKÉ LEGISLATIVY

NEEDS OF COMPARISON FOR LIQUID LIMIT MEASUREMENT ACCORDING TO CZECH
STATE STANDARD AND NEW RECEIVED EUROPEAN LEGISLATION

Abstrakt

Cílem publikace je studium korelace mezi metodikou stanovení vlhkosti na mezi tekutosti pomocí Casagrandeho misek dosud platné české státní normy a metodikou založenou na principu kuželové zkoušky dle nově implementované evropské normy. To umožní lepší návaznost využití rozsáhlého statistického souboru průzkumů realizovaných pro účely zakládání staveb v minulosti, které jsou k dispozici v Geofondu, na nově prováděné inženýrskogeologické průzkumy dle nové evropské normy v souvislosti s vlhkostí na mezi tekutosti pro velmi rozšířené jílovité zeminy. Rozpětí hodnot u zjištěných vzorků se pohybovalo od 21,49 do 49,56 % dle Casagrandeho a u kuželové zkoušky se pohybovalo v hodnotách od 24,11 do 51,07 %. Rozdíl výsledků u identických vzorků dosahoval hodnot od 1,15 do 4,19 %. Studovaný průměrný rozdílový koeficient mezi metodami má hodnotu 2,55 %.

Klíčová slova: vlhkost na mezi tekutosti, kompatibilita norem, inženýrská geologie, Ostravská pánev
Key words: liquid limit measurement, compatibility of standards, engineering geology, Ostrava Basin

1 ÚVOD

Cílem studie je analýza korelace mezi metodikou stanovení vlhkosti na mezi tekutosti pomocí Casagrandeho misek dle ČSN a metodikou založenou na principu kuželové zkoušky dle evropské normy. To by umožnilo lepší kompatibilitu a návaznost využití rozsáhlého statistického souboru průzkumů realizovaných pro účely zakládání staveb v souvislosti s vlhkostí na mezi tekutosti.

V *první etapě* byla provedena srovnávací studie obou výše uvedených metodik, která je teoretickým základem pro následně realizované laboratorní práce.

V rámci Ostravské pánve, po vyspecifikování lokalit, proběhly odběry vzorků jílovitých zemín. Následné *studium v laboratořích* fy K - GEO bylo zaměřeno na laboratorní zkoušky odebraných vzorků metodami Casagrandeho misek a kuželovou zkouškou.

V *poslední etapě* byla realizována srovnávací analýza pro určení korelační závislosti, která je důležitou pomůckou pro inženýrskogeologickou praxi.

¹ Ing. Lucie Fojtová, Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 59 732 3505, e-mail: lucie.fojtova@vsb.cz.

² Doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D., Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 59 732 3505, e-mail: marian.marschalko@vsb.cz.

³ Bc. Radka Franeková, Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. (+420) 59 732 3505, e-mail: radka.franekova.st@vsb.cz.

⁴ Ing. Luděk Kovář, Ph.D., K-Geo, Mastná, Ostrava, tel. (+420) 59 611 7633, e-mail: ludek.kovar@kgeo.cz.

2 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE A PŘEDMĚT NOREM

Tyto technické specifikace popisují zkušební metody pro stanovení konzistenčních mezí zeminy. Soudržné zeminy jsou směsí jílových, prachových a často i písčitých zrn. V přírodě mohou obsahovat vázanou i volnou vodu. Množství vázané vody narůstá v zemině s podílem a typem jílového minerálu a výměnných kationtů. Fyzikální stav soudržné zeminy, závislý na vlhkosti, je tzv. konzistence nebo konzistenční stav. *Konzistenční meze* jsou mez tekutosti, mez plasticity a mez smrštění. Tyto meze jsou nazývány jako konzistenční nebo Atterbergovy (podle norského odborníka Atterberga, který je první použil pro charakterizování zemin).

Mezí tekutosti se rozumí vlhkost zeminy vyjádřená v % hmoty vysušené zeminy (tj. zeminy vysušené při teplotě 100 až 110°C) do stálé hmotnosti, při níž zemina přechází ze stavu plastického do tekutého. Zkušební vzorek může být získán z přirozené zeminy nebo ze zeminy, u které byl odstraněn materiál zachycený při prosévání na síť o průměru oka 0, 4 mm (nebo jemu nejbližším). Norma přijala kužele o tvarech 60 g / 60° a 80 g / 30°.

Mez tekutosti (liquid limit) w_L je empiricky stanovená vlhkost, při které zemina přechází ze stavu tekutého do stavu plastického.

Mez plasticity je nejnižší vlhkost zeminy, při které je zemina plastická. Stanovení meze plasticity se obvykle provádí souběžně se stanovením meze tekutosti.

Mez plasticity (plastic limit) w_p je empiricky stanovená vlhkost, při které je zemina natolik vysušená, že ztrácí svoji plasticitu.

Index plasticity (plasticity index) I_p je početní rozdíl mezi mezí tekutosti a mezí plasticity zeminy.

Stupeň tekutosti (liquidity index) I_L je rozdíl přirozené vlhkosti a meze plasticity zeminy v poměru k indexu plasticity zeminy.

Stupeň konzistence (consistency index) I_C je rozdíl meze tekutosti a přirozené vlhkosti zeminy v poměru k jejímu indexu plasticity.

Index koloidní aktivity jílu (activity index) I_A je poměr indexu plasticity k podílu jílovité frakce zeminy.

Podíl jílovité frakce (clay size fraction) CF je suchá hmotnost zrn, která mají ekvivalentní průměr rovný nebo menší než 0,002 mm, dělená celkovou suchou hmotností zkušební vzorku (nebo suchou hmotností zkušební vzorku po odstranění hrubé frakce).

Hrubá frakce (coarse fraction) jsou částice zeminy, které jsou zadrženy na sítu o průměru oka 4 mm.

Mez tekutosti w_L se určuje pomocí Casagrandeho přístroje nebo Vasiljevovým kuželem. Při první metodě získáme mez tekutosti tehdy, když se koláček zeminy, s vodorovným a uhlazeným povrchem, umístěný v misce přístroje a rozdělený normovým nožem na dvě části, slije po 25 úderech misky o podložku v délce $12,5 \pm 0,5$ mm, a to při rychlosti dvou úderů za sekundu. Podrobný postup předepisuje ČSN 72 1014 – Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin. Použijeme-li kužel, odpovídá mezi tekutosti ta vlhkost, při níž se hladký kovový kužel se středovým úhlem 30° a s hmotností 80 g, položený na uhlazený povrch vzorku, zaboří vlastní tíhou do hloubky 20 mm během 5 sekund. Postup je uveden v nové evropské normě ČSN CEN ISO/TS 17892/12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí.

3 TEORIE K NORMÁM

3.1 Resumé norem

3.1.1 ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemín

Tato technická specifikace popisuje celkem tři způsoby stanovení konzistenčních mezí, a to stanovení meze tekutosti pomocí misky standardním způsobem, stanovení meze tekutosti pomocí misky jednobodovou metodou a stanovení meze tekutosti pomocí kužele (Vasiljev). Vzhledem k tomu, že předmětem studie dle starší normy bylo pouze stanovení meze tekutosti pomocí misky jednobodovou metodou, která byla v minulosti nejvíce používána, je tato metoda blíže specifikována v této kapitole.

Zemina se v přípravném stádiu nechá vyschnout na vzduchu, poté se rozmělní pryžovou třenkou a proseje sítem 0,5 mm. Podíl zeminy, která propadne sítem z celkového množství celého vzorku, se zaznamená.

Pro správné provedení zkoušky je nutné správné seřízení přístroje a důkladná příprava vzorku.

Minimální množství zeminy pro jednobodovou metodu je 50 g přirozené zeminy. Tento suchý vzorek je nasypán na skleněnou desku, kde se přivlhčí destilovanou vodou a nožem se důkladně promíchává a hněte. Hnětení by mělo trvat alespoň 10 minut. Vlhkost zeminy musí být taková, aby se koláček zeminy slil přibližně po 25 úderech misky.

Zemina se poté uloží do vzduchotěsné váženky a nechá se nejméně 24 hodin uležet za normální pokojové teploty. Bezprostředně před zkouškou se zemina hněte po dobu alespoň jedné minuty.

Z prohněteného těsta se odebere nožem část zeminy a vloží se do misky nad místo, kde se miska opírá o podkladovou desku. Povrch zeminy v misce je třeba uhladit nožem do roviny rovnoběžné s podkladovou deskou. Koláček zeminy v misce by měl mít v nejvyšším místě maximální tloušťku 1 cm. Vyřezávacím nožem (obr.1a) se v koláčku zeminy vyřízne (vytlačí) rýha, jejíž osa prochází středem závěsu misky (obr.1b). Poté se přístroj zapne a miska s rozfíznutým koláčkem zeminy se nechá dopadat z výšky 1 cm na podkladovou desku. Proces je třeba přerušit v okamžiku, kdy se obě poloviny koláčku slijí v dolní části rýhy na požadovanou délku 12,5 mm ($\pm 0,5$ mm). Počet úderů, který byl potřebný pro slití obou polovin koláčku zeminy, se zaznamená. Tento počet úderů N nesmí být vyšší než 30 a nižší než 20, v opačném případě se zkouška musí opakovat.

Z obou polovin koláčku je odebrán vzorek zeminy přibližně ze středu v množství asi 10 g a uložen do vzduchotěsně uzavřené váženky. U vzorku se stanoví vlhkost podle ČSN 72 1012 (Laboratorní stanovení vlhkosti zemín).

Při *vyhodnocení* se z odebraného vzorku stanovuje vlhkost podle ČSN 72 1012, která odpovídá příslušnému počtu úderů misky N . Mez tekutosti w_L se stanoví podle vzorce:

$$w_L = w_N - \left(\frac{N}{25} \right)^{0,12}$$

kde w_N je vlhkost příslušná zemině, která se slila po N úderech,

0,12 je tangenta přímky funkce „vlhkost - počet úderů“.

Hodnoty vlhkostí na mezi tekutosti se uvádějí v celých procentech sušiny.

U výsledku meze tekutosti w_L je třeba zaznamenat, že byla stanovena jednobodovou metodou a jaký podíl z celkového množství zeminy zaujímají zrna průměru většího než 0,5 mm.



Obr. 1a: (vlevo) Štěrka, nůž a vyřezávací nůž; **Obr. 1b:** (vpravo) Casagrandeho přístroj s rýhou uprostřed misky před slitím obou koláčků

3.1.2 ČSN CEN ISO/TS 17892/12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí vlhkosti zemin.

Tato technická specifikace popisuje stanovení meze tekutosti pomocí kuželové zkoušky a stanovení meze plasticity. Vzhledem ke studiu meze tekutosti, bude v této kapitole přiblížen pouze postup pomocí kuželové zkoušky pro její stanovení.

Pro tuto zkoušku byl přijat kužel s parametry 60 g (hmotnost)/ 60° (vrcholový úhel) a 80 g/ 30° a bylo prokázáno, že získané výsledky zkoušek meze tekutosti pomocí těchto tvarů kuželů jsou shodné.

Zkouška by měla proběhnout pokud možno na zemině v jejím přirozeném stavu. Pro stanovení meze tekutosti je třeba mít kolem 200 g zeminy, jež byla proseta sítím s otvory 0,4 mm nebo jemu nejbližším. Je možné stanovit mez tekutosti i mokrou metodou (sedimentace až na čistou vodu, což je zdlouhavé a časově těžko realizovatelné, viz Příloha 2, odstavec 6 – 15), ale vzhledem k tomu, že tato metoda nebyla předmětem zkoumání, nebude v této kapitole blíže popsána. Pokud je v zemině hrubozrnný materiál, je třeba jej odstranit. Přednost by se měla dát spíše ručnímu odstraňování zrn, než prosévání za mokra.

Připravená pasta se důkladně promíchá, a pokud je třeba, může se přidat takové množství destilované vody, aby první kuželová penetrace dosahovala hodnot do 7 mm u kužele 60 g/ 60° a 15 mm u 30 g/ 80°.

Část promíchané zeminy se přemístí plochým nožem do čisté a suché misky, přičemž je snaha nepromíchat zkušební vzorek se vzduchem. Prebytečnou zeminu je potřeba stáhnout srovnávacím pravítkem z důvodu vytvoření hladkého rovného povrchu.

Penetrační kužel, který je aretován ve zdvižené pozici, musí být spuštěn tak, že se takřka dotýká povrchu zeminy. Kužel je ve správné pozici právě tehdy, pokud při jemném pohybu s miskou hrot kužele označí povrch zeminy.

Poté se kužel uvolní a ponechá ve spuštěné pozici po dobu 5 ± 1 s (obr.2a,b). Jestliže přístroj není vybavený automatickým uvolňovacím a zajišťovacím zařízením, je třeba dát pozor, aby při uvolňování nedošlo ke škrtnutí přístrojem.

Penetrace kuželem (hloubka zaboření kuželu) se vypočítá jako rozdíl mezi počáteční a konečnou polohou dřívku kuželu a zaokrouhlí se na 0,1 mm.

Poté se kužel vytáhne a očistí a do misky se přidá trochu vlhké zeminy tak, aby se nevytvořila vzduchová bublina. Povrch se vyrovná.

Postup je třeba opakovat, dokud rozdíl mezi dvěma následujícími penetracemi není menší než 0,5 mm pro kužel 80 g/ 30° a 0,4 mm pro kužel 60 g/ 60° **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Musí se vypočítat průměr posledních dvou penetrací.

Z penetrační zóny kužele se odebere vzorek (± 10 g), na kterém se stanoví vlhkost podle normy ČSN CEN ISO/TS 17892-1 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 1: Stanovení vlhkosti zemin.

Celý tento postup je třeba opakovat nejméně třikrát (celkem 4 zkoušky) za použití stejného zkušebního vzorku, ale s jinými vlhkostmi. Množství vody vysušené (nebo dodané) musí být takové, aby rozsah penetračních hodnot, byl pokryt čtyřmi a více se opakujícími testy.

Co se týče výsledků testů vztah mezi vlhkostí (%) a penetrací kužele se vynese v semilogaritmickém měřítku s vlhkostí na vodorovné ose a penetrací kužele, v logaritmickém měřítku na ose svislé. Poté se vykreslí nejlepší přímková náhrada, spojnice vynesných bodů. Z grafu se musí odečíst vlhkost, která odpovídá 10 mm penetraci kužele při použití kužele 60 g/ 60°, nebo vlhkost, která odpovídá 20 mm penetraci kužele při použití kužele 80 g/ 30°.



Obr. 2a: (vlevo) Kuželová zkouška - zaboření kužele do těsta; **Obr. 2b:** (vpravo) Penetrometr po zaboření

3.2 Metodické rozdíly v obou normách

Ke dni 1. 5. 2008 byla norma ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin zrušena. Nahradila ji nová evropská norma ČSN CEN ISO/TS 17892-12 Geotechnický průzkum a zkoušení – laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí. Obě normy popisují zkušební metodu pro stanovení konzistenčních mezí zeminy. Mez tekutosti w_L se určuje pomocí Casagrandeho přístroje (ČSN 72 1014) nebo Vasiljevovým kuželem (ČSN CEN ISO/TS 17892-12). Uvedené metody nejsou rovnocenné.

Vlhkost a plasticita rozhodujícím způsobem ovlivňují mechanické vlastnosti zemin. Pokud má zemina kašovitou konzistenci, je tekutá, nemá žádnou pevnost a není tedy schopná přenášet žádné zatížení. Naproti tomu stejná zemina s velmi malou vlhkostí může mít tvrdou konzistenci, taková zemina má vysokou pevnost a je schopná přenášet poměrně velká zatížení. Určitá soudržná zemina má stále meze konzistence. Stálý je též rozdíl mezi mezí tekutosti a mezí plasticity, tzv. číslo plasticity I_p .

Při první metodě získáme mez tekutosti tehdy, když se koláček zeminy, s vodorovným a uhlazeným povrchem, umístěný v misce přístroje a rozdělený normovým nožem na dvě části, slije po 25 úderech misky o podložku v délce $12,5 \pm 0,5$ mm, a to při rychlosti dvou úderů za sekundu. Použijeme-li Vasiljevův kužel, odpovídá mezi tekutosti ta vlhkost, při níž se hladký kovový kužel se středovým úhlem 30° a s hmotností 80 g (60 g/ 60°), položený na uhlazený povrch vzorku, zaboří vlastní tíhou do hloubky 10 mm během 5 sekund.

Dle neplatné normy ČSN 72 1014 pomocí Casagrandeho přístroje byla zkouška realizovaná především jednobodově. To znamená, že se celý postup prováděl pouze jedenkrát a zkouška měla jediný výsledek. Zatímco u evropské normy ČSN CEN ISO/TS 17892-12, kdy je zkouška realizovaná Vasiljevovým kuželem, je nutno postup opakovat vždy čtyřikrát. Jedná se tedy o zkoušku čtyřbodovou. Z toho vyplývá, že současná norma je přesnější díky většímu počtu měření. Výsledné hodnoty

jsou sice velmi podobné, ale ne úplně stejné. Proto je třeba tyto metody rozlišovat. Symbolem w_L označujeme obvykle vlhkost na mezi tekutosti z Casagrandeho zkoušky, symbolem $\overline{w}_L$ ze zkoušky podle Vasiljeva.

Vyhodnocení výsledků se provádí pomocí počítačových programů. Jedním z nich je program „Klasifikační rozbor zemin“ od Ing. Vratislava Štěpánka (www.stepanek.cz). Tento program automaticky vyhodnotí, po zadání všech požadovaných hodnot, mez tekutosti. Dle staré normy zpracovával pouze křivky a tabelární přehled. U nové normy jsou zpracovány i protokoly ke všem popisným zkouškám.

4 SROVNÁNÍ NOREM NA ZÁKLADĚ REALIZOVANÝCH MĚŘENÍ

Pro stanovení meze tekutosti bylo provedeno celkem 52 zkoušek ve dvou etapách (tab.1). První etapa byla realizovaná s použitím Vasiljevovy zkoušky dle nové evropské normy ČSN CEN ISO/TS 17892-12 s názvem „Geotechnický průzkum a zkoušení – laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí“. Druhá fáze představovala měření identických vzorků pomocí metody Casagrandeho mísky dle starší normy ČSN 72 1014 s názvem „Laboratorní zkoušení meze tekutosti zemin“. Poté následovala fáze korelace výsledků z obou metod vždy u identického vzorku, aby mohlo být vůbec toto srovnání provedeno.

Pozorováním skupin výsledků pomocí Vasiljeva a Casagrandeho byla konvenčně stanovena hranice hrubé chyby (4 %) mezi hodnotami výsledků obou metod dle zkušeností z průběhu celé studie. Tato hranice je níže graficky znázorněna v grafech (viz. obr.3) s výsledky zkoušek (žlutá čára). Zkoušky s hodnotami nad uvedenou hranici je doporučeno zopakovat. Celá skupina měření měla takto nepoužitelných (s hrubou chybou nad 4 %) 9,43 % hodnot.

Grafy regresních závislostí (viz obr.4) ukazují závislost výsledků zkoušek dle Casagrandeho na výsledcích dle Vasiljeva. Použitá regrese umožňuje analyzovat, jakým způsobem ovlivňují hodnoty jedné nebo více nezávislých proměnných hodnotu jedné závislé proměnné. Lineární regrese, která se uplatňuje u těchto dvou metodik měření, byla provedena pomocí jedné z nejpoužívanějších metod nejmenších čtverců, proložením přímky sadou pozorování.

Hodnota spolehlivosti by se měla co nejvíce blížit číslu 1, protože to je hodnota vyjadřující stav s nejvyšší přesností dané hodnoty. U celé skupiny prováděných zkoušek je tato hodnota 0,9780 (viz tab. 2), což znamená, že tyto výsledky jsou poměrně velmi přesné. Také chyba střední hodnoty je u těchto výsledků nízká (1,043 -viz tab. 2).

Bylo provedeno **geostatistické vyhodnocení**, jehož parametry jsou uvedeny v tabulce 3.

Střední hodnota je parametr rozdělení náhodné veličiny, který je definován jako vážený průměr daného rozdělení. Průměr rozdílu výsledků byl u zkoušek vykonávaných samostatně 3,046 %, zatímco u zkoušek, které proběhly pod dohledem zkušeného laboranta, činil pouze 2,549%. Z těchto hodnot je patrné, že při dohledu laboranta byla měření o 0,496 % přesnější. V tomto případě (1. skupina měření) jsou měření charakterizována nižším rozptylem naměřených hodnot. Rozdíly měření se pohybovaly nejvíce v rozmezí 1 – 3 % a nejsou zde žádné hodnoty pod 1 %, a nepřesných výsledků přesahujících hranici 4 % je pouze 5. Zatímco při samostatném měření je rozptyl hodnot mnohem větší a vyskytuje se zde celkem 15 hodnot vyšších než 4 %, zároveň je tady ale i stejný počet hodnot pod hranici 1 %, což představuje nejpresnější měření. Přehledněji to znázorňuje tab. 4 a histogramy četnosti (viz obr. 5, obr. 6, obr. 7).

Medián je ta hodnota argumentu X , která má největší absolutní četnost. Taková hodnota x_i , že přibližně 50% hodnot je větších a 50% menších než tato hodnota. U této statistické hodnoty nejsou v obou skupinách měření velké odchylky.

Směrodatná odchylka vyjadřuje, jak se hodnoty liší od průměrné hodnoty (střední hodnoty). Na výsledcích naměřených samostatně jsou patrné větší odchylky než u hodnot měřených s asistencí,

převážně se to projevuje na zkoušce dle Casagrandeho, což poukazuje na skutečnost, že při měření touto metodou bez dostatečných zkušeností jsou výsledky méně přesné.

Rozptyl výběru představuje tzv. charakteristiku variability. Tato hodnota velmi dobře ukazuje, jak jsou dlouholeté zkušenosti důležité pro správné provedení obou zkoušek, především pak u Casagrandeho zkoušky, kde je rozptyl největší. V případě rozptylu hodnot rozdílů obou metod je pak tato hodnota o téměř sedm jednotek větší v případě samostatného měření.

Špičatost určuje relativní strmost nebo plochost rozdělení v porovnání s normálním rozdělením. Při výpočtu špičatosti se užívá čtvrté mocniny. Kladná špičatost znamená, že rozdělení je poměrně strmé, tak je tomu v případě výsledků u samostatného měření, zatímco u měření s dohledem laboranta je špičatost záporná, což znamená, že rozdělení je poměrně ploché.

Šikmost označuje stupeň asymetrickosti rozdělení veličiny kolem střední hodnoty. Kladné zešikmení označuje rozdělení s asymetrickou stranou, která se vychyluje směrem k více kladným hodnotám. Záporné zešikmení označuje rozdělení s asymetrickou stranou, která se vychyluje směrem k více záporným hodnotám. Při výpočtu šikmosti se užívá třetí mocniny. Naměřené výsledky obou skupin jsou zešikmeny kladně, hodnoty samostatného měření jsou vychýleny více.

Minimum je nejmenší naměřená hodnota.

Maximum je nejvyšší naměřená hodnota.

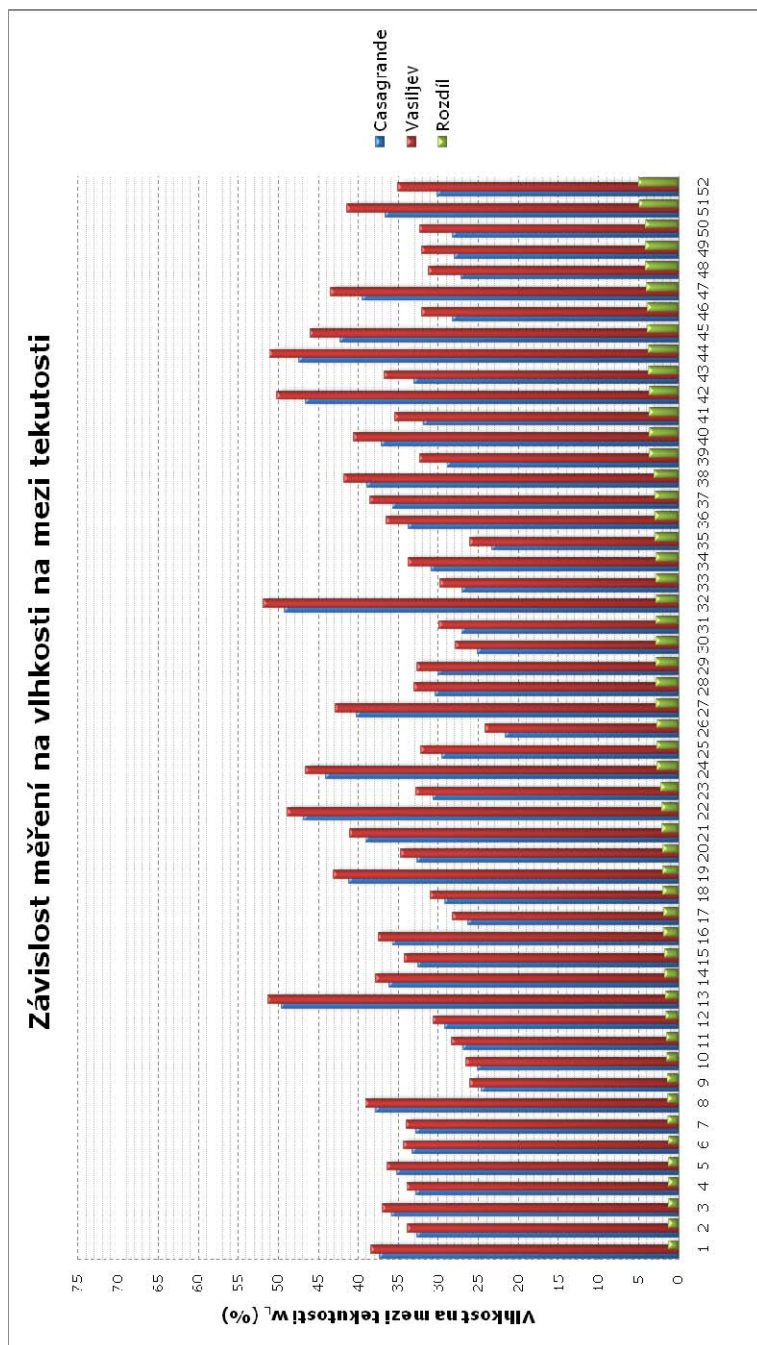
Rozdíl min – max je rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou. Při celé skupině zkoušek bylo *rozpětí hodnot* od 27,22 % do 73,37 % u Casagrandeho a od 28,86 % do 65,22 % u Vasiljeva. Výsledný rozdíl hodnot u totožných vzorků byl od 0,024 % do 12,03 %. Dále je to patrné i z tab. 1, obr. 3 a tab. 4).

Součet je součet všech měřených hodnot. I zde lze pozorovat mnohem vyšší hodnotu součtu výsledků v první skupině měření (samostatné), než u druhé skupiny (se zkušeným laborantem).

Počet je celkový počet hodnot.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty (šikmým písmem jsou znázorněny hodnoty s rozdílem větším než 4 % a s doporučením opakování obou zkoušek)

Číslo	Vzorek	Casagrande	Vasiljev	Rozdíl	Číslo	Vzorek	Casagrande	Vasiljev	Rozdíl
1	23326	37,25	38,40	1,15	27	23327	40,14	42,8,	2,66
2	23303	32,65	33,80	1,15	28	23301	30,32	33,00	2,68
3	23304	35,73	36,90	1,17	29	23312	29,95	32,63	2,68
4	23309	32,72	33,90	1,18	30	23316	25,06	27,78	2,72
5	23339	35,11	36,30	1,19	31	23335	27,07	29,80	2,73
6	23305	33,18	34,37	1,19	32	23318	49,08	51,83	2,75
7	23311	32,8	34,02	1,22	33	23340	26,92	29,67	2,75
8	23313	37,82	39,06	1,24	34	23341	30,89	33,65	2,76
9	23319	24,57	25,98	1,41	35	23307	23,21	26,00	2,79
10	23306	25,05	26,50	1,45	36	23342	33,61	36,41	2,80
11	23320	26,80	28,29	1,49	37	23330	35,65	38,5	2,85
12	23322	29,11	30,65	1,54	38	23343	38,75	41,68	2,93
13	23317	49,56	51,2	1,64	39	23344	28,79	32,34	3,55
14	23324	36,12	37,85	1,73	40	23345	36,98	40,53	3,55
15	23323	32,49	34,24	1,75	41	23314	31,73	35,30	3,57
16	23321	35,66	37,44	1,78	42	23346	46,52	50,13	3,61
17	23331	26,29	28,10	1,81	43	23328	33,02	36,70	3,68
18	23332	29,11	30,99	1,88	44	23347	47,31	51,07	3,76
19	23334	41,18	43,06	1,88	45	23348	42,18	46,00	3,82
20	23315	32,64	34,60	1,96	46	23329	28,16	32,00	3,84
21	23336	39,01	41,02	2,01	47	23349	39,52	43,43	3,91
22	23325	46,72	48,80	2,08	48	23350	27,17	31,17	4,00
23	23337	30,62	32,79	2,17	49	23300	27,97	32,00	4,03
24	23338	44,01	46,59	2,58	50	23351	28,19	32,25	4,06
25	23308	29,45	32,06	2,61	51	23352	36,59	41,37	4,78
26	23310	21,49	24,11	2,62	52	23333	30,09	35,00	4,91

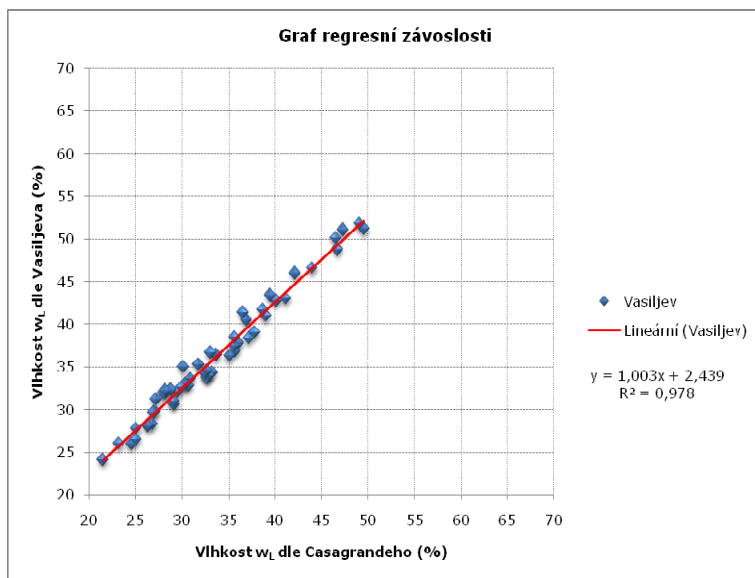


Obr. 3: Graf závislosti hodnot naměřených s pomocí zkušeného laboranta u Vasiljevova kužele - jednotlivá měření seřazená dle velikosti rozdílu vlhkosti na mezi tekutosti

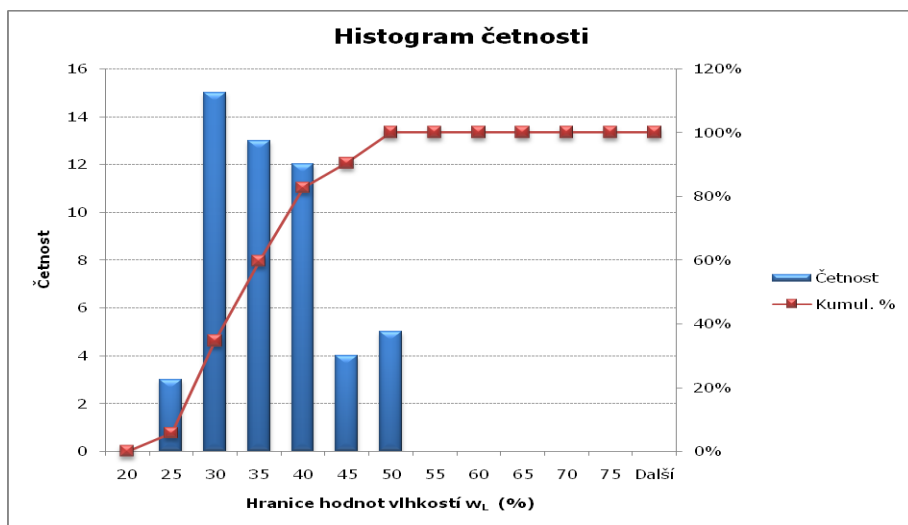
Pozn.: Vasiljevův kužel (červený sloupec) a Casagrandeho misky (modrý sloupec) s uvedením jejich rozdílu (zelený sloupec) na vlhkosti na mezi tekutosti. Žlutou čarou je znázorněna hranice hodnot s rozdílem 4 % (konvenční hranice), nad kterým je doporučeno opakování zkoušek.

Tabulka 2: Parametry regresní závislosti hodnot měření Casagrandeho na Vasiljevovi

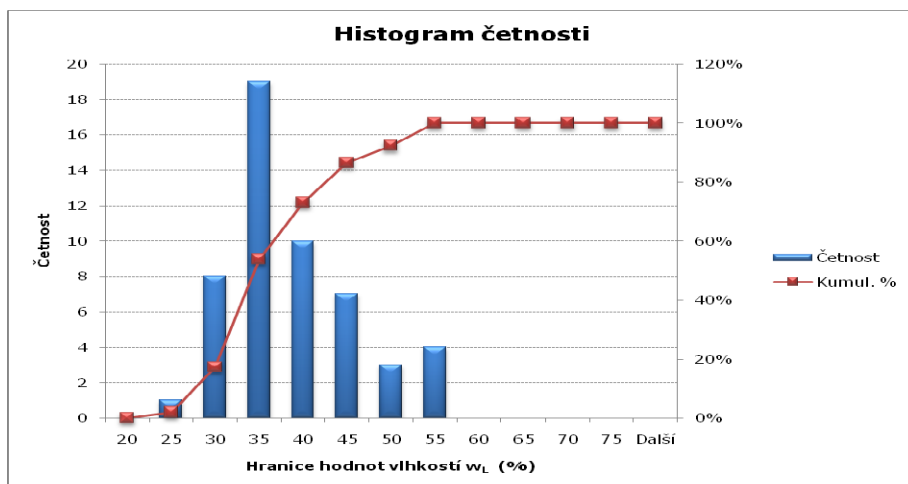
Regresní statistika	
Násobné R	0,988957747
Hodnota spolehlivosti R	0,978037426
Nastavená hodnota spolehlivosti R	0,977598175
Chyba střední hodnoty	1,043435149
Pozorování	52



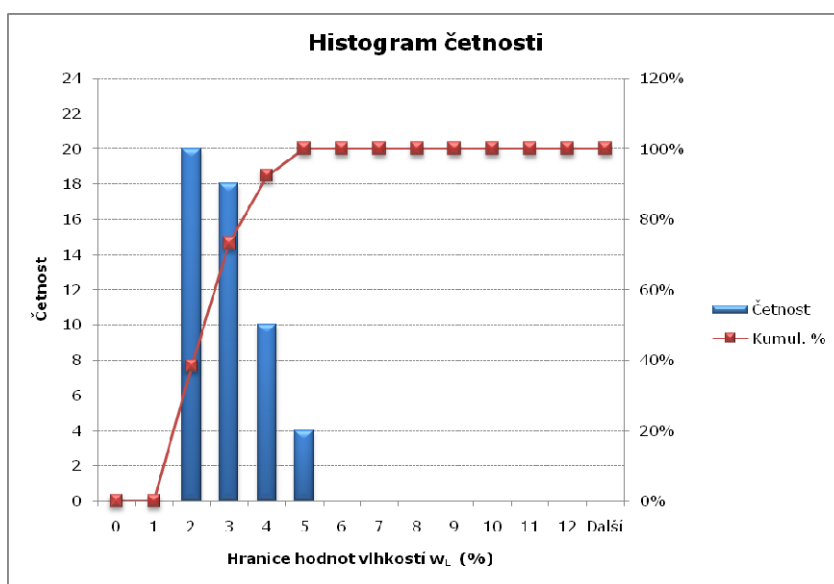
Obr. 4: Regresní závislost hodnot měření Casagrandeho na Vasiljevovi



Obr. 5: Histogram četnosti hodnot vlhkosti na mezi tekutosti dle Casagrandeho



Obr. 6: Histogram četnosti hodnot vlhkosti na mezi tekutosti dle Vasiljeva



Obr. 7: Histogram četnosti rozdílů hodnot vlhkosti na mezi tekutosti u zkoušek dle Casagrandeho a Vasiljeva

Tabulka 3: Tabulka s uvedením hodnot geostatistických parametrů skupiny měření s asistencí zkušeného laboranta (analýza dat)

<i>Casagrande</i>		<i>Vasiljev</i>		<i>Rozdíl</i>	
Stř. hodnota	33,6925	Stř. hodnota	36,23192308	Stř. hodnota	2,539423077
Chyba stř. hodnoty	0,953262473	Chyba stř. hodnoty	0,966767602	Chyba stř. hodnoty	0,143300729
Medián	32,685	Medián	34,485	Medián	2,64
Směr. odchylka	6,874073449	Směr. odchylka	6,971460319	Směr. odchylka	1,033356256
Rozptyl výběru	47,25288578	Rozptyl výběru	48,60125897	Rozptyl výběru	1,067825151
Špičatost	-0,18959265	Špičatost	-0,1593365	Špičatost	-0,78527328
Šikmost	0,617485563	Šikmost	0,638333452	Šikmost	0,385714018
Rozdíl max-min	28,07	Rozdíl max-min	27,72	Rozdíl max-min	3,76
Minimum	21,49	Minimum	24,11	Minimum	1,15
Maximum	49,56	Maximum	51,83	Maximum	4,91
Součet	1752,01	Součet	1884,06	Součet	132,05
Počet	52	Počet	52	Počet	52

Tabulka 4: Tabulka s uvedením základních kategorií měření dle přesnosti měření vlhkosti na mezi tekutosti

	<i>naměřené hodnoty</i>	
	<i>Počet hodnot</i>	<i>Průměr v %</i>
<i>Velmi přesné měření (do 1 %)</i>	0	-
<i>Přesné měření (1 - 3 %)</i>	47	2,346
<i>Nepřesné měření (nad 4 %)</i>	5	4,356
<i>Všechny hodnoty</i>	52	2,549

4.1 Rozdíly a chyby v normách

Obě zkoušky jsou zatíženy chybami. Je známo, že výsledky zkoušek jsou ovlivněny osobním přístupem laboranta, což má za následek vznik rozdílů mezi jednotlivými naměřenými výsledky zkoušek. Konzistenční meze jsou ovlivněny oxidací a jinými změnami zkušebního vzorku v důsledku např. dlouhodobého skladování nebo nevhodné manipulace se vzorkem. To se týká zejména citlivých jííl, jííl s obsahem sulfidů a organických zemín. Stanovení konzistenčních mezi u takovýchto jííl musí proto proběhnout ihned po prohnětení (ČSN CEN ISO/TS 17892-12).

Na výsledky zkoušky meze tekutosti u obou metod má vliv i délka doby potřebná pro provedení zkoušky a počáteční vlhkost zeminy. Při zkoušce Vasiljevovým kuželem mohou vznikat chyby ze špatného promíchání těsta a to před uležením vzorku nebo před samotnou zkouškou.

4.1.1 Chyby při kuželové zkoušce dle Vasiljeva

Pro tuto zkoušku je třeba mít připraveno 200 g zeminy. Větší vliv na výsledky zkoušek má drsnost povrchu kuželu, menší pak odchylka úhlu kuželu nebo tupost vrcholu kuželu. Aby nedocházelo k ovlivnění zkoušky z těchto důvodů, je třeba přístroj pečlivě zkontrolovat minimálně jednou za rok. Z obou norem je patrné, že se v průběhu let změnila hmotnost kužele. Stará norma ČSN 72 1014 uvádí, že celková hmotnost kužele i s rovnovážným zařízením musí být rovna $76 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$. V nové normě ČSN CEN ISO/TS 17892-12 je pak uvedeno, že hmotnost kužele se odvíjí od jeho úhlu. Kužel musí mít 60 g při vrcholovém úhlu kužele 60° , respektive 80 g při vrcholovém úhlu kužele 30° (použito při měření). Na tuto zkoušku má vliv i dodržení správných parametrů dalších pracovních pomůcek (např. váha, sada sít, míchací nádoba atd.), jejichž parametry jsou uvedeny v normě ČSN CEN ISO/TS 17892-12. Pro správnou realizaci zkoušky je třeba všechny uvedené podmínky zkoušky dodržovat a měřicí zařízení musí splňovat parametry normy. Tato kuželová zkouška je méně ovlivněna chybou způsobenou lidským faktorem, jako je tomu u zkoušky dle Casagrandeho, protože je více

mechanizovaná a provádí se minimálně čtyřikrát (čtyřbodová metoda) a tyto čtyři výsledky se průměrují. Laborant pouze odečte penetraci na penetrometru.

4.1.2 Chyby při zkoušce dle Casagrandeho

Casagrandeho metoda je alternativní metoda pro stanovení meze tekutosti zeminy. Jak Casagrandeho přístroj, tak i metodika zkoušky procházely mnoha malými, avšak významnými proměnami od dob, kdy byl tento postup poprvé představen Casagrandem v roce 1932. V minulosti měl např. Casagrandeho přístroj kličku, kterou se otáčelo rychlostí 2 otáčky za vteřinu, čímž se miska s rozříznutým koláčkem zeminy uvedla do pohybu. Později byl tento přístroj automatizován tak, že klička byla nahrazena motorkem. Další rozdílností je možnost různé drsnosti povrchu Casagrandeho misky daného jednak délkou jejího používání, respektive různou drsností již od výroby.

Pro tuto zkoušku je potřeba 50 g zeminy. Co se týče samotného vykonávání zkoušky, největší nepřesnosti vznikají při samotné zkoušce z nesprávného odhadnutí délky slití obou koláčků zeminy. Je třeba přesně určit, při kterém úderu se oba koláčky zeminy slijí na požadovanou délku 12,5 mm ($\pm 0,5$ mm). Ne vždy je tato situace úplně zřejmá a osobní přístup laboranta zde hraje roli. Každý laborant může přesné slití koláčku vidět při jiném počtu úderů. Dalším aspektem je dlouholetá zkušenost. V minulosti, kdy platila stará norma ČSN 72 1014, bylo proto často vyžadováno, aby v jedné laboratoři tuto zkoušku vykonávala pouze jedna osoba. Geologové, kteří poté využívali výsledky k dalšímu zpracování, si na přístup jednoho laboranta zvykli a dokázali s ním dále lépe spolupracovat. U této zkoušky je třeba věnovat také zvýšenou pozornost správnému tvaru vyřezávacího nože a seřízení přístroje, především výšky zdvihu misky.

Rozdíly v naměřených hodnotách jsou pak způsobeny především uvedenými chybami. Vzhledem k tomu, že se jedná o přesné měření, může i malá odchylka způsobit větší rozdíl ve výsledcích.

4.2 Zvyklosti laboratoře

Vykonávání zkoušek přesně dle evropské normy ČSN CEN ISO/TS 17892-12 je velice obtížné a zdoluhavé. Jde především o přípravu vzorku dle normy. V ní se uvádí, že „je potřeba mít kolem 200 g přirozené zeminy proseté sítím s otvory 0,4 mm nebo jemu nejbližšímu“, přičemž přirozená zemina je vzorek odebraný např. z vrty apod. a doručený do laboratoře. Má svou přirozenou vlhkost a většinou tuhou konzistencí, proto je téměř nemožné ho přesít sítím. Dále je uvedeno, že „zemina se musí nechat přiměřenou dobu sedimentovat a pak se musí slít čistá voda. Tato suspenze musí být částečně vysušena na vzduchu nebo v sušárně při teplotě, která nepřesáhne 50 °C, případně filtrací, až se z ní stane tuhá pasta. Lokálnímu přeschnutí povrchu nebo okrajů se musí zabránit opakovaným promícháním. Pasta má mít konzistenci odpovídající zhruba penetraci 7 mm při použití kužele 60 g / 60° nebo 15 mm pro kužel 80 g / 30°.“ Ve skutečnosti by však tento postup mohl trvat měsíc i déle, což je nepřijatelné z časových důvodů.

Laboratoře se normou řídí, ale zkoušky vykonávají dle svých zvyklostí. Ty jsou uvedeny v psaném dokumentu a do výsledného protokolu se uvádí, že zkouška je provedena v souladu s metodickým postupem dle ČSN CEN ISO/TS 17892-12 a zvyklostí laboratoře.

4.3 Vliv petrografického složení zemin na vlhkost na mezi tekutosti

Dalším aspektem, který je pro zkoušky důležitý, je *minerální složení zemin*, především pak jílových minerálů. Ty patří mezi nejrozšířenější minerály v horninovém systému zemské kůry a jsou podstatnou částí půdního horizontu.

Jíl je hornina, která obsahuje alespoň 50 hmotnostních % částic menších než 2 μm . Je to směsný přírodní materiál, primárně složený z jemně zrnitých minerálů, který je obecně plastický při přiměřeném obsahu vody a ztvrdne po vysušení či vypálení. Součástí jílu bývají především fylosilikáty, tj. silikáty s vrstevnou strukturou, ale kromě nich mohou být v jílech obsaženy i jiné minerály a organická hmota, které mohou, ale také nemusí ovlivňovat jejich plasticitu či tvrdnutím vysušení a

vypálení. Mezi tyto minerály mohou patřit například krystalické i nekrystalické modifikace SiO_2 , minerály skupiny alofanů, živce, zeolity, karbonáty či oxidy a hydroxidy železa a hliníku.

Při specifikaci „jílových minerálů“ se objevují jisté problémy. Z obecně mineralogického hlediska se nemůžeme při definici minerálů opírat o klasifikační kategorie, jako jsou velikost částic či míra plasticity, neboť tyto mezi ně nepatří (a ani nemohou patřit). Ztotožňovat pojem „jílové minerály“ s minerály, které jsou obsaženy v jílech, je také nepřijatelné a to nejen proto, že v jílech může být obsažena celá řada minerálů patřících do různých skupin platného mineralogického systému, ale také proto, že odporuje dosavadnímu chápání pojmu „jílový minerál“ odbornou komunitou. Přes tyto problémy se spojená nomenklaturní komise AIPEA a CMS (Guggenheim a Martin, 1995) dohodla, že minerály přítomné v jílech lze rozdělit do dvou následujících skupin:

1. Jílové minerály

Mezi ně patří nejen všechny fylosilikáty, ale také další minerály, jako například minerály skupiny alofanů, či některé hydroxidy, oxy – hydroxidy a oxidy, které udělují jílům plasticitu a které se vytvrzují po vysušení či vypálení. Na rozdíl od fylosilikátů, bývají však obvykle pouze minoritními složkami jílu.

2. Doprovodné minerály

Jsou pak ty minerály, které sice mohou být v jílech obsažené, ale nepatří mezi výše uvedené jílové minerály (Weiss, et al, 2005).

Soudržné zeminy jsou směsí jílových, prachových a často i písčitých zrn. V přírodě mohou obsahovat vázanou i volnou vodu. Množství vody narůstá v zemině s podílem a typem jílového minerálu a výměnných kationtů. Čím větší je specifický povrch zeminy, čím více a čím aktivnější jílové minerály a výměnné kationty zemina obsahuje, tím větší je její schopnost vázat a udržet vodu (tím větší je i její číslo plasticity I_p).

Kromě mezi konzistence, existuje ještě řada dalších příbuzných charakteristik. Zde jsou nejdůležitější.

1. *Sorpční schopnost*, tj. množství a rychlost nasávání vody vysušenou, rozmělněnou zeminou. (Určil ji Enslin).
2. *Aktivita jílu* je vyjádřena jako podíl čísla plasticity I_p (%) a procentuálního podílu jílového zrna d $< 0,002$ mm na zrnitostní skladbě zeminy. Jíly se stejným mineralogickým složením, původem a geologickou minulostí mají stejnou aktivitu. (Určil ji Skempton).
3. *Maximální molekulární vlhkost* $w_{\max}$ je množství vody, které ze zeminy neodstraníme ani odstředivou silou rovnou 70 000 násobku zemské přitažlivosti. (Určil ji Lebeděv).

5 ZÁVĚR

Předmětem studie je vlhkost na mezi tekutosti, která je stavem empiricky stanoveným, při němž nastává přechod z měkce plastického do tekutého (kašovitého) stavu, tudíž po jeho dosažení se zemina začíná chovat jako tekutá látka.

Vlhkost na mezi tekutosti je zásadní zejména pro zjišťování konzistenčních stavů, které mají rozhodující podíl pro stanovení směrných normových charakteristik zemin, jež představují důležité geotechnické parametry jemnozrnných zemin (jako tříd základové půdy dle normy ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy) pro průzkumy tzv. první geotechnické kategorie. Je vstupním parametrem pro výpočet indexu konzistence a indexu plasticity zemin, které s výše uvedeným úzce souvisí.

Studie byla realizována dvěma metodikami zjišťování vlhkosti na mezi tekutosti Casagrandeho miskami a kuželovou zkouškou dle Vasiljeva. Zjišťování nemělo základ pouze v porovnávání dvou rozdílných metod pro jeden parametr, ale v nalezení důležité kontinuity starší české normy (ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin) a nově implementované evropské normy (ČSN CEN ISO/TS 17892/12: Geotechnický průzkum a zkoušení – laboratorní zkoušky zemin – Část

12: Stanovení konzistenčních mezí). Další význam je vázán na používání obrovského souboru v minulosti realizovaných inženýrskogeologických průzkumů se stanovením tohoto parametru a na potřebu je v současnosti využívat v nově realizovaných průzkumech dle zjištěného korelačního stavu. Archivní práce lze snadno získávat prostřednictvím Geofondu ČR.

Studie byla hodnocena na základě 52 realizovaných laboratorních zkoušek, přičemž každá zkouška byla provedena na identickém vzorku základové půdy. Výchozí postup spočíval v nakrájení nožem, vysušení v sušárně, rozdužení pomocí elektrického mlýna, přivlhčení destilovanou vodou a smíchání. Na závěr před realizací samotných zkoušek se vzorek nechal ustát po dobu 24 hodin za účelem rovnoměrného rozložení vlhkosti.

Následně byly realizovány Casagrandeho misková zkouška a Vasiljevova kuželová zkouška. Je důležité si uvědomit, že kuželová zkouška je dle normy provedena čtyřikrát na jednom vzorku, zatímco Casagrandeho pouze jednou. Další významné rozdíly jsou zřejmé jak v použití přístrojů, tak v samotném provedení zkoušky.

Rozpětí hodnot u zjištěných vzorků se pohybovalo od 21,49 do 49,56 % dle Casagrandeho a u kuželové zkoušky se pohybovalo v hodnotách od 24,11 do 51,07 %. Rozdíl výsledků u identických vzorků dosahoval hodnot od 1,15 do 4,19 %. Průměrný rozdílový koeficient mezi metodami je 2,549 %.

Průměrné rozdílové koeficienty je možno v budoucnu použít jako korelační součinitele, přičemž jejich použití by bylo potřeba upřesnit ještě větším souborem porovnávacích zkoušek. Nicméně jejich zjištění je důležité, protože usnadní použití archivních hodnot dle Casagrandeho a v současnosti realizovaných zkoušek dle Vasiljeva u jednoho inženýrskogeologického průzkumu v rámci stejné lokality.

LITERATURA

- [1] ČSN CEN ISO/ TS 17892 – 12 Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemín – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí, Praha: Český normalizační institut, 2005. 15 s.
- [2] ČSN CEN ISO/TS 17892-1 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemín - Část 1: Stanovení vlhkosti zemín, Praha: Český normalizační institut, 2005. 12 s.
- [3] ČSN 72 1012 Laboratorní stanovení vlhkosti zemín, Praha: Český normalizační institut, 2005, 16 s.
- [4] ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemín, Praha, ÚMN, 1968, 9 s.
- [5] Hulla, J., Šimek, J., Turček, P.: Mechanika zemín a zakladanie stavieb, Bratislava, Alfa, 1991, 336 s.
- [6] Šimek, J., Jesenák, J., Eichler, J., Vaniček, I.: Mechanika zemín. 1.vyd., Praha, SNTL, 1990, 388 s.
- [7] Šucha, V.: Íly v geologických procesoch, Acta Geologica Universitatis Comenianae, ISBN, 2001, 159 s.
- [8] Weiss, Z., Kužvart, M. Jílové minerály – jejich nanostruktura a využití, Praha, Karolinum, 2005, 281 s.

Oponentní posudek vypracoval: RNDr. Miloslav Kopecký, CSc.

Matěj FUKA¹, Marian MARSCHALKO², Veronika KŘÍSTKOVÁ³, Luděk KOVÁŘ⁴

**STUDIE DYNAMICKÉ PENETRACE PRO ZLEPŠENÍ MOŽNOSTI INŽENÝRSKO-
GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU V OSTRAVSKÉ PÁNVI**

**STUDY OF DYNAMIC PENETRATION TEST FOR IMPROVEMENT OF POSSIBILITIES EN-
GINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION IN OSTRAVA BASIN**

Abstrakt

Studie se zabývá dynamickou penetrací představující polní průzkumnou metodu, při které se na základě odporu při vnikání soutyčí opatřeného hrotem do zkoumaných zemin zjišťují jejich vybrané fyzikální nebo mechanické vlastnosti a rozhraní vrstev. Dynamická penetrace se provádí zarážením soutyčí úderu kladiva s předepsanou hmotností a výškou pádu, přičemž se zaznamenává počet úderů potřebných na vniknutí soutyčí o předepsané délce (obvykle 10-20 cm). Měřenou charakteristikou je měrný dynamický penetrační odpor, který představuje odpor hrotu při dynamické penetrační zkoušce. Lokalizace studie je vázána na vybranou část Ostravské pánve. Cílem studie je studium aplikace dynamické penetrace ve vybrané části Ostravské pánve pro potřeby zlepšení možností inženýrskogeologického průzkumu v této oblasti, přičemž byly studovány typické dynamické odpory pro odpovídající třídy základových půd.

Klíčová slova: dynamická penetrace, inženýrskogeologický průzkum, Ostravská pánev

Key words: dynamic penetration, engineering geological investigation, Ostrava Basin

1 ÚVOD

Cílem studie je aplikace dynamické penetrace ve vybrané části Ostravské pánve pro potřeby zlepšení možností inženýrskogeologického průzkumu v této oblasti. Dalším úmyslem je studium typických dynamických odporů pro odpovídající třídy základových půd v oblastech charakteristických inženýrskogeologických rajónů zájmové oblasti.

V první fázi studie je realizován výběr zájmového území Ostravské pánve s co největší různorodostí očekávaných dynamických odporů v návaznosti na výše uvedené třídy základových půd a charakteristické inženýrskogeologické rajony. Ve druhé fázi je realizováno měření pomocí metody dynamické penetrace v zájmovém území v návaznosti na realizované průzkumy v rámci spolupráce s firmou K-Geo. Při vlastním penetračním měření se sleduje počet úderů potřebný k zarážení normového hrotu (vrcholový úhel 90°, průměr 44 mm) o délkovou jednotku vyznačenou na měřicím soutyčí o průměru 32 mm. Ze sestrojené grafické závislosti měřeného počtu úderů na dosažené hloubce budou pak interpretovány hloubkové intervaly kvazihomogenních bloků, a ty budou zároveň korelovány s litologickými rozhraními dokumentovanými v okolních průzkumných vrtech. Následující etapou je interpretace a zaznamenání do příslušných mapových podkladů.

¹ Ing. Matěj Fuka, Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. +420 597 323 505, e-mail: matej.fuka.st@vsb.cz.

² Doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D., Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. +420 597 323 505, e-mail: marian.marschalko@vsb.cz.

³ Bc. Veronika Křístková, Institut geologického inženýrství, Fakulta hornicko-geologická, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, tel. +420 597 323 505, e-mail: veronika.kristkova.st@vsb.cz.

⁴ Ing. Luděk Kovář, Ph.D., K-Geo, Mastná, Ostrava, tel. +420 596 117 633, e-mail: ludek.kovar@kgeo.cz.

V závěrečném zhodnocení se rozřídí zrealizovaná měření a zjištěné výsledky do oddělených skupin, které budou definovat příslušné třídy základových půd (inženýrskogeologické rajony) ve vztahu k dynamickým odporům.

2 METODIKA PRÁCE

2.1 Metodika sondování pomocí dynamické penetrace

Zkouška se zabývá stanovením odporu zemin a poloskalních hornin in-situ při dynamické penetraci kuželem. K provádění zkoušky nám slouží dynamická penetrační souprava, kdy k zarážení kužele je používán beran o známé hmotnosti a známé výšce pádu. Penetrační odpor je definován jako počet úderů potřebných k zarážení kužele o stanovenou délku zaboření. Je prováděn spojitý záznam s délkou zaboření (hloubkou). Tato zkouška neumožňuje odebrání vzorků.

Existují čtyři metody dynamické penetrace (viz tab. 1), pokrývající široké spektrum měrné práce na úder. První metoda je lehká dynamická penetrace (DPL), zkouška představující spodní okraj hmotnostního rozsahu zarážecího zařízení. Druhá metoda je střední dynamická penetrace (DPM), zkouška zastupující střední část hmotnostního rozsahu zarážecího zařízení. Třetí metodou je těžká dynamická penetrace (DPH), zkouška představující střední až velmi těžkou část hmotnostního rozsahu zarážecího zařízení. Poslední metoda je velmi těžká dynamická penetrace (DPSH), zkouška představující nejtěžší část hmotnostního rozsahu zarážecího zařízení. (EN ISO 22476)

Při vykonávání zkoušky se soutyčí a kužel musí zarážet vertikálně a bez nepřiměřeného hýbání vyčnívajících částí nástavných tyčí nad povrchem. Dále při zvedání beranu nesmí na kovadlinu a soutyčí působit zatížení. Penetrometr se musí plynule zarážet do země. Rychlost beranu se musí udržovat mezi 15 a 30 úderů za minutu. Zaznamenají se veškerá přerušení trvající déle než 5 minut. Nejméně po každém 1,0 m penetrace se soutyčí musí pootočit o $1\frac{1}{2}$ otáčky nebo tak dlouho, dokud není dosažen maximální moment. Maximální moment potřebný k otočení soutyčí se musí měřit pomocí momentového klíče nebo jiného vhodného zařízení a musí se zaznamenat. V průběhu obtížného zarážení se pro utažení spoju tyčí musí pootočit soutyčí o $1\frac{1}{2}$ otáčky vždy po 50 úderech. Pro zmenšení plášťového tření lze horizontálními nebo dovrchními otvory v dutém soutyčí blízko kužele vstříkovat jílový výplach nebo vodu. Z téhož důvodu může být někdy použito pažení. Počet úderů se musí zaznamenat každých 100 mm penetrace při zkouškách DPL, DPM a DPH a každých 100 mm nebo 200 mm penetrace při zkouškách DPSH. Běžný pracovní počet úderů má být v rozmezí $N/10 = 3$ až 50 u zkoušek DPL, DPM a DPH a v rozmezí $N/20 = 5$ až 100 u zkoušek DPSH. Pro zvláštní účely můhou být tyto meze překročeny. Mimo tyto meze při nízkém penetračním odporu, např. v měkkých jílech, může být zaznamenávána hloubka penetrace na úder. V tvrdých zeminách nebo poloskalních horninách, kde je penetrační odpor velmi vysoký nebo přesahující normální rozmezí počtu úderů, může být zaznamenávána penetrace při určitém počtu úderů jako alternativní ku N- hodnotě.

Obvykle má být zkouška zastavena v případě, kdy buď počet úderů překročí dvojnásobek maximálních hodnot uvedených výše, nebo maximální hodnota je trvale překračována po 1 m penetrace.

Výsledky z dynamické penetrační zkoušky jsou ve většině případů prezentovány jako počet úderů na 10 cm penetrace ($N/10$) vůči hloubce, jako přímý polní záznam a mají být v rozsahu normových hodnot (obvykle 3 až 50). Hodnoty $N/10$ můhou být vyhodnoceny tak, aby udávaly jednotkový odpor na hrotu r_d a dynamický odpor na hrotu q_d . Hodnota r_d je odhadem zarážecí práce vykonané při penetraci zeminy. Další výpočet, k získání q_d , pozměňuje hodnotu r_d tak, aby byla vzata do úvahy setrvačnost soutyčí a beranu po dopadu s kovadlinkou. Ve výpočtu r_d jsou zahrnuty rozdílné hmotnosti beranu, výška pádu a rozdílné tvary kužele.

Zkoušky jsou spolu s přímým průzkumem vhodné především pro kvalitativní stanovení profilu podloží nebo pro relativní porovnání dalších zkoušek prováděných in-situ. Dále mohou být použity pro stanovení pevnostních a deformačních vlastností zemin, zejména nesoudržných a při použití vhodných korelací i pro zeminy jemnozrné. Výsledky lze použít ke stanovení hloubky velmi uleh-

lých vrstev podloží, např. ke stanovení hloubky paty opřených pilot, a pro zjištění velmi kyprých, pórovitých, zásypových nebo výplňových zemin. (EN ISO 22476)

Tabulka 1: Rozměry a hmotnosti přístrojového vybavení čtyř typů přístrojů na dynamickou penetraci

Přístroj na dynamickou penetraci	Značka	Jednotky	DPL (lehká)	DPM (střední)	DPH (těžká)	DPSH (těžká)	
						DPSH-A	DPSH-B
hmotnost beranu, nového	m	kg	10 ± 0,1	30 ± 0,3	50 ± 0,5	63,5 ± 20	63,5 ± 0,5
výška pádu	h	mm	500 ± 10	50 ± 10	500 ± 10	500 ± 100	750 ± 20
Kovadlina							
průměr	d	mm	50 < d < 0,5 Dh a	50 < d < 0,5 Dh a	50 < d < 0,5 Dh	50 < d < 0,5 Dh	50 < d < 0,5 Dh a
hmotnost (max) (včetně vodící tyče)	m	kg	6	18	18	18	30
90° Kužel							
jmenovitá plocha základny	A	cm²	10	15	15	16	20
průměr základny nové	D	mm	35,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	45,0 ± 0,3	50,5 ± 0,5
průměr základny opotřebované (min)		mm	34	42	42	43	49
délka pláště (mm)	L	mm	35,7 ± 1	43,7 ± 1	43,7 ± 1	45,0 ± 0,3	51 ± 2
délka hrotu kužele		mm	17,9 ± 0,1	21,9 ± 0,1	21,9 ± 0,1	22,5 ± 0,1	25,3 ± 0,4
max. dovolené opotřebení hrotu		mm	3	4	4	5	5
Zarážecí soutyčí c							
hmotnost (max)	m	kg/mm	3	6	6	6	8
průměr OD (max)	dr	mm	22	32	32	32	35
odchylka tyče d							
nejnižších 5 m		%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
zbytek		%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Měrná práce za úder	mgh/a En	kJ/m²	50	100	167	194	238

Vysvětlivky:

a - Dh - průměr beranu, v případě čtvercového tvaru se za shodný s průměrem uvažuje menší rozměr beranu

b - pouze pro kužel na ztraceno

c - maximální délka tyče nesmí překročit 2 m

d - odchylka tyče od svislice

POZNÁMKA Udané tolerance jsou tolerance výrobní.

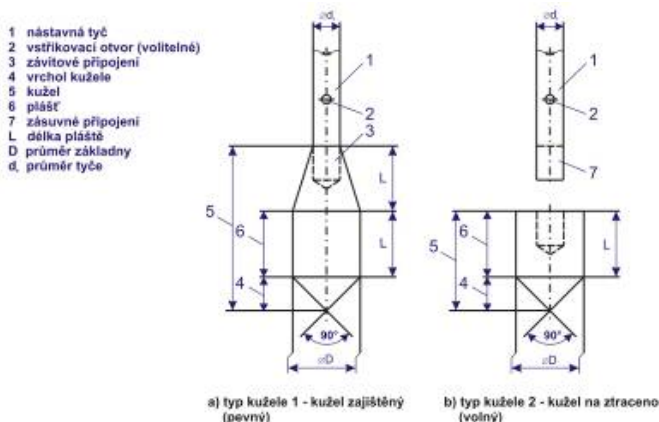
(EN ISO 22476)

2.2 Přístrojové vybavení dle normy

Jako *zarážecí zařízení* je použit *beran*, který musí být veden způsobem, jenž zaručuje minimální odpor v průběhu pádu. Mechanismus automatického uvolnění beranu musí zajistit jeho plynulý volný pád, se zanedbatelnou rychlostí beranu při jeho uvolňování a bez vyvolaných parazitních pohybů v zarážecím soutyčí. Ocelová zarážecí hlavice nebo kovadlina mají být pevně připojeny k horní části zarážecího soutyčí, může být použito i volné spojení. Součástí zarážecího zařízení má být vodící systém zajišťující svislost a vodorovnou podporu částí tyčí vyčnívajících nad terén (EN ISO 22476).

Kovadlina musí být vyrobena z vysokopevnostní oceli. Mezi beran a kovadlinu lze umístit tlumič nebo podložku čepce. (EN ISO 22476)

Kužel je ocelový, musí mít vrcholový úhel 90° , vrchní válcový rozšiřovací plášť, přechod na nastavovací tyče v souladu s obrázkem 1. Kužel může být buď zajištěný (pevný) pro opětovné použití, nebo pro jedno použití (kužel na ztraceno) (viz obr. 1). Při používání kužele na ztraceno musí být konce penetrační tyče vsunuty těsně do kuželu.



Obr. 1: Typy kuželů pro dynamickou penetraci (EN ISO 22476)

Zarážecí soutyčí musí být vyrobena z vysokopevnostní oceli o takových vlastnostech, které zaručují vykonávání příslušných činností, aniž by docházelo k jejich nadměrným deformacím a opotřebení. Tyče musí mít hladké spoje, musí být rovné a můhou mít plošky na zasunutí klíče. Deformace musí být odstranitelné. Průhyb uprostřed nastavné tyče, měřený od spojnice vedené konci tyče, nesmí přesáhnou $1/1000$ délky, tj. 1 mm na 1 m. Mají být používány duté trubky. (EN ISO 22476)

Zařízení pro měření momentu měří moment, potřebný k otočení zarážecího soutyčí. Je ho možno měřit momentovým klíčem nebo speciálním měřicím zařízením. Přístroj musí mít rozsah nejméně 200 Nm a stupnice musí být dělena tak, aby bylo možno odečítat přírůstky momentu alespoň po 5 Nm. Může být použit snímač zaznamenávající moment. K připevnění momentového klíče nebo měřicího zařízení lze použít klíčové plošky na zaráženém soutyčí. (EN ISO 22476)

K *dodatečnému vybavení* se řadí *čítač úderů*, který může být v systému nainstalován a měřením mechanických nebo elektrických impulsů počítá údery beranu.

Zařízení pro měření hloubky penetrace, která je měřena buď přímým odečítáním na stupnici soutyčí nebo pomocí záznamových snímačů. Při použití záznamového snímače musí být rozlišovací schopnost větší než $1/100$ měřené délky.

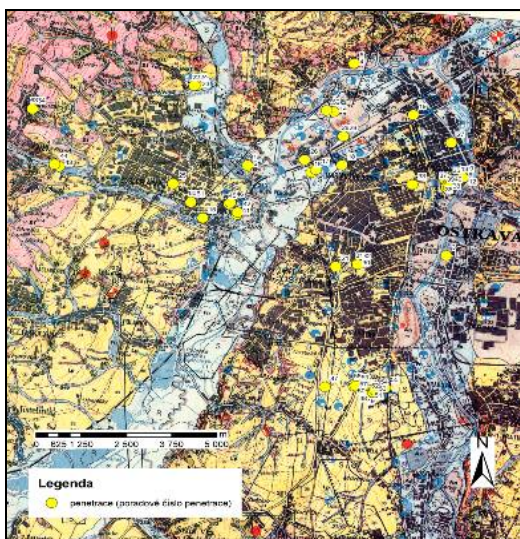
Vstřikovací systém, ve kterém je duté soutyčí (plná koncová část nejnižší umístěné trubky při používání kužele na ztraceno), výplachové čerpadlo, připojené k vestavěnému zařízení pod kovádkou, určené k plnění kruhového prostoru mezi zemínou a zarážecím soutyčím, vytvořeného rozšířeným kuzelem. Výkon čerpadla je takový, že vždy zajišťuje vyplnění mezikruží mezi zemínou a zarážecím soutyčím.

Přístroj pro měření rozměru kužele používáme posuvné měřítko s rozlišením měření na $1/10$ mm nebo jiný ekvivalentní systém.

Zařízení ke kontrole vychýlení tyče od svislice používá vodící lištu, která zaručuje a kontroluje vertikální polohu zaráženého soutyčí. (EN ISO 22476)

2.3 Metodika zhodnocení dynamických odporů v rámci studia

Předmětem práce, jak již bylo zmíněno, bylo vyhodnocení dynamických odporů pro jednotlivé třídy základových půd v zájmové oblasti vybrané části Ostravské pánve (viz obr. 2).



Obr. 2: Mapa zájmové oblasti Ostravské pánve s vyznačením penetrace

Samotná práce probíhala ve dvou etapách. První představovala archivní studium a druhá sěžší, byla realizována v terénu, měřením dynamických odporů těžkou penetrační soupravou systému Borros (obr.3), v rámci spolupráce s firmou K-Geo na probíhajících stavebních průzkumech, čímž mohly měření proběhnout bezplatně, protože byly hrazeny investicí probíhajících průzkumů.



Obr. 3: Těžká dynamická penetrační souprava systému Borros

V rámci obou etap bylo nutno zaznamenat řadu informací souvisejících se studiem dynamických odporů. Jednalo se zejména o údaje o lokalitě prováděné zkoušky, její souřadnice, zjišťování potřebného počtu úderů a průměrného dynamického odporu Q_{dyn} , údaje o příslušné vrstvě – její typ, mocnost a hloubku, třídu zeminy, genezi vrstvy, hladinu podzemní vody a vlastnosti vrstvy.

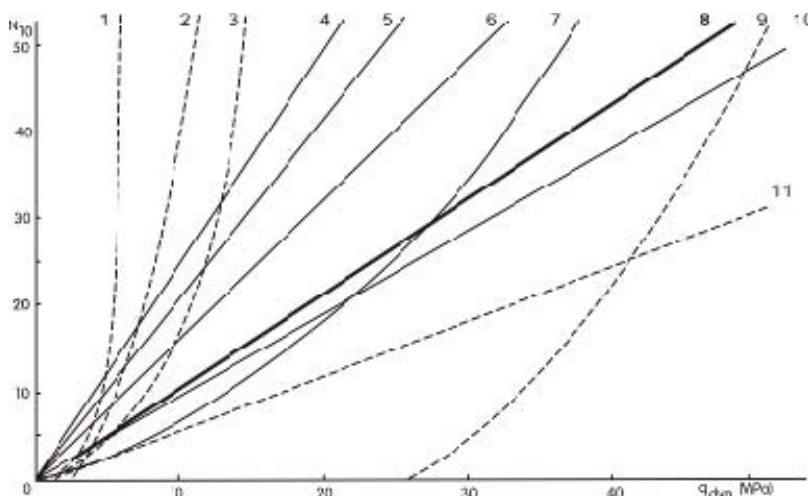
Tímto způsobem bylo zpracováno 104 vrstev, přičemž v první etapě bylo provedeno měření na 46 vrstvách a v druhé proběhlo měření na 58 vrstvách. Lokalizace prováděných měření ve vybrané části Ostravské pánve byla zaměřena hlavně na části Ostravy - Mariánské Hory, Svinov a Zábřeh. Dynamický odpor byl počítán dle Holandského vzorce, přičemž teorie dynamických odporů a důvod výběru této formule a její popis jsou uvedeny v následující kapitole.

3 TEORIE K DYNAMICKÉMU ODPORU

Metoda dynamické penetrační zkoušky je založena na schopnosti hornin klást různý odpor proti dynamickému vniknutí soutyčí opatřeného hrotem v závislosti na jejich litologickém složení a fyzikálně-mechanických vlastnostech.

Provádění zkoušky spočívá v zarážení soutyčí se speciálním hrotem do zeminy úderem beranu, který padá z konstantní výšky. Zaznamenává se počet úderů N potřebný na vnik hrotu se soutyčím o normovou hloubku (délku zarážení). V první fázi vyhodnocování zkoušky se vykreslí záznam do formuláře.

Potřebný počet úderů na vnik hrotu o normovou hloubku je orientační údaj. Při vyhodnocování geologického prostředí se neuvažuje náraz hmotnosti soutyčí penetrační sondy v závislosti od hloubky zkoušky a zanedbává se tření soutyčí o zeminu a podobně. Proto se určuje měrná hodnota dynamického penetračního odporu Q_{dyn} , která zahrnuje všechny uvedené skutečnosti. Protože měrný dynamický penetrační odpor lze určit podle různých autorů, (viz obr. 4) je důležité vědět, podle kterého autora byla hodnota Q_{dyn} vypočítaná. Výsledky Q_{dyn} podle různých autorů se liší až několika násobně. (Matys et al., 1990)



Obr. 4: Graf pro určení měrného dynamického penetračního odporu Q_{dyn} na základě počtu úderů N_{10} podle různých autorů (Matys et al., 1990)

1 – Eng. News $k=2,5$, 2 – Gersevanov, 3 – Hiley (max), 4 – Brix., 5 – Trofimenkov ($k=0,49, j=0,6$), 6 – Hiley (min), 7 – Eng. News $k=0,25$, 8 – Ritter (holandský vzorec), 9 – Gersevanov, 10 – Trofimenkov ($k=0,65, j=1,0$), 11 – Haefeli

V práci bylo potřeba pro hodnocení zvolit jediný výpočet dynamického odporu z mnoha možných, které jsou zobrazeny v grafu obr. 11. Byl vybrán tzv. Holandský vzorec dle Rittera, protože je nejvíce používán v praxi.

Vzorec pro výpočet holandské vzorce dle Rittera:

$$Q_{dyn} = \frac{Q}{Q + q} \frac{Qh}{As}$$

kde Q – tíha beranu (kN), q – tíha soutyčí, kovádky a hrotu v příslušné hloubce, kde určujeme Q_{dyn} (kN), h – výška pádu beranu (m), A – plocha příčného řezu hrotu (m^2), s – zarážení hrotu 1 úderem (m) (Matys et al., 1990).

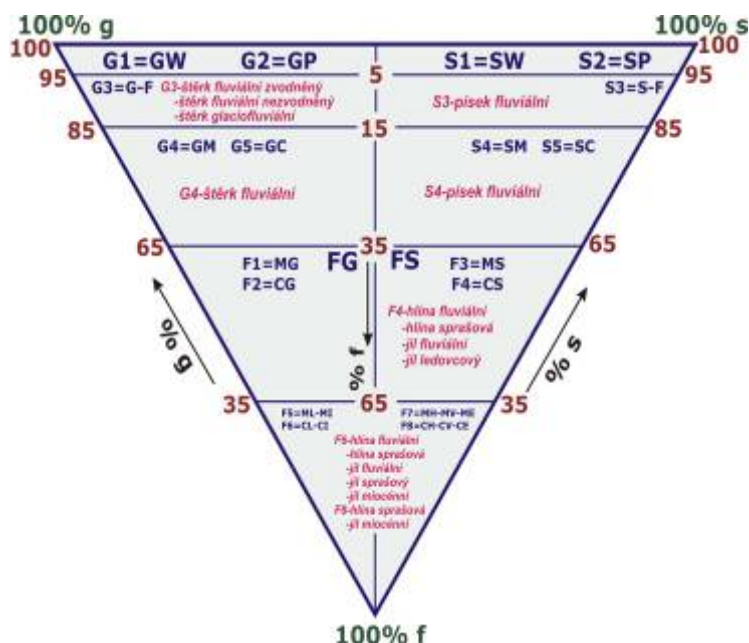
4 ZHODNOCENÍ DYNAMICKÉ PENETRACE DLE ZKOUMANÝCH TŘÍD ZÁKLADOVÝCH PŮD

V rámci archivního vyhodnocování a vlastního měření bylo zpracováno 104 vrstev. Jedná se o třídy zeminy F4 (CS), F6(CL-CI), F8 (CH-CV-CE), G3 (G-F), G4 (GM), S3 (S-F), S4 (SM) a S5 (SC). V následujících podkapitolách bude hodnocena každá třída základové půdy samostatně z důvodu praktického použití výsledku studie, protože když provádíme inženýrskogeologický průzkum hodnotíme každý inženýrskogeologický, respektive geotechnický typ samostatně a s ním je jednoznačně spjat jenom jeden typ základové půdy. Druhým důvodem je to, že pro každou třídu základové půdy nebyly k dispozici stejné genetické typy a proto by nebyla při hodnocení dosažena jednoznačná kontabilita. V poslední podkapitole jsou hodnoceny všechny získané údaje komplexně. Celkový přehled tříd základových půd ve sledovaném území je uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Celkový přehled tříd základových půd s jejich genetickými typy a odpovídajícím průměrným dynamickým odporem Qdyn.

<i>Třída zeminy</i>	<i>Průměrný Qdyn</i>	<i>Geneze vrstev</i>	<i>průměrný Qdyn</i>	<i>Počet vrstev</i>	<i>Poř. penetrace</i>
F4 (CS)	15,1737	hlína fluvialní F4	7,6069	3	17,43,44
		hlína sprašová F4	13,1718	1	57
		jíl fluvialní F4	10,3775	4	17,28,29,59
		jíl ledovcový F4	29,4002	3	25,61,60
F6 (CL-CI)	9,5074	hlína fluvialní F6	3,0396	11	1,2,8,9,10,11,12
					13,18,15,63
		hlína sprašová F6	5,3757	6	7,25,34,56,58,57,
		jíl fluvialní F6	6,7737	6	14,28,29,60,59,58
		jíl sprašový F6	6,9044	4	30,31,32,57
		jíl miocénní F6	43,2924	2	45,52
F8 (CH-CV-CE)	16,6521	hlína sprašová F8	6,3362	5	4,4,5,5,6
		jíl miocénní F8	26,9679	16	15,48,22,23,27,42,49
					51,38,39,40,41,25,35
					36,37
G3 (G-F)	55,9639	šterk fluv. nezvodnělý G3	59,0881	20	46,52,53,54,55,56,62,
					27,1,2,19,20,21,21,24
					26,27,33,33,41,42
		šterk fluv. zvodnělý G3	43,4991	7	2,45,47,48,19,50,51
		šterk glaciofluvialní G3	65,3044	1	16
G4 (GM)	16,3842	šterk fluvialní G4	16,3842	2	15,44
S3 (S-F)	13,0669	písek fluvialní S3	13,0668	4	19,24,61,59
S4 (SM)	8,9181	písek fluvialní S4	8,9181	5	43,43,44,47,62
S5 (SC)	20,1670	písek fluvialní S5	20,1670	2	34,36

Údaje v klasifikačním trojúhelníku (obr. 5) jsou vymezeny výskytem základových půd v zkoumaném zájmovém území a dále provedenými průzkumnými pracemi lokalizovanými na obr.2.



Obr. 5: Klasifikační diagram zemin pro zakládání staveb (ČSN 731001) s měřeními třídami základových pūd s vyznačením geneze

Tabulka 3 uvádí vybrané vlastnosti fyzikálně mechanických vlastností zemin, na kterých byla prováděna dynamická penetrace. Tyto vlastnosti zemin jsou uvedeny z důvodu jejich vztahu k dynamickému odporu, který bude brán v úvahu v jednotlivých podkapitolách.

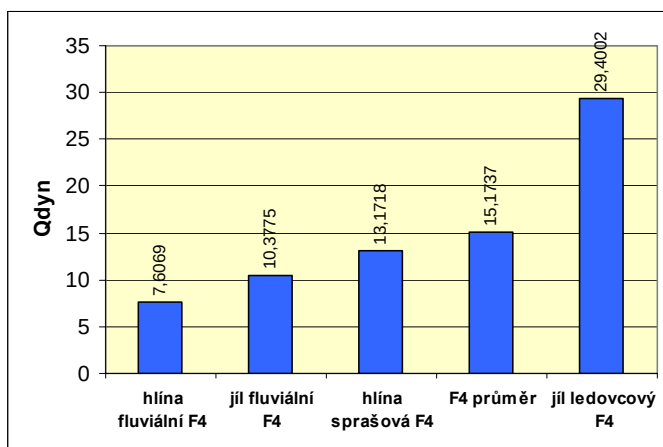
Tabulka 3: Tabulka s příklady vlastností zkoumaných tříd základových pūd

Typ zemi- ny	Prů- měrný Q _{dyn}	Počet vzor- ků	Vlhkost	Měrná hmot- nost	Obje- mová hmot- nost	Mez tekutosti	Mez plastici- ty	Index plasticity	Stu- peň kon- zís- tence	Obje- mová hmot- nost sucha	Póro- vitost
Štěrky fluv. G3	59,088 1	7	0	2,71	0	21,71	17,88	3,83	0	0	0
Jíl fluv. F6	6,7737	2	194,46	2,66	2,03	29,52	16,48	3,83	0,77	1,7	36,1
Jíl mio- cénní F8	26,967 9	3	26,79	2,67	1,95	46,94	17,04	28,77	0,69	1,54	42,4
Hlína fluv. F4	7,6069	1	21,19	2,74	2,03	37,3	19,67	17,63	0,91	1,68	38,8 7
Štěrky fluv. G4	16,384 2	2	0	2,7	0	23,65	17,78	5,87	0	0	0
Hlína sprašová F6	5,3757	2	17,03	2,68	2,1	33,24	15,85	17,39	0,93	1,79	33,0 4
Jíl ledov- cový F4	29,400 2	1	17,13	2,73	1,95	34,73	18,63	16,1	1,09	1,66	39,0 2
Jíl spra- šový F6	6,9044	3	23,83	2,64	1,96	34,66	17,71	16,95	0,64	1,58	39,8 9

4.1 Třída zemin F4 (CS).

Genetické typy spadající do této třídy ve sledovaném území: hlína fluviální, jíl fluviální, hlína sprašová, jíl ledovcový.

Z grafu (obr. 6) lze vyčíst, že nejnižší hodnoty průměrného dynamického odporu jsou zjištěny u genetického typu fluviální hlína a jíl, přičemž pro hlínu fluviální je průměrný dynamický odpor 7,6069 kN a pro jíl fluviální 10,3775 kN. Nejvyšší hodnotu průměrného dynamického odporu vykazuje jíl ledovcový a to 29,4002 kN.



Obr. 6: Graf genetických typů zemin třídy F4 s vyznačením průměrného dynamického odporu Q_{dyn} [kN]

Hlína fluviální a jíl fluviální geneze se liší od následujících dvou genetických typů, hlíny sprašové a jílu ledovcového, především v obsahu vody, kde u typů - *hlína sprašová* (bližší vysvětlení je v kapitole 5.2., protože tam má tento genetický typ výraznější zastoupení) a *jíl ledovcový*, je obsah gravitační vody nižší než u fluviálního typu. To má za následek nižší hodnoty dynamického odporu u fluviálních typů.

V bližším porovnání *hlíny fluviální s jílem fluviálním*, je jako nejpravděpodobnějším rozdílem předpoklad, že hlíny fluviální mají vyšší obsah *organické hmoty* (ne však více než 5%) a vyšší obsah *siltu* (prachovitého podílu) než obsahuje jíl fluviální.

Fluviální hlína odráží charakter povodňového stavu toku, který splachuje materiál ze svého okolí. Odtud plyne předpoklad vyššího obsahu organické hmoty, původně rostoucí a žijící v okolí toku. Představa většího obsahu siltu v hlíně než v jílu vychází z předpokladu probíhající, kromě jiného, eolické sedimentace resp. eroze siltu v okolí toku.

Charakter takovéto hlíny není striktně jílovitý jako je tomu u jílu fluviálního, i když jako dva různé genetické typy spadají do stejné třídy F4 (CS) dle ČSN 73 1001.

Organická příměs snižuje smykovou pevnost hlíny, zvyšuje její stlačitelnost, což vede k nízkým hodnotám průměrného dynamického odporu. Dále, částice organické příměsi, spolu se silem, snižují specifický povrch, tj. sumární plochu vzájemného kontaktu disperzního podílu (částic) a prostředí (plyn, kapalina) v jednotce objemu nebo hmotnosti. Se zmenšením specifického povrchu dochází ke zmenšování kohezních (soudržných) vazebných sil a tím také ke snížení pevnosti.

Konstatování, respektive teorie, na které bude ve studii vícekrát odkazováno, byly nazvány tzv. „teoriemi s pořadovým číslem“.

Teorie č. 1:

Čím větší je plocha kontaktu, tím více se projeví procesy, které se odehrávají na těchto plochách, např. kapilární síly, elektromolekulární přitažlivé síly (Myslivec et al., 1970).

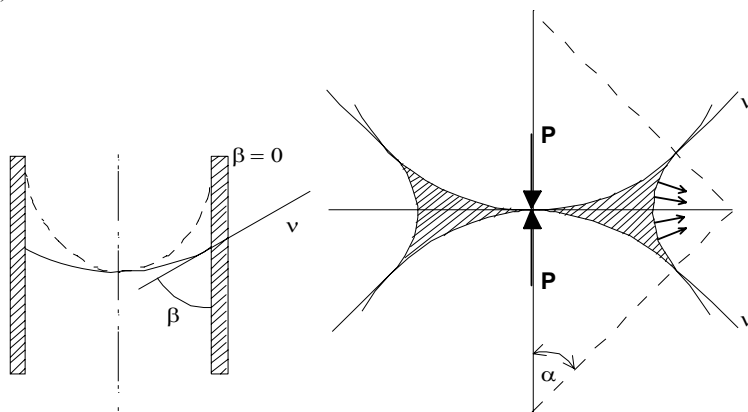
Jíl fluviální naopak představuje odraz klidného stavu toku, pomalé a klidné sedimentace s nižším obsahem organické hmoty a siltu. Specifický povrch je větší, tedy pevnost je větší a dynamický odpor proti pronikání hrotu je také větší než u hlín fluviálních.

U genetických typů **hlíny sprašové** a **jílu ledovcového** jsou vyšší hodnoty dynamického odporu, jak je výše zmíněno, z důvodu sníženého obsahu gravitační vody. Hlína sprašová má průměrný dynamický odpor 13,1718 kN a jíl ledovcový 29,4002 kN.

Působení kapilárních sil je silnější, než jak je tomu u fluviálních jemnozrnných zemin, protože u těchto genetických typů je menší objem hmotnostní vlhkosti. Stahováním vody do vnitřní části tělesa zemního masívu vzniká podtlak, který drží zrna u sebe (viz obr.7). Přiblížením částic podtlakem, dochází k růstu (posilování) elektromolekulárních sil. Částice jsou k sobě působením kapilárních sil přiblíženy a velikost elektromolekulárních sil se zvětšuje. Tím roste pevnost zeminy a zvyšuje se dynamický odpor.

Teorie č. 2:

Kapilární síly jsou výsledkem působícího povrchového napětí kapaliny na zrna zeminy. Komunikující póry jsou nepravidelnou kapilární trubicí. Jestliže voda vysychá, stahuje se do koutů mezi částice zeminy (obr. 7). Je tedy napjata tahem menisků, které se snaží tomuto stahování zabránit. Tah ve vodě přitlačuje zrna k sobě tak, že se projevuje kapilární tlak P . Tento tlak dodává zemině pevnost v tahu a smyku. Pomine jakmile vlhkost v zemině úplně zmizí nebo naopak se zvýšením vlhkosti zeminy (Mencl, 1966).



Obr. 7: Hladina vody v kapilární trubici a menisky kapilární vody v koutech mezi zrny (Mencl, 1966)

Jíly v polosuchém stavu (při hmotové vlhkosti např. 5 - 10 %) jsou silně stlačeny značným kapilárním napětím. Ukazuje to nejlépe skutečnost, že mnohé z nich zvětší svůj objem, když se jejich vlhkost dále zmenšuje, takže mizí kapilární tlak od tahu menisků. Zvyšováním nebo snižováním vlhkosti soudržných zemin se kapilární síly zmenšují až úplně zanikají (Michaels 1959, Mencl, 1966).

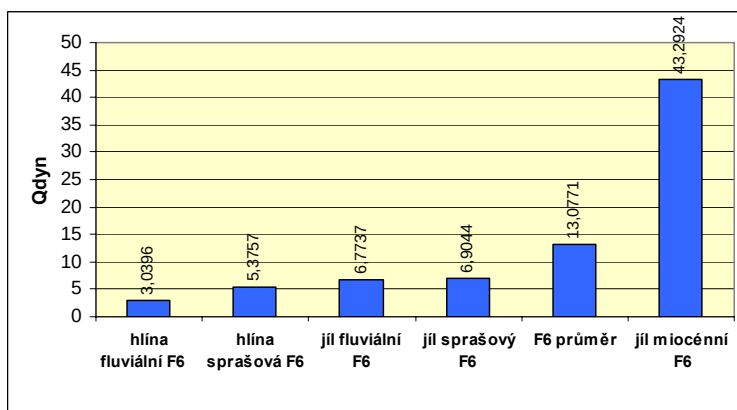
Jíl ledovcový byl navíc zhutněn masou ledovce. Ve struktuře došlo k abnormálnímu přiblížení základních částic, dochází ke konsolidaci, což vedlo k posílení elektromolekulárních vazeb mezi částicemi. Se zvětšující se vzdáleností částic síla vazeb rychle klesá. Vysoká soudržnost zvyšuje hodnotu pevnosti a tedy nejvyšší stanovený dynamický odpor. Další odpor proti pronikání, může způsobovat dilatance.

Dynamický odpor se bude měnit v rámci třídy F4 (CS), se změnou konzistence, a to tak, že poroste se zvyšujícím se indexem konzistence I_c a bude klesat s rostoucím stupněm nasycení S_r .

4.2 Třída zemin F6 (CL-CI).

Do této třídy ve sledovaném území spadá: hlína fluvialní, jíl fluvialní, hlína sprašová, jíl sprašový, jíl miocénní (není genetickým typem, ale je častým typem při inženýrskogeologickém průzkumu a také má, vzhledem ke kvartérním sedimentům, jiný charakter, daný větším diagenetickým zpevněním).

Nejnižší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u genetických typů hlíny fluvialní a jílu fluvialního, přičemž hlína fluvialní má průměrný dynamický odpor 3,0396 kN a jíl fluvialní 6,7737 kN. Nejvyšší hodnotu průměrného dynamického odporu 43,2924 v této třídě, vykazuje jíl miocénní, což je patrné v grafu (obr. 8).



Obr. 8: Graf typů zemin třídy F6 s vyznačením průměrného dynamického odporu Q_{dyn} [kN]

Odlíšnost **hlíny fluvialní** od **jílu fluvialního** je popsána v předcházejícím oddílu třídy F4(CS) (kapitola 4.1.,teorie č.1“). Třída F6 (CL-CI) se od třídy F4 (CS) liší větším podílem jemnozrnné složky:

F6: $f > 65\%$ ($g+s+f$) $w_L < 50\%$ nad čarou A

F4: $f = 35$ až 65% ($g+s+f$) $s > g$ nad čarou A.

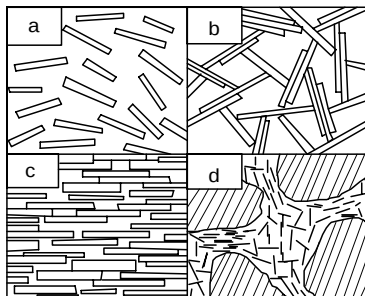
(f – jemnozrnná složka, g – štěrk, s – písek, w_L – vlhkost na mezi tekutosti, A – čára v diagramu plasticity ČSN 72 1001)

Plastické chování této třídy, které je vyvoláno zvýšením obsahu jemnozrnné složky je v jejím názvu – s nízkou plasticitou, symbol CL; se střední plasticitou, symbol CI.

Efektivní soudržnost se snižuje s rostoucí plasticitou. Plastičtější zeminy vážou větší množství vody. Za předpokladu struktury „hrana plocha“ (flokulovaná struktura, viz obr. 9) dochází k růstu množství vázané vody ve sklípčích (Šimek et al., 1990).

Voda v nich zvětšuje vzdálenost mezi částicemi zeminy a tím způsobuje slábnutí přitažlivých elektromolekulárních sil. Rovněž působení kapilárních sil je oslabováno s rostoucím množstvím vody. Kohezní síly jsou oslabeny, snižuje se pevnost a to vede ke snížení hodnot dynamického odporu.

Hlína a jíl fluvialní geneze se liší od následujících dvou genetických typů - **hlína sprašová** a **jíl sprašový**, především v obsahu vody, kde u typů - hlína sprašová a jíl sprašový, je obsah gravitační vody nižší než u fluvialního typu. To má za následek nižší hodnoty dynamického odporu u fluvialních typů.



Obr. 9: Struktura jílu (rovinné schéma), a – dispergovaná, b – flokulovaná, c – paralelní struktura, d – struktura jílu s hrubšími zrný (Šimek et al., 1990)

Hlína sprašová dosahuje průměrného dynamického odporu 5,3757 kN a jíl sprašový 6,9044 kN. Rozdíl v hodnotách dynamického odporu mezi **hlínou sprašovou a jílem sprašovým** tkví v obsahu CaCO_3 . Kde hlína sprašová je odvápněnou či nevápnitou spraší.

Vápník se vyskytuje v zeminách především ve formách: jako jednotlivé zrna uhličitanu vápenatého, jako z roztoku vysrážený povlak CaCO_3 na povrchu zrn, který působí zpravidla jako tmel, nebo jako výměnný kationt Ca.

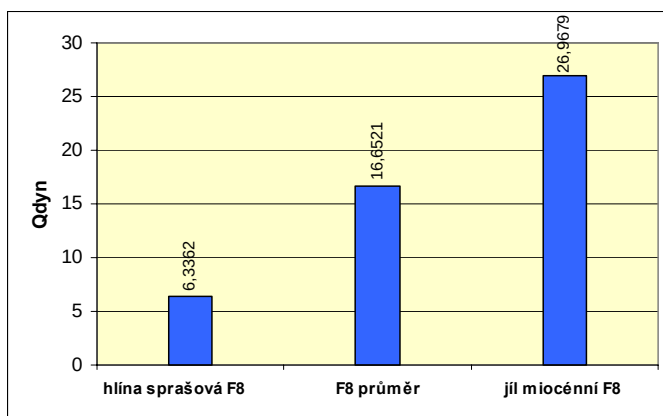
Obsah CaCO_3 všeobecně snižuje plasticitu zeminy (koagulace jemně dispergovaných koloidních částic), zvyšuje propustnost zejména při nízkých vlhkostech i pevnost jemnozrnných zemin. Se zvýšením pevnosti a snížením plasticity přítomností CaCO_3 roste dynamický odpor.

Nejvyšší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u jílu miocénního a to 43,2924 kN. Tento typ má vyšší pevnost, což souvisí s jeho vyšší litifikací způsobenou delším časovým úsekem diagenetického zpevnění v porovnání se zbytkem kvarterních sedimentů všech zkoumaných genetických typů. (Šimek, et al., 1997)

4.3 Třída zemin F8 (CH-CV-CE)

Do třídy F8 (CH-CV-CE) patří ve sledovaném území genetické typy hlíny sprašové a jílu miocénního.

Nižší dynamický odpor 6,3362 kN vykazuje hlína sprašová, výrazně vyšší dynamický odpor 26,9679 kN odpovídá jílu miocénnímu, což udává graf (obr. 10).



Obr. 10: Graf genetických typů zemin třídy F8 s vyznačením průměrného dynamického odporu Q_{dyn} [kN]

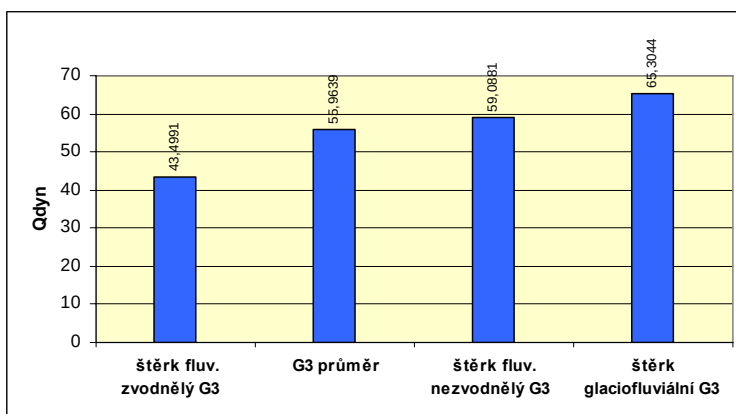
Větší rozdíl dynamického odporu mezi hlínou sprašovou a jílem miocénním je ve stupni litifikace, kdy miocénní jíl prodělal delší období diagenese.

4.4 Třída zemin G3 (G-F)

Do třídy G3 (G-F) spadají tyto genetické typy: štěrk fluviální nezvodnělý, štěrk fluviální zvodnělý, štěrk glaciofluviální.

Je vhodné srovnat tyto genetické typy třídy G3 (G-F), které nalezneme v grafu (obr. 11) s třídou G4 (GM), která je také součástí studie, ale počet vzorků, ze kterých by bylo možno interpretovat, je malý.

Nejnižší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u zmiňovaného typu štěrk fluviální G4 (GM), kde průměrný dynamický odpor je 6,3842 kN.



Obr. 11: Graf genetických typů zemin třídy G3 (G-F) s vyznačením průměrného dynamického odporu Q_{dyn} [kN]

Třída G (G3) patří do skupiny nesoudružných zemin, kde se nedá jednoznačně stanovit, který z faktorů má největší vliv na hodnotu dynamického odporu. Při penetrační zkoušce je možné stanovit ulehlost zeminy, která je jedním z vlivů, který můžeme stanovovat na rozdíl od předešlých skupin jemnozrnných zemin. Je předpoklad, že ulehlejší zeminy budou mít vyšší hodnoty dynamického odporu než středně ulehlejší a kypřené. Ve vyhodnocovaných datech se tato informace neobjevila přestože je pro zhodnocení důležitá. Pokud chceme charakterizovat vliv této vlastnosti z předpokladu, že se jedná o vzorky stejné třídy základové půdy, stejného genetického typu, tak je zřejmé, že vzorky s odlišnou ulehlostí budou mít rozdílné hodnoty dynamického odporu. Je předpoklad, že ulehlost bude mít rozhodující vliv na dynamický odpor v této skupině G.

Dalším faktorem ovlivňujícím dynamický odpor, zejména u tříd G3 (G-F), G4 (GM), je vlhkost zeminy, zvláště pak vlhkost jemnozrnného podílu. Se zvyšující se vlhkostí a se zvyšujícím se podílem jemnozrnné složky, zejména jílu, je předpoklad, snižujícího se dynamického odporu zeminy z důvodu změny konzistence mezerní hmoty, kde s rostoucí hodnotou I_c bude klesat hodnota dynamického odporu.

Posledním vlivem, méně významným než ulehlost a vlhkost, je plasticita jemnozrnného podílu. S rostoucí plasticitou klesá pevnost a také dynamický odpor.

G4 (GM) je **štěrk hlinitý**, kde jemnozrnná složka ovlivňuje pevnost zeminy i zvýšený obsah vody a plastické chování jemnozrnného podílu v porovnání s G3 (G-F) snižuje pevnost zeminy. Se snížením pevnosti dochází ke snižování dynamického odporu. Zvýšený obsah jemnozrnné složky, a hlavně její konzistenční stav, ovlivňuje dynamický odpor, oproti třídě G3 (G-F).

Rozdělené pojmenování zvodnělý a nezvodnělý v rámci jednoho genetického typu štěrk fluviální je z důvodu ovlivnění dynamického odporu podzemní vodou a dostatkem dat spojených s touto informací. Vzorky pocházejí z jedné litologické vrstvy.

Dynamický odpor u **šterku fluvialního zvodnělého G3 (G-F)** je 43,4991 kN a je výrazně nižší než u **šterku fluvialního nezvodnělého G3 (G-F)** je 59,0881 kN.

Je to dáno tím, že v hrubozrnných zeminách za jinak stejných podmínek, je vlivem nižšího efektivního svislého napětí penetrační odpor nižší pod hladinou podzemní vody než nad ní. V jemnozrnných zeminách může být vlivem kapilární vztlakovosti penetrační odpor stejný nebo vyšší. (EN ISO 22476)

Nejvyšší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u genetického typu šterku glacigenního G3 (G-F) a to 65,3044 kN. Tyto sedimenty jsou typické svou nevytřídností, tedy komparativně nižší porozitou, kde menší zrna vyplňují prostory mezi většími. Při pronikání penetračního hrotu působí těsně uložená zrna vyšším odporem, neboť mají omezenější možnost pohybu vůči okolním zrnům.

Teorie č. 3:

U vnitřního tření je jeho velikost mezi zrny přímo úměrná drsnosti jejich povrchu a z toho vyplývajícího tzv. „zahákování“ a normálové síle. Proti běžnému fyzikálnímu pojmu smykového tření je zde mechanismus složitější tím, že stykové plochy částic jsou nepravidelně uspořádané, mají různý sklon a částice se mohou také protáčet. První dva faktory způsobují, že vnitřní tření je podstatně větší než smykové tření mezi plochami částic (Mencl, 1966).

Mechanismus smykového tření je možno pro představu schematicky popsat takto. Každá látka, i ohlazená kovová deska, má na svém povrchu výstupky a prohlubně. Výstupky a prohlubně představují drsnost a ta určuje velikost dotykové plochy mezi látkami (u zemin mezi zrny). Spočívají-li dvě látky na sobě, nedotýkají se celou plochou, ale jen výstupky, které jsou na povrchu. Názorně si to lze představit u kovových desek. Výstupky jedné desky zapadají do prohlubní druhé desky a naopak (obr. 12). Při vzájemném pohybu těchto desek se některé výstupky ulomí (vlastní tření), tlustší a pevnější se nerozdrtí, sklouznou po sobě a tím se desky od sebe oddálí (dilatance) (Myslivec et al., 1970).



Obr. 12: Schématický model dotykové plochy dvou desek (A. Myslivec et al., 1970)

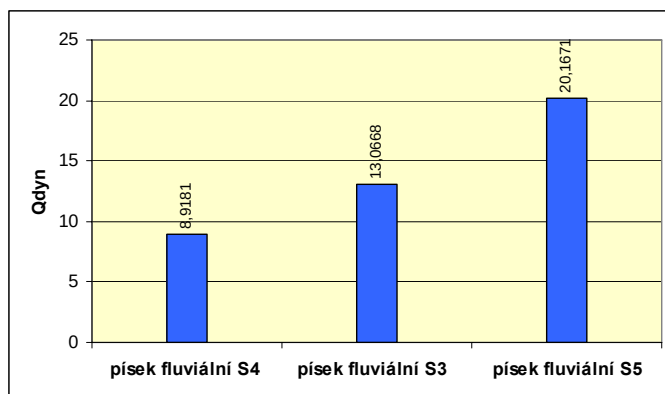
Dilatance je oddálení látek při vzájemném smýkání po sobě. Tato deformace proti působící normálové síle se projeví zvětšeným odporem proti usmýknutí. Tento podíl pevnosti ve smyku je příčinou rozdílu pevnosti ve smyku ulehých písků a šterků proti neulehlým (V. Mencl, 1966).

4.5 Třídy zemin S3 (S-F), S4 (SM), S5 (SC).

V této skupině S jsou důvody různých hodnot v různých třídách (S1 (SW) až S5 (SC)) obdobné jako u skupiny G (kap.4.4.). Navíc jsou však ovlivněny fenoménem specifického povrchu z důvodu zmenšování rozměrů hrubozrnné frakce (písky 2,0-0,06 mm a šterky 2,0-6,0 mm). Působení kapilárních a elektromolekulárních sil je efektivnější než u „velkých“ šterkových zrn. Vyšší míru ovlivnění odporu zeminy bude mít jistě vlhkost, která má rozhodující vliv na pevnost jemnozrnných zemin. Nižší míru vlivu bude mít naopak vnitřní tření a dilatance.

Patří sem: písek fluvialní S3 (S-F), písek fluvialní S4 (SM), písek fluvialní S5 (SC).

Zhodnocení a vzájemné porovnání typů tříd S3 (S-F), S4 (SM) a S5 (SC) dle průměrného dynamického odporu, lze pozorovat v grafu (obr. 13).



Obr. 13: Graf třídy zemin S3 (S-F), S4 (SM), S5 (SC) s vyznačením průměrného dynamického odporu Q_{dyn} [kN]

Nejnižší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u genetických typů písku fluvialního S3 (S-F) a písku fluvialního S4 (SM). Písek fluvialní S3 (S-F) vykazuje průměrný dynamický odpor 13,0668 kN a písek fluvialní S4 (SM) 8,9181 kN.

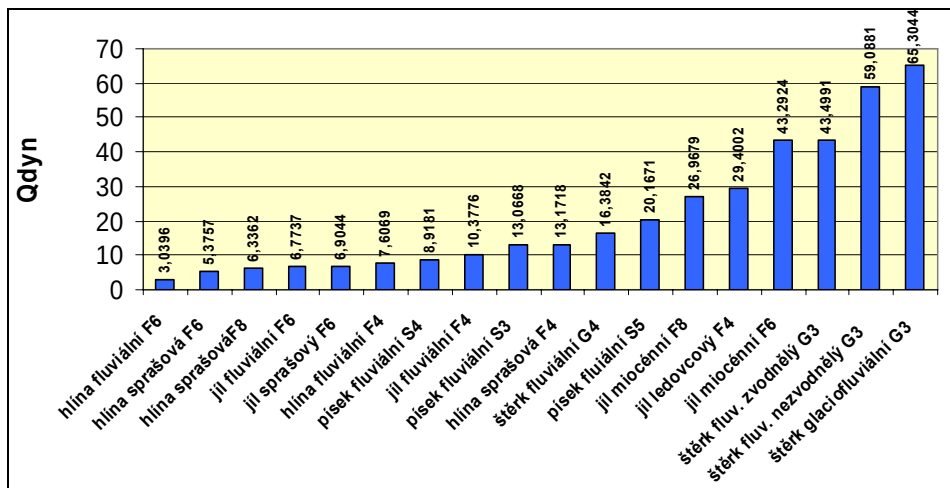
Rozdíl dynamického odporu **písku fluvialního S3 (S-F)** a **písku fluvialního S4 (SM)**, spočívá v množství materiálového složení, a také v tom, že se u S3 (S-F) nerozlišuje charakter jemnozrnných příměsí na C a M, kde písek fluvialní S3 (S-F) má mezerní hmotu tvořenou příměsí jemnozrnné složky o objemu $f = 5$ až 15% ($g+s+f$) a písek fluvialní S4 (SM) má příměs hlinitou v množství $f = 15$ až 35% ($g+s+f$) pod čarou A. Předpokladem pro důvod průměrně nižší hodnoty dynamického odporu u písku fluvialního S4 (SM) oproti písku fluvialnímu S3 (S-F), je konzistenční stav mezerní hmoty. U S4 (SM) je předpoklad konzistence mezerní hmoty $I_c < 1$, kdy dochází ke snižování kapilárních a elektromolekulárních sil, a tedy ke snížení dynamického odporu.

Nejvyšší hodnoty dynamického odporu jsou zjištěny u genetického typu **písku fluvialního S5 (SC)** a to 20,1671 kN.

Příměs jemnozrnné frakce je $f = 15$ až 35% ($g+s+f$) nad čarou A, kde převažuje jílová frakce, jejíž specifický povrch je nejvyšší, a tedy třída S5 (SC) má nejvyšší soudržnost ze skupiny S. Je zde rovněž předpoklad konzistence mezerní hmoty $I_c > 1$. Předpoklad konzistence mezerní hmoty $I_c > 1$ vychází z úvahy, že kdyby byla u S4 (SM) konzistence $I_c > 1$ a u S5 $I_c < 1$, tak je předpoklad vyššího dynamického odporu u S4 (SM) než u S5 (SC). Kde u S5 (SC) by došlo k oslabení kapilárních a elektromolekulárních sil z důvodu zvýšeného obsahu vody v mezerní hmotě.

4.6 Celkový přehled všech genetických typů zemin ve sledovaném území.

Ve sledovaném území se nachází tyto **typy základových půd**: hlína fluvialní F6 (CL-CI), hlína sprašová F6 (CL-CI), hlína sprašová F8 (CH-CV-CE), jíl fluvialní F6 (CL-CI), jíl sprašový F6 (CL-CI), hlína fluvialní F4 (CS), písek fluvialní S4 (SM), jíl fluvialní F4 (CS), písek fluvialní S3 (S-F), hlína sprašová F4 (CS), štěrk fluvialní G4 (GM), písek fluvialní S5 (SC), jíl miocéní F8 (CH-CV-CE), jíl ledovcový F4 (CS), jíl miocéní F6 (CL-CI), štěrk fluvialní zvodnělý G3(G-F), štěrk fluvialní nezvodnělý G3 (GF), štěrk glaciofluvialní G3 (G-F). Vykazují rozpětí hodnot průměrných dynamických odporů od 3,0396 kN do 65,3044 kN, což nám udává graf (obr. 14).



Obr. 14: Graf s celkovým přehledem všech typů zemín ve sledovaném území v závislosti na průměrném dynamickém odporu Q_{dyn} [kN]

V základním **porovnání mezi skupinami** lze pozorovat, že nejnižší hodnoty dynamického odporu dosahují jemnozrnné zeminy, skupina F, což koresponduje s obecně známými znalostmi o vlastnostech této skupiny základových půd a o jejich fyzikálně mechanických vlastnostech v porovnání s ostatními sledovanými třídami základových půd. Výjimkami jsou jíly ledovcové a miocénní. Ty jsou konsolidovány a již prodělaly počátek litifikace oproti zeminám (sedimentům) kvarterním. Maximální hodnoty mají štěrkovité zeminy, skupina G. Skupinu S, písčité zeminy, bychom mohli nazvat „přechodovým typem“ mezi skupinami F a G, protože zástupci této skupiny jsou ve střední části celkového přehledu genetických typů.

Jemnozrnné zeminy vykazují rozsah průměrných hodnot dynamických odporů od 3,0396 kN do 43,4991 kN. Na dynamický odpor má významný vliv obsah jílových minerálů, zejména jejich vzájemné interakce jako jsou elektromolekulární síly (mají největší specifický povrch), a dále způsob jejich uspořádání (struktura). Tyto zeminy citlivě reagují na množství saturované vody. S rostoucí vlhkostí klesá hodnota dynamického odporu. Odpor rovněž ovlivňuje plasticita s jejímž růstem hodnota odporu klesá. V celkovém přehledu je to vidět jako seřazení, neboť nejnižší hodnoty mají platičtější jemnozrnné zeminy tříd F6, F8 a naopak vyšší hodnoty mají jemnozrnné zeminy s nižší plasticitou třídy F4. Příčiny odchylek v posloupnosti uspořádání jsou popsány v úvodu kapitoly 4.1. Důvod proč hlina sprašová F8 nezačíná seřazení, je v množství vody ve struktuře, která ovlivní konzistenční stav zeminy. S rostoucím stupněm konzistence I_c bude dynamický odpor růst také. Je potřeba si uvědomit, že měřené třídy základových půd F8 s vyšší plasticitou mohly mít u provedených měření menší obsah vody projevující se v konzistenčním stavu než třídy F6 (CL-CI), což vysvětluje jejich opačné pořadí v grafu (obr. 14).

Rozsah průměrných dynamických odporů u **štěrkovitých zemín G** je od 16,3842 kN do 65,3044 kN. Dynamický odpor ovlivní zejména ulehlost a vytříděnost zrn i tvar zrn. S rostoucí ulehlostí roste dynamický odpor a s rostoucí vytříděností dynamický odpor klesá. Důvodem je, že se zvyšující se ulehlostí a klesající vytříděností, resp. dobrou zrněností (štěrk dobře zrněný), nemohou zrna štěrku snadno měnit polohu (uhýbat) při zarážení penetračního hrotu, z toho vyplývá vyšší hodnota odporu. Ten ovlivňuje také jemnozrnný podíl, který hodnotu odporu zvyšuje nebo snižuje v závislosti na jeho množstevním podílu a na stupni nasycení S_r a konzistenčním stavu, tak jak je uvedeno v odstavci hodnotícím jemnozrnné zeminy.

Průměrný dynamický odpor **písčitých zemín** vykazuje hodnoty od 13,0668 kN do 20,1670 kN a je ovlivněn fenoménem specifického povrchu, ulehlostí a stavem jemnozrnného podílu. Elektromolekulární síly a kapilární síly mají větší účinek u písčitých zrn než u relativně velkých štěrkových zrn.

Ovlivnění stavem a množstevním podílem jemnozrnné složky je také silnější než u šterkovitých zemin, opět z důvodu rozměrů zrn. Nejvýznamněji odpor ovlivňuje několikrát zmiňovaný jemnozrnný podíl, jehož chování je popsáno výše, u zhodnocení jemnozrnných zemin. K nim se zkráceně dá říci, že s rostoucí vlhkostí odpor klesá.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo provedení studie závislosti dynamických odporů Q_{dyn} a geologické stavby, která byla vyspecifikována třídami základových půd ve vybrané části Ostravské pánve.

Motivací pro realizaci studie je současný trend zvyšování podílu dynamických penetrací na inženýrskogeologických průzkumech, který plyne z možnosti dobře prozkoumat změny geotechnických parametrů v průběhu realizace této přímé vertikální liniové metody v porovnání s jinými možnostmi, především však vrty a jejich bodovými odběry vzorků. Dalším důvodem je aplikace nových evropských norem v ČR a rozsáhlé používání těchto metod ve státech EU například Německo, Dánsko. Omezujícím faktor této zkoušky v našich podmínkách je složitá geologická stavba, která neumožní srovnatelné užití ve zmiňovaných státech.

I když práce má regionální charakter, tak její výsledky mají i obecný charakter, který je daný použitím tříd základové půdy a jejich genetických typů. Míra zobecnění však není kvantifikovatelná, přičemž je patrné, že podíl zobecnění je závislý na množství provedených zkoušek a na velikosti plochy zájmového území v rámci České republiky. Z toho plyne, že by bylo vhodné tento přístup aplikovat v dalších částech ČR a následně tento soubor statisticky vyhodnotit. Tento přístup by v budoucnu umožnil vytvoření „kvazisměrných normových charakteristik“ dynamických odporů. Studie má dle tohoto názoru charakter místních charakteristik dynamických odporů.

Byla rozříděna zrealizovaná měření a zjištěné výsledky do oddělených skupin (jednotlivé podkapitoly kapitoly Zhodnocení), které byly ve vztahu k příslušným třídám základových půd (inženýrskogeologické rajony) ve vyjádření dynamických odporů (viz. tabulka 2).

Bylo zjištěno, že pro třídu základových půd F4 (CS) je rozpětí hodnot průměrných dynamických odporů od 7,6069 do 29,4002 kN. Pro třídu základových půd F6 (CL-CI) je rozpětí hodnot průměrných dynamických odporů od 3,0396 do 43,2924 kN. Třída F8 (CH-CV-CE) vykazuje rozpětí hodnot průměrných dynamických odporů od 6,3362 do 26,9679 kN. Třída G3 (G-F) vykazuje rozpětí hodnot od 43,4991 do 26,9679 kN. Průměrný dynamický odpor pro třídu základových půd G4 (GM) je 16,3842 kN. Pro třídu základových půd S3 (S-F) je průměrný dynamický odpor 13,0668 kN. Pro třídu základových půd S4 (SM) je průměrný dynamický odpor 8,9181 kN. Třída základových půd S5 (SC) vykazuje průměrný dynamický odpor 20,1670 kN.

Důležité jsou závislosti tříd základových půd na vlastnostech. V rámci třídy F4 (CS) se dynamický odpor bude měnit se změnou konzistence, a to tak, že poroste se zvyšujícím se indexem konzistence I_c a klesat s rostoucím stupněm nasycení S_r . U tříd F4 (CS), F6 (CL-CI), F8 (CH-CV-CI) má na dynamický odpor významný vliv obsah jílových minerálů, zejména jejich vzájemné interakce jako jsou elektromolekulární síly (mají největší specifický povrch), dále způsob jejich uspořádání (struktura). S rostoucí vlhkostí u těchto zemin, klesá hodnota dynamického odporu. Odpor rovněž ovlivňuje plasticita s jejímž růstem hodnota odporu klesá. Dynamický odpor u šterkovitých zemin G ovlivní ulehlost, vyříděnost zrn i tvar zrn. S rostoucí ulehlostí šterkovitých zemin roste dynamický odpor a s rostoucí vyříděností dynamický odpor klesá. Dynamický odpor písčitých zemin skupiny S je ovlivněn fenoménem specifického povrchu, ulehlostí a stavem jemnozrnného podílu.

Nejedná se o všechny třídy základových půd, což je způsobeno charakterem kvarterní geologické stavby v Ostravské pánvi, plošným podílem jednotlivých inženýrskogeologických rajónů v zájmovém území a technickými možnostmi realizovaných zkoušek.

Nově vyhodnocené dynamické odpory je možno srovnávat s nově prováděnými průzkumy touto metodou. Usnadní to tak identifikaci základových půd a upozorní na potenciální hrubé chyby v měřeních.

LITERATURA:

- [1] MATYS, M., ŤAVODA, O., CUNINKA, M.: Poľní skúšky zemín. Bratislava, Alfa, 1990, 87s.
- [2] MENCL, V.: Mechanika zemin a skalních hornin. Praha. Academia, 1966, 307 s.
- [3] MYSLIVEC, A., EICHLER, J., JESENÁK, J.: Mechanika zemin. Bratislava, Alfa, 1970, 139s .
- [4] ŠIMEK, J., JESENÁK, J., EICHLER, J., VANÍČEK, I.: Mechaniky zemin. Praha, SNTL, 1990, 382 s.
- [5] EN ISO 22476 – 2: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky - část 2: Dynamická penetrační zkouška, 2005, 30 s.

Oponentní posudek vypracoval: RNDr. Miloslav Kopecký, CSc.

Marian MARSCHALKO¹, Libuše HOFRICHTEROVÁ², Lubomír TŘESLÍN

**ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF LANDSLIDE IN THE OSTRAVA-KARVINÁ
COALFIELD**

(INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY SESUVU V OSTRAVSKO-KARVINSKÉM REVÍRU)

Abstract

The paper deals with a slope deformation Staříč (sequence number 2) in the Frýdek Místek district in the north-east of the Czech Republic. It makes part of a wider three-year study, which comprises 6 localities of slope movements in total (sequence numbers 1 to 6) in the Ostrava-Karviná District, in case of which there is a potential precondition for changes in stability due to undermining. In the first phase, archive materials, basic data, aerial photographs of slope deformation were studied and evaluated. Subsequently, engineering-geological mapping were performed, on the basis of which all landslide manifestations, such as starting scar, cracks, layer outcrops, hydrogeological structures etc. were recorded. After this phase, resistivity tomography measurements (geophysical method of multielectrode resistivity measurement) were taken. The mentioned methodology was applied in the interest area for the first time.

Abstrakt

Předložena publikace se zabývá svahovou deformací Staříč (pořadové číslo 2) v okrese Frýdek Místek na severovýchodě České republiky. Je to součást širší 3-leté studie která se bude týkat celkově 6 lokalit svahových pohybů (pořadové číslo 1 až 6) v Ostravsko-karvinském revíru, u kterých je potencionální předpoklad ovlivnění stability poddolováním. V první fázi byly studovány a zhodnoceny archivní materiály, podklady, letecké snímky. Následně bylo realizováno inženýrskogeologické mapování, na základě něhož byly zaznamenány všechny sesuvné projevy, jako jsou odlučná oblast, trhliny, výchozy vrstev, hydrogeologické objekty atd. Po této fázi proběhla měření rezistivní tomografií (geofyzikální metoda multielektrodového odporového měření). Uvedena metodika je zde poprvé uplatněna.

1 INTRODUCTION

In the Staříč locality a house No. 382, including the access road and workshop, has been continuously damaged due to slope movements since 1990. Mining impact is presumed there as the locality is situated in the working district of Staříč of Paskov Mine, where the mining activities still continue. The interest locality (fig.1) is the cadastre of the municipality Staříč, the district of Frýdek Místek, in the slope above the road No. 3-4945, state map sheet in the scale 1: 25 000, No. 25 – 212 Brušperk, a map sheet from 1: 5 000 Ostrava 9-9.

Since 1990 small cracks in the coat of the house have appeared, that have probably been caused by coal mining, and in 1995 they began to open distinctly. More serious manifestation of devastation showed in 1997. The initiator of the manifestation could have very probably been rainfall in the summer of 1995, in May and August 1996 and especially in June and July of 1997, when the rainfall exceeded the long-period average in the CR and caused a number of slides in Moravia. Currently, the slope movements are still active and a study was started to monitor the potential mining influences. In the first stage, we carried out study of archives, engineering-geological survey and geo-

¹ Ing. Petr Konečný, Ph.D., Institut geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 323 505, e-mail: marian.marschalko@vsb.cz.

² Doc., RNDr. Libuše Hofrichterová, CSc.

physical survey by means of resistive tomography. The results are offered in this paper. An evaluation of inclinometric measuring will follow as this requires longer monitoring.



Fig. 1: Localization of the slope deformation Staříč

2 NATURAL CONDITIONS

On the basis of a new classification of higher geomorphological units of the Czech Republic, subject to the publication “Higher Geomorphological Units of the Czech Republic”, the area falls in the Alpine-Himalayan system, the Carpathians subsystem, province of the Western Carpathians, sub-province of the Outer Western Carpathians, area of Western-Beskydy Foothills, the Podbeskydská pahorkatina Uplands.

The Podbeskydská pahorkatina Uplands represent a range of highlands, uplands and troughs in the direction NE-SW with a predominantly denudational relief. It roughly takes up 1508 km², with the mean high of 353 m and gradient 4°20'. From the point of regionally geological view the locality falls in the North-Moravian part of the flysh belt (fig.2) of the Outer Western Carpathians, the so-called Moravian-Beskydy Flysh.

The preQuaternary bedrock is formed by the rocks of the under Silesian Unit of cretaceous age, the so-called Frýdek layers, over which the Silesian Nappe was pushed, formed by upper Těšín layers. In terms of petrography it is the case of silty-clayey to clayey-siltite complex of a mostly dark-grey to black-grey colour (“Frýdek layers”) and thin rhythmical flysh with the positions of rocks of teschenite association (“Těšín layers”). In the near-surface sections the preQuaternary rocks are heavily affected by intense weathering and thus transit into weathering residues of various thicknesses.

The Quaternary overlay is of a deluvial origin, it does not reach high thicknesses and it is built by eluviums of mainly Těšín layers redeposited on shorter distances.

The interest locality is directly drained by the Staříčský Stream which belongs to the Ondřejnice River catchment and the main course of Class I., No. 2-01-01 of the Odra catchment. The whole area can be characterized as low aqueous with low water retaining capacity and highly variable flow off.

The ground water of the deeper circulation is bound to the zones of fracture and fissure systems of the preQuaternary bedrock. In the consolidated Silesian Unit complex the aquifers are represented by Těšín limestone, thicker positions of sandstone of the Těšín-Hradiště Formation and igneous rock bodies of the teschenite association.

The occurrence of a shallow groundwater body is dependent on the grain-size distribution of the eluviums and the sculpturing of the surface of the Frýdek layers, representing a footwall isolator.

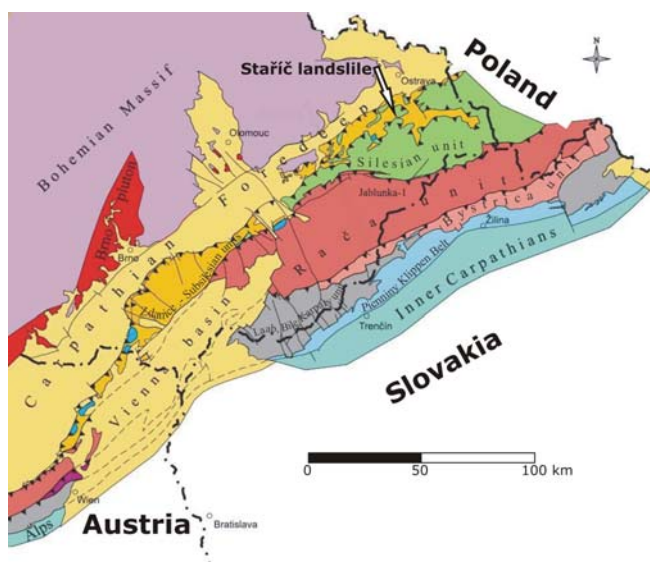


Fig. 2: Situation of Staříč landslide in Schematic geological map

3 SURVEY OF THE SLOPE DEFORMATION

Within *the study of archives* drilling of exploratory wells, implementation of dynamic sounding, laboratory analyses of soils and geodetic survey of exploration wells were identified.

Drilling was dry core drilling, with 100 % recovery of well core, namely in the number of 3 core exploratory wells and 1 dug hole in a house cellar. After a macroscopic description of the well core, soil sampling and survey of the ground water level, the wells were backfilled.

Dynamic sounding was carried out in order to supply information on the geological structure of the area in places which were inaccessible for the drilling rig. The principle of dynamic sounding was grounded in the monitoring of the number of 50-kilogram hammer knocks falling from the height of 0.5 m, needed to drive a drill set with a standardized bit with 43.7 mm diameter and a point angle of 90° down the soil 0.1 metre thick. On such basis it is then possible to interpret especially the grain size distribution of the soils and their consistency.

For the *laboratory analysis*, 4 undisturbed and 2 semi-disturbed samples of soils were taken. In case of the undisturbed samples, effective shear parameters and deformation characteristics (E_{oed}) and similarly to the semi-disturbed samples, basic index properties were identified.

In the interest locality it is possible to interpret the following geological section on the basis of a *previous archive survey works* and *engineering-geological mapping* (Figure 3).

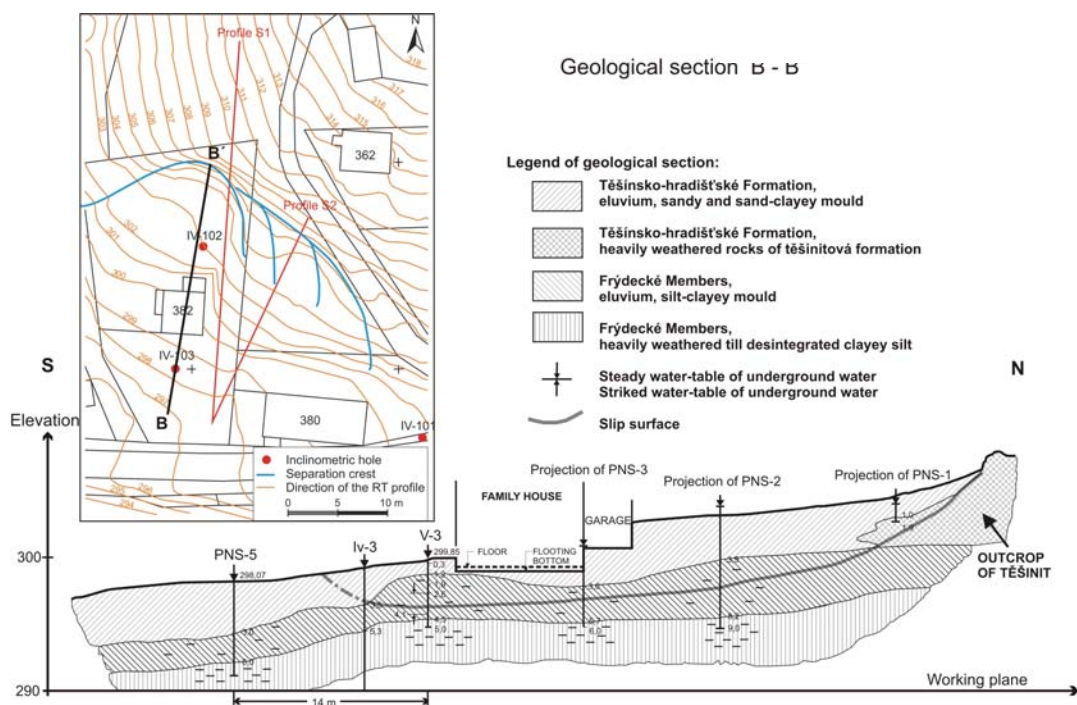


Fig. 3: Geological section and map of the interest area along with the sections placement

The following engineering-geological types of soils were defined within the geological structure of the slope deformation.

Embankments. It is the case of brown humic soil with root systems. Next, there silty-sandy loam with the shreds of bricks and stones, of soft to firm consistency and sandy loam with fine gravel, dry and low cohesive. According to ČSN 73 1001 Standard (Foundation soil under areal foundations) all the above stated soils fall in the class Y.

Slope loam (redeposited eluvia). The diluvium is represented by silty-sandy to clayey-sandy loam, which consists of rough clastics sized from 3 to 5 cm. According to ČSN 73 1001 Standard it is class F1 (MG).

Loamy-stony debris. It is loamy-stony debris of a gravel character, which comprises approximately 70% of sharp-angular shreds of 7 cm. The shreds are formed by teschenite, sandstone and claystone. According to ČSN 73 1001 Standard the layer falls in class G4 (GM).

Igneous rocks of the teschenite formation of the Těšín layers and their eluvia protrude only in the top part of the interest area and they are heavily weathered to rotten in the near surface sections. It is completely rotten teschenite of grey-green colour of a sandy loam to sandy gravel character. According to ČSN 73 1001 Standard it falls in class R6 (F4) with transition to G3.

Rotten to weathered silty claystone of the Frydek layers and their eluvia are represented by silty light-grey claystone, which are rotten in the surface section rotten into silty-clayey loam, of firm to stiff consistency. Deeper down the quality gets better and the rocks can be characterized as heavily weathered with a well-preserved original texture, with characteristic fragmental disintegration in places. According to ČSN 73 1001 Standard it falls in class R6 (F6-CI, CL) – R4.

Table 1: Summary of geotechnical parameters

Chronological order of archive work	Rocks, soil	Apparent angle of internal friction $\phi_a(^{\circ})$	Total cohesion c_u (kPa)	Bulk density γ_b (kN/m ³)	Effective angle of internal friction $\phi_{ef}(^{\circ})$	Effective cohesion c_{ef} (kPa)	Modulus of deformation E_{def} (MPa)	Poisson's ratio ν (1)	Workability of rocks ČSN 73 3050
1 st stage of archive work	Redeposited eluvia and eluvia of Těšín Members			19,5	25,5	9	4,2	0,35	3
	Eluvia and heavily weathered siltites of Frýdek Members			20,6	28,3	9	3	0,40	4
2 nd stage of archive work	Silty-sandy to clayey-sandy slope loam	0	70	19,0	26,0	8	10	0,35	2-3
	Loamy-stony debris			19,0	30,0	3	15- 60	0,30	3
	Rotten rocks of teschenite formation of Těšín Members			22,1	23,0	9	4-15	0,25	2-4
	Rotten to weathered silty clay-stone of Frýdek Members	0	50	20,6	14,0	9	3	0,40	3-4

In the subsoil of the house, complicated foundation conditions were identified due to changes in the quality and thickness of the foundation soil.

Eluvia or deluviums of the Těšín Members (Slezský nappe) significantly differ in the hydro-geological properties from the landwaste of the Frýdek Members (Podslezský nappe). The Těšín Members can be labelled as aquiferous, with water bearing of an interstitial type, while the Frýdek Members can be labelled as insulating, with interstitial permeability. The field work did not prove the saturation of the Těšín Members, but it can occur in dependence on the climatic action. This potential saturation can considerably affect the properties of loamy eluvia and deluviums lowering their consistency. Along with repeated exsiccation of the foundation soil, this phenomenon can show negatively on the failure in the house statics.

The surface of the pre-Quaternary bedrock forms an elevation under the south-east corner of the house which can cause retention of ground water and its lifting effect (bulging of floors in the cellars).

On the basis of engineering-geological mapping all sliding manifestations, such as starting scar, steep non-overgrown slopes of the scar, cracks, deformation of the ground surface, layer outcrops, hydrogeological structures, etc. were recorded.

The tear edge of the slide is pronounced, it reaches as high as 7 m (Figure 4) and spreads in the direction NW-SE.

**Fig. 4:** Tear edge of the slide

As for the circumstantial evidence of the slope deformation and its active manifestation, we identified damage to the construction of the house (Figure 5), to the workshop (Figure 6), bending of trees in its vicinity (Figure 7), sliding and displacement of the top soil near the workshop (Figure 8), bent fence in the top part of the slope deformation (Figure 9), and terrain deformation with the manifestation of floor bulging in the workshop up to 15 cm (Figure 10).



Fig. 5: Damage to the construction of the house



Fig. 6: Damage to the construction of the workshop



Fig. 7: Bending of trees



Fig. 8: Sliding and displacement of the top soil near the workshop



Fig. 9: Bent fence in the top part of the slope deformation (left) Figure 10 Terrain deformation with the manifestation of floor bulging in the workshop up to 15 cm (right)

In the interest locality **resistive tomography** was used to measure two sections with pace survey 1 m. The first section S1, 95-metre long (96 electrodes) ran N–S with the azimuth 5° (See Figure 3 – map of the interest area along with the sections placement). The section began in the bottom part of the land belonging to house No. 382, went through an outcrop of teschenites and ended on the field of the neighbouring house No. 362. The second, shorter section S2 was 55 m long (56 electrodes). It originated from the identical source point as section 1 and with the azimuth 30° it intersected the plots belonging to houses No. 382, 380 and 362.

During processing the resistivity data from section S1 of Staříč slope deformation, due to high resistivity in the bottom part of the section, it was necessary to choose a place of usual inversive MNČ **combined Marquardt and Occam inversion**. This method is suitable for low sensitive data if some values are extremely low.

The interpretation of the slip surfaces of *S1 section* (Figure 11) was mainly conditioned by morphology, by means of top tear edge manifestation, and next by inclinometric measuring in the bores Iv-102 and Iv-103 (bore placement – Figure 3). According to the inclinometric measuring in the bore Iv-102 an occurrence of a slip surface was proved in the approximate depth of 6-7m under the collar of well and the slip surface depth identified in the bore Iv-103 was about 3 m p. t. (under the ground). Inclinometric measurements register both movements caused by undermining in the direction of the subsidence trough as well as movements related to a slide.

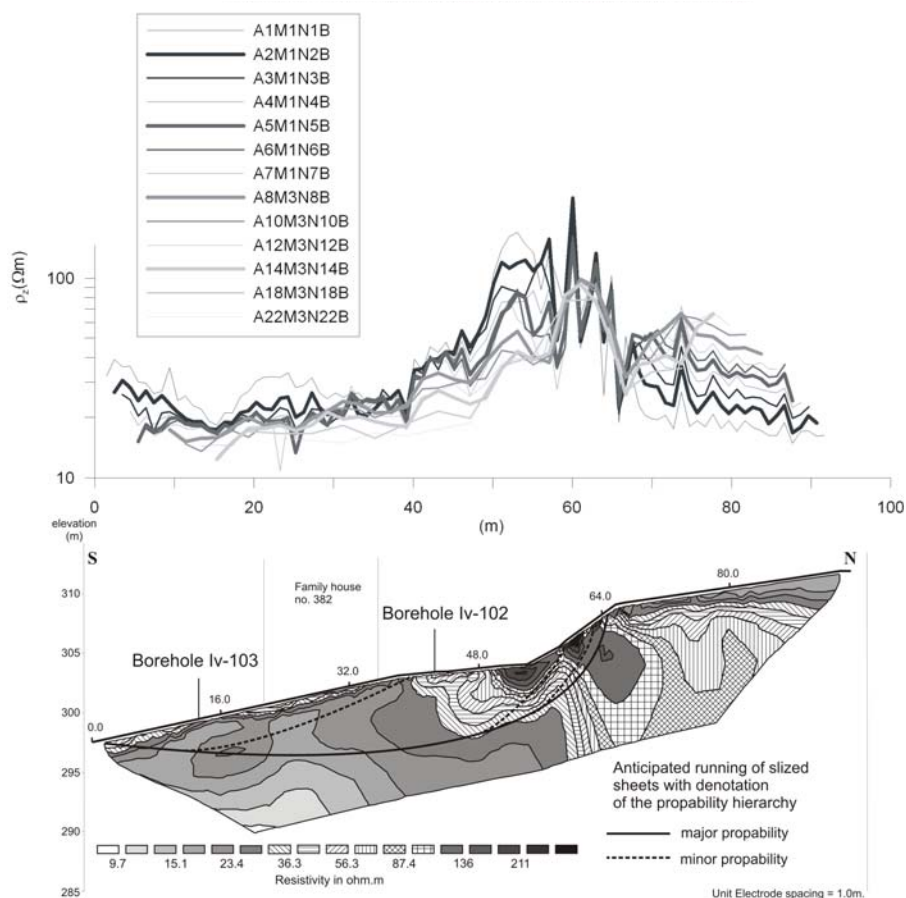


Fig. 11: Resistive model of S1 section

Resistively, the outcrop of teshenites is demonstrated by a considerable rise in resistance, 150 Ω m and more, and the course of the slip surface is situated between the maximum resistance values on the stationing 50 - 65 m and next, it runs in an inclinometrically identified depth in the bore Iv-102. Cracks were situated according to local resistive minimums both in the model as well as in the section curves.

As for lithology, the tear edge begins at the outcrop of teshenites on the stationing 65m and transits to silty claystone (it is identified in the place of bore Iv-102 2.5 m under its roof).

With the bore IV-103 in the slip surface depth there is a boundary between clayey-sandy loam and loamy-stony debris in the bedrock.

The determination of the course of the slip surface with *S2 section* (Figure 12) was only grounded in the areal continuity of the course of the slip surface as in the vicinity of the measured section there is no inclinometric bore. Similarly to the S1 section, this slip surface is affected by morphology and its course is situated between the local maximums of impedance. The maximum depth of the estimated slip surface 6 m p.t. is found on the stationing 37m.

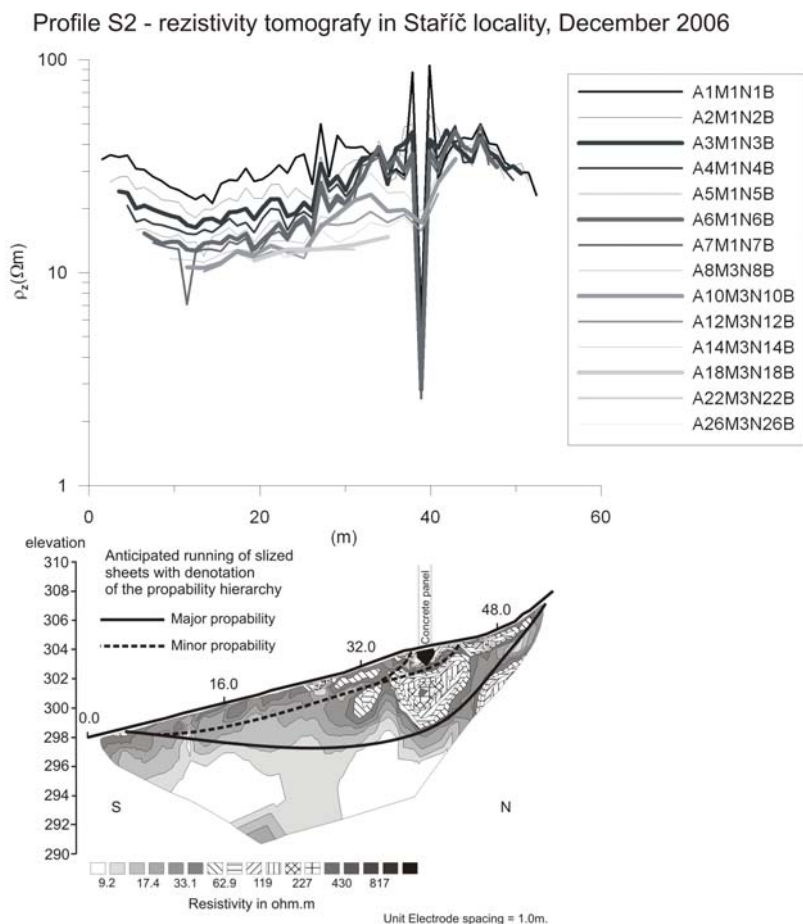


Fig. 12: Resistive model of S2 section

4 CONCLUSION

The current state of the slide in Staříč can be rated as active. In terms of potential risks, it is necessary to add all the underground services on the neighbouring lots and the adjoining roads to the damaged house.

The slope deformation is found in the working district of Staříč of Paskov Mine and it will be under the influence of mining a number of coalfaces. The impact of mining is characterized by values that classify the interest area between 1997 and 2007 as construction site class 4, according to ČSN 73 0039 Standard – Design of building on undermined areas.

However, it must be pointed out that undermining could have affected the slide in a negative way in connection with other effects (rainfall, changes in the static ground water level) and could also have affected the original geotechnical parameters of the rocks and soils. Possible acceleration of sliding or complete down-slipping of the slope is potentially possible at an anomalous increase in rainfall.

Previous field work did not prove significant saturation of the solid mass, but it can be assumed that the occurrence of saturation on the boundary of lithologically different units (impermeable siltite versus more permeable rock landwaste of the teschenite association) is, apart from potentially expected mining influence, the driving mechanism of the sliding movements in the locality.

Inclinometric measuring positively proved the existence of a slipping plane, while its existence is bound to the boundary of lithologically different units of Slezký nappe (teschenite Members) and Podslézský nappe (Frýdek Members).

On the basis of the study results, the best recommendation in order to improve the stability situation would be building a draining system in connection with subhorizontal drainage wells, which would be able to drain anomalous hydrogeological states related to potential overlimit rainfall. In order to obtain the best effect, the depth of the draining system should go along the eluvium surface of the Frýdek Members. Next, construction of static measures by means of an anchored pile wall should be built in the level of the existing supporting wall behind the house. In addition, we can suggest demolishing of the inconveniently placed garage and possible placement of heavy gabions as a stabilizing fill.

In order to evaluate the impact of the potential sliding activities in connection with the impact of undermining, a monitoring system of inclinometric wells was initiated, which will help to review this influence in the future.

5 ACKNOWLEDGEMENT

This publication was supported by grant project number GAČR 105/07/1308.

6 REFERENCES

- [1] ČSN 73 1001 - Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, Validity: 1.10.1988
- [2] HULLA, J., ŠIMEK, J., TURČEK, P.: Mechanika zemín a zakladanie stavieb. Alfa, Bratislava, 1991, 336 s.
- [3] HULLA, J., TURČEK, P., BALIAK, F., KLEPSATEL, F.: Predpoklady a skutočnosť v geotechnickom inžinierstve. Bratislava, JAGA GROUP, 2002.
- [4] HULLA, J., TURČEK, P.: Zakladanie stavieb. Bratislava, JAGA GROUP, 1998, 332 s.
- [5] KOPECKÝ, M.: Vplyv klimatických a hydrogeologických pomerov na vznik zosuvov. Dizertačná práca, Bratislava, 2001.
- [6] KOŘÍNEK, R., ALDORF, J.: Geotechnický monitoring. Ostrava, 1993, 91 s.
- [7] MALGOT, J., BALIAK, F., MAHR, T.: Prognóza vplyvu ťažby uhlia v Handlovskom ložisku na prírodné prostredie. Sborník Inženýrská geologie a energetická výstavba, str. 235-242, ČSVTS Brno, 1985.
- [8] MARSCHALKO, M.: Assessment of Mining Activity on Ground Surface. Mining journal 3, Moscow State Mining University, s. 67 - 70, Moscow, Russia, 2004
- [9] MARSCHALKO, M.: Engineering Geological Aspects of Undermine. Journal of Mining and Metallurgy - An International Journal for Theory and Practice of Mining and Metallurgy, Volume 39 Number (1-4), 2003, Section A: Mining, Technical Faculty and Copper Institute Bor, s. 47 – 57, Serbia & Montenegro, 2003

- [10] MARSCHALKO, M.: Influence of Basic Geotechnical Parameters on Slope Stability. XIII. International Scientific and Technical Conference New Methods and Technologies in Petroleum Geology, Drilling, Reservoir and Gas Engineering, University of Mining and Metallurgy, s.71-78, Krakow, Poland, 2002
- [11] MARSCHALKO, M.: The Engineering-Geological Problem in District Karvina. Berichte und Informationen 1/2004. Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), University of Applied Science, str. 101-104, Dresden, Germany, 2004
- [12] MATULA, M., PAŠEK, J.: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. Bratislava, ALFA - Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, SNTL - Nakladatelství technické literatury Praha, 1986, 295 s.
- [13] NEMČOK, A., PAŠEK, J., Rybář, J.: Dělení svahových pohybů. Sborník geologických věd, řada Hydrogeologie a inženýrská geologie, Praha, 1974, s. 77 – 93.
- [14] PAŠEK, J., MATULA, M., et al.: Inženýrská geologie I., II.: Praha, Česká matice technická, 1995, 610 s.
- [15] RYBÁŘ, J., ONDRÁŠIK, R.: Dynamická inžinierska geológia. Bratislava, 1991, 267 s.
- [16] ZÁRUBA, Q., MENCL, V.: Sesuvy a zabezpečování svahů. Praha, Academia, 1987, 338 s.

Oponentní posudek vypracoval: RNDr. Miloslav Kopecký, CSc.

Marian MARSCHALKO¹, Lubomír TŘESLÍN, Hynek LAHUTA²

**GIS ZHODNOCENÍ REGIONÁLNĚ NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝCH
RAJONŮ SLEZSKÉ OSTRAVY, VÍTKOVIC A RADVANICE.**

**THE GIS ASSESSMENT OF ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONES OF GREATEST RE-
GIONAL IMPORTANCE SLEZSKÉ OSTRAVY, VÍTKOVIC A RADVANICE**

Abstrakt

Předložený článek je součástí širší studie, která má za cíl hodnocení inženýrskogeologických poměrů na vybraném území města Ostravy pro potřeby územního plánování, stavebních úřadů a potencionálních stavebníků především pomocí Geografických informačních systémů. Výzkum má cíl uvedený přístup ověřit, aby byl využitelný i pro jiné oblasti pro zhodnocení této problematiky. Hodnocených geofaktorů je více, avšak publikace se zabývá prvním a nejdůležitějším z nich a to je rozšíření inženýrskogeologických rajonů a jejich kvantifikace ve vztahu k zástavbě a dalším krajinným prvkům v čase od roku 1946 po současnost. Zjištěná situace umožní získat reálný přehled o hodnoceném území Slezské Ostravy, Vítkovic a Radvanice omezeném mapovým listem 15-43-10 v měřítku 1:10 000. Rajony představují území s podobnými, či stejnorodými modely inženýrskogeologického prostředí, které z hlediska orientačního hodnocení základových poměrů budoucích staveb jsou klíčová mimo jiné proto, že mají podobný typ základové půdy, těžitelnosti a podobně.

Abstract

The paper makes part of a larger study, the objective of which is to evaluate engineering-geological conditions in a selected area of the City of Ostrava for the needs of land-use planning, building offices and potential developers, mainly by means of Geographic Information Systems. The research aims to verify the mentioned approach to make it useful for other areas as well. There are a number of evaluated geofactors, but the publication deals with the first and most important one, i.e. expansion of engineering-geological zones and their quantification in relation to the built-up area and other landscape elements in time since 1946 to date. The identified situation will provide a real overview of the evaluated districts of Slezská Ostrava, Vítkovice and Radvanice, defined by the map sheet 15-43-10 in 1:10 000 scale. As they have a similar type of foundation soil, workability, etc., the zones represent an area with similar or homogenous models of engineering-geological environment, which are of a key importance from the point of view of a preliminary evaluation of foundation conditions for any future structures.

1 INTRODUCTION

The basic precondition for land planning or building the foundations of construction works in a certain area is the integrated knowledge of engineering-geological conditions that are a decisive factor of high-quality and effective building the foundations of potential construction works. The main reason for the study is the insufficient use of engineering-geological data for land planning and designing activity by competent authorities. The overall project deals with an analysis of engineering-geological zones, workability of rocks, type of preQuaternary bedrock, floodlands, subsidence caused by undermining, slope movements and radon hazard, while the presented paper rates only first of those geofactors - engineering-geological zones. The applied method makes use of the possibilities of Geographical Information Systems, terrain research, documentation and study of archives. The research is localized in the selected area of the city of Ostrava, which has been affected by former

¹ Doc. Ing. Marschalko Marian, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 384, e-mail: petr.konecny@vsb.cz.

² Doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 946, e-mail: hynek.lahuta@vsb.cz.

mining of black coal. In terms of foundation engineering it has various conditions, and thus it is suitable for the above-mentioned research. The overall project was divided into five model areas (1-5), while this paper evaluates a partial model area of no.1, which is defined by topographical map in drawing scale 1:10 000 (topographic sheet No. 15-43-10). Namely they are Slezské, Moravské Ostravy, Vítkovic a Radvanice. The mentioned methodology was applied in the interest area for the first time.

The geological structure of the interest locality can be characterized by the Brunovistulicum basement, which is overlapped with Devonian and Carbonian sediments. In the Upper-Silesian Basin, the Upper-Carbonian deposits are stratigraphically divided into Ostrava (paralic coal molase) and overlying Karviná strata series (continental coal molase). The roof is formed by thick Badenian deposits, the sedimentation of which caused the formation of the Carpathian Foredeep in the foreland of the Outer Flysch Carpathians.

Quaternary sediments represent Holocene fluvial deposits of lower and upper alluvium plane and anthropogenic deposits such as backfills and dumps. Quaternary deposits represent glaci-fluvial, fluvial, deluvial deposits, loess loam, and Tertiary eluvia (Chlupáč et al, 2002).

2 METHODS APPLIED

The methodological procedures for solving the study were primarily based on three methodological approaches with using geographic information systems, the study and evaluation of archive basic data and field engineering-geological research.

The methodological procedure for the study and evaluation of archive materials was aimed at introductory assessing the engineering-geological conditions and factors.

In the framework of geographic information systems, the registration of relevant map bases, or aerial photographs was realized. Subsequently, the registration and digitising of maps of engineering-geological zoning was carried out. In the next stage, intelligent digitising of built-up areas in the chosen model area of part of the Ostrava Basin was performed.

At the same time, field engineering-geological research was done with the aim to specify better engineering-geological conditions of model areas.

Subsequently, the overlap analysis of built-up areas and relevant engineering-geological zones and subzones was made. The result of this process was the identification and areal quantification making it possible to distinguish between more significant and less significant engineering-geological zones. The overall evaluation proposed newly was reflect all performed works and results.

3 EVALUATION OF ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONES

This chapter deals with selected analyses of engineering-geological conditions, namely with the representation of the individual engineering-geological zones, workability of rocks and types of soils and solid rocks of preQuaternary surface. The analyses were carried out for the whole interest area, current built-up area and changes in the built-up area since 1946 to date.

The largest zone in the interest area No. 1 is the *zone of polygenetic loess sediments* (39.9% - fig.1,2). The dominant landscape element of this zone is built-up area (75.5%), where in this zone there is 50.7% of the total current built-up area (Figure 3). Since 1946 there have been most intensive building activities; almost 55.7% of new housing development was built there (Figure 4). Apart from built-up area, there are also landscape elements of fields and meadows (10.8%), forests (10.3%), anthropogenic shapes (3.4%) and water areas (0.1% out of the total zone area) in this zone (Figure 5).

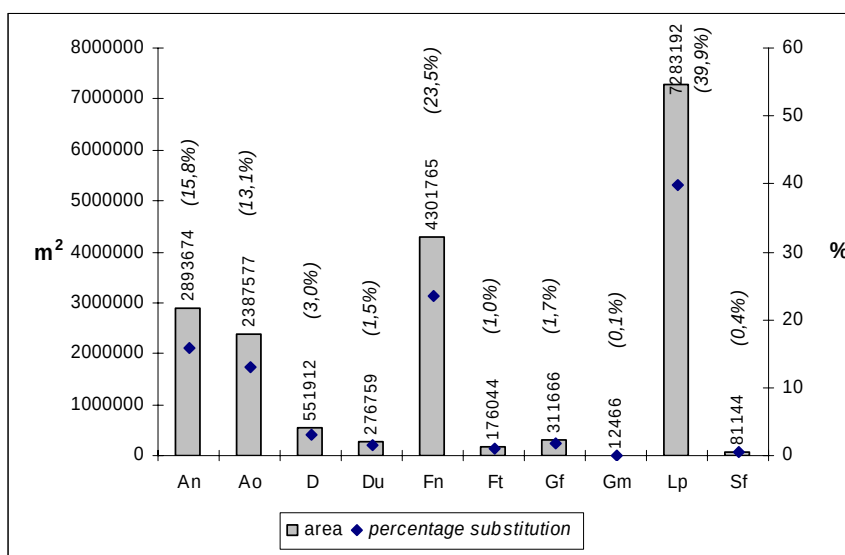


Fig. 1: Areal and percentage representation of zones within the whole interest area

Glossary:

*Spoil banks, stock piles and
An dumps zone*

*Zone of settling basins and
Ao waste dumps*

D Deluvial sediments zone

Du Deluvial-fluvial sediments zone

Fn Lowland stream deposits zone

Ft Zone of Pleistocene river terraces

*Gm Predominantly cohesive drift zone
Predominantly noncoherent glaciofluvial
and glacial lake sediments zone*

Lp Zone of polygenetic loess sediments

Sf Undiscriminated flysch sediments zone

It is characterized as a zone of intermediate bearing foundation soils, predominantly of firm consistency, of low to medium plasticity. They are medium permeable. This rock material is, for example, potentially usable in the brickware production and is also suitable as agricultural land. As foundation soils there are clays with low to medium plasticity.

In the monitored period since 1946, in the interest area the zone of polygenetic loess sediments was built up by a development complex in the surroundings of the existing Regional Council, Vítkovice Community Centre, Central Bus Station in the district of Moravská Ostrava and Přívoz, Settlement Míru in the district of Slezská Ostrava, Central Cemetery right off the confluence of the Ostravice and Lučina Rivers, and development of family houses in the districts of Radvanice and Bartovice, north of Těšínská Street.

The second largest zone in the interest area is the *zone of alluviums lowland streams* (23.5% out of the interest area - fig.1,2). Also in this zone built-up area prevails over other landscape elements (61.2% of the zone area). The percentage of the total development is not negligible as up to 24.2% of the built-up area is situated in this zone (Figure 3). The trend of development since 1946 comes second with 17.7% of newly built-up area (Figure 4). The representation of other landscape elements in this zone is similar to the zone of polygenetic loess sediments; the landscape element of fields and meadows takes up 14.7 % of the zone area, forests take up 13.1 %, anthropogenic shapes take up 7% of the area and water courses along with water areas form 4 % out of the total zone area (Figure 6).

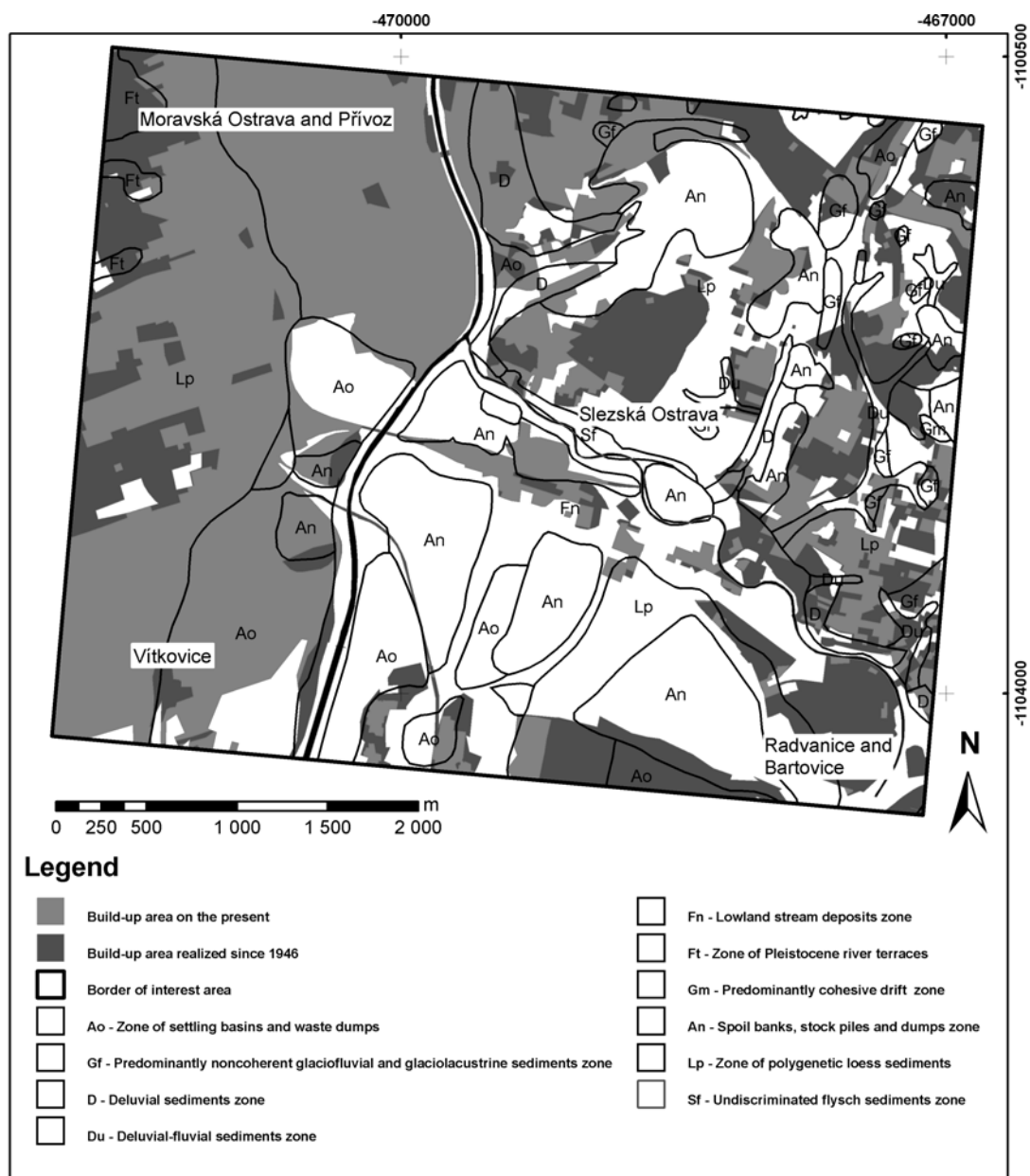


Fig. 2: Engineering-geological zones in the built-up area

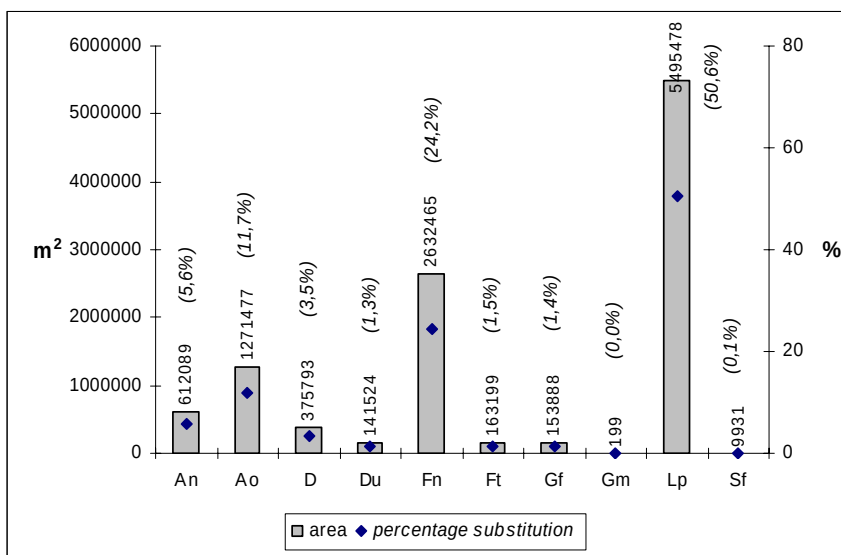


Fig. 3: Areal and percentage representation of zones within the current built-up area (legend - fig.1)

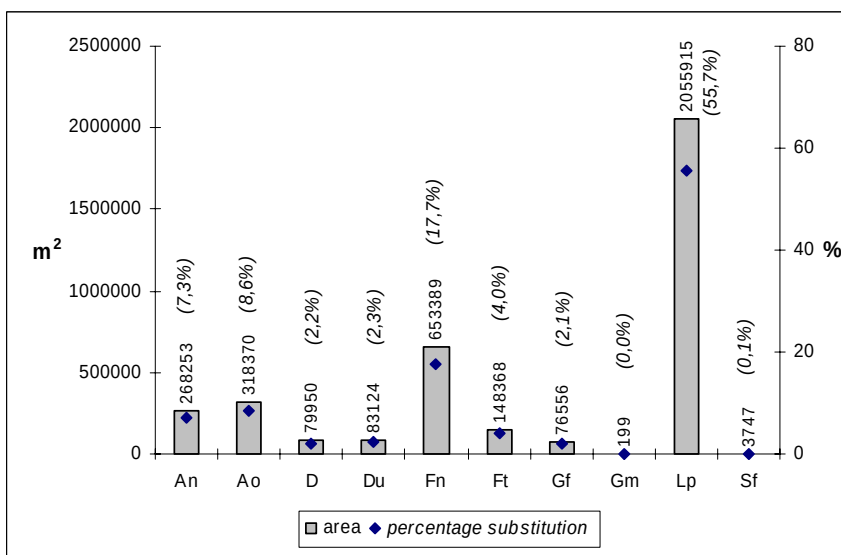


Fig. 4: Areal and percentage representation of zones (legend - fig.1) within the newly built-up area (1946 – present)

The zone is characteristic for inhomogeneous, low bearing and unevenly compressible foundation soils and soils of soft-firm consistency. The ground-water level in this zone is often as shallow as 2 m. In the zone in question there are the following foundation soils: badly graded gravel (G2), gravel with fine soil ingredients (G3) and dirty gravel (G4), next there is sand with fine soil ingredients (S3), loamy sand (S4) and clayey sand (S5). Moreover, there is sandy loam (F3), sandy clay (F4) and clay with low to medium plasticity (F6).

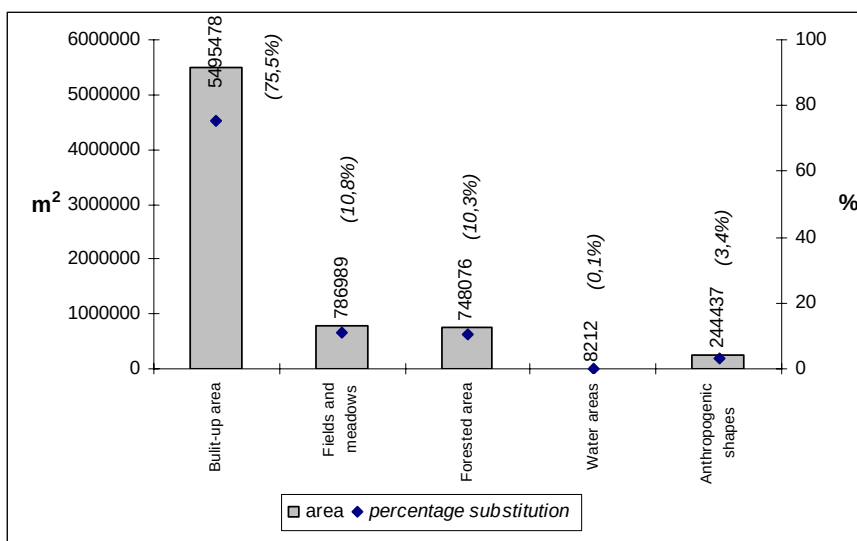


Fig. 5: Areal and percentage representation of selected landscape elements at the present in the zone of polygenetic loess sediments

In the zone of alluviums lowland streams of the interest area there are the majority of constructions of the Ostrava City Centre, despite the fact the development was realized before the monitored period of 1946. In the course of the monitored period, for example the complex of the former OKR - Báňské strojírný and Main Central Mine Rescue Station (the districts of Radvanice and Bartovice) and the Teplotechna complex (the city district of Slezská Ostrava) were established in this zone.

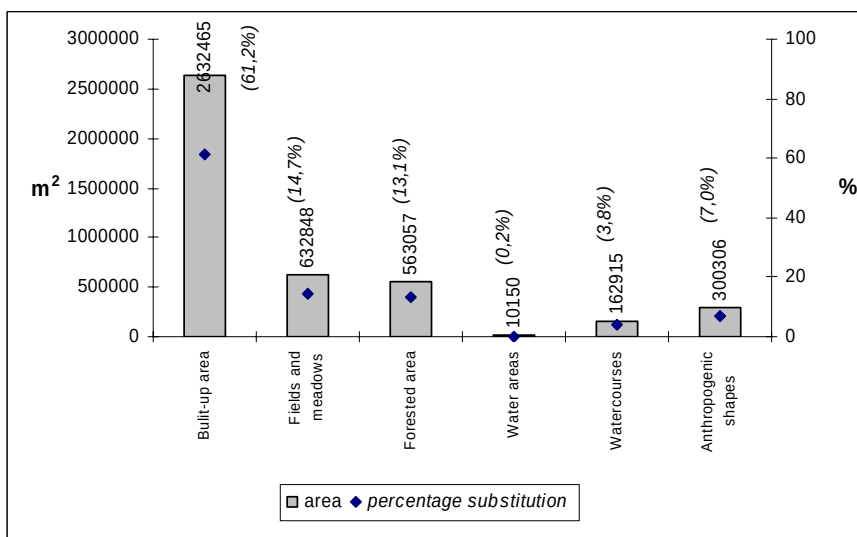


Fig. 6: Areal and percentage representation of selected landscape elements at the present in the zone of alluviums lowland streams

An important part of the interest area is taken up by two similar zones, the *zone of spoil banks, stock piles and dumps* (15.8% of the area - fig.1,2) and the *zone of settling basins and waste dumps* (13.1%). Their share on the total development in the interest area is also very significant; in the zone of spoil banks, stock piles and dumps it is 5.6% out of the total built-up area, and in the zone of set-

ting basins and waste dumps it is 11.7% of the area. The most substantial differences between the two zones are in the representation of the landscape elements; in case of the spoil banks, stock piles and dumps zone forests prevail (36.1%), followed by anthropogenic shapes (28%), built-up area (21.2%) and fields and meadows (14.6%), while in case of the settling basins and waste dumps zone built-up area dominates (53.3% of the zone area), followed by anthropogenic shapes (29.6%), fields and meadows (9.3%) and forests (7.9%). Water areas and water courses are negligible in both zones (Figures 7 and 8). The trend of development in those zones since 1946 is not high; in the zone of spoil banks, stock piles and dumps only 7.3% of development out of the newly built-up area was realized there and in the zone of settling basins and waste dumps it was 8.6% of the built-up area (Figure 4).

Without a detailed engineering-geological survey those zones are not suitable for development, while their local conditions and compaction of loose ground materials are important. Foundation soils are spoil banks (Y) and waste dumps (Z) there.

The zone of spoil banks, stock piles and dumps was predominantly built up in Slezská Ostrava, south of the interest area, down of Lihovarská Street, where Bytostav is situated. Otherwise, the landscape element of forests is dominant there, which is the result of forestry reclamation of dumps. The zone of settling basins and waste dumps was built-up more in the monitored period, which was caused by the construction of houses in Kunčičky (between Lihovarská and Rudná Streets).

Other zones of the interest area cover a very small area and therefore, their analyses will not be as extensive.

The *zone of deluvial sediments* covers 3% of the interest area (fig.1,2). The soils in this zone are represented by medium bearing, mostly dry, inhomogeneous foundation soils with various content of clastic fraction. There is a wide range of geotechnical properties values, in particular. The suitability of a building plot must be assessed on an individual basis with regard to morphology, composition of slope and bedrock rocks. The foundation soils here are very varied, from gravel loam to clays with low to medium plasticity (F1 to F6), gravel with fine soil ingredient (G3), dirty gravel (G4) and clayey gravel (G5). The most dominant landscape element in this zone is built-up area (51.1%), followed by fields and meadows (23.5%). Since 1946 the area in this zone has been primarily built up in the city district of Slezská Ostrava, on the right bank of the Ostravice River. In the district of Radvanice and Bartovice the right bank of the Lučina River was built up in this zone.

The *predominantly cohesionless glaciofluvial and glacial sediments zone* takes up 1.7% of the interest area (fig.1,2). In this zone there are mostly sands, gravels and less sandy loams. Dense sediments form medium to high bearing foundation soils, in case of which the ground-water level must be taken into consideration. The sands and gravels are largely well permeable and act as a significant Quarternary ground water aquifer. The sediments above the ground-water level are of slight to intermediate getting characteristic; quicksands fall in the getting characteristic class 4. This zone is characteristic for a wide range of foundation soils; there is badly graded sand (S2), sand with fine soil ingredient (S3), loamy sand (S4) and clayey sand (S5). Next, there is badly graded gravel (G2), gravel with fine soil ingredient (G3), sandy loam (F3) and sandy clay (F4). Almost a half of the zone is built up (49.4% of the interest area), the second largest landscape element are forests (34.3%), followed by fields and meadows. The built-up area mostly concerns houses in the districts of Radvanice and Bartovice.

The *deluvial-fluvial sediments zone* covers only 1.5% of the interest area (fig.1,2). The largest landscape element in this zone is again built-up area (49.8%), fields and meadows cover 35.1% of the area and forests cover 15.1%. The zone is characteristic for inhomogeneous, medium to low bearing foundation soils that fill shallow wash-depressions. For foundation engineering they are low suitable to unsuitable, of slight to medium getting characteristic. The foundation soils in this zone are sandy loam (F3), sandy clay (F4), soils with low to medium plasticity (F5) and clays with low to medium plasticity (F6). In addition, there is loamy sand (S4) and clayey sand (S5). The majority of the built-

up area situated in this zone is formed by a railroad, which is considered a built-up area landscape element for the purposes of this analysis.

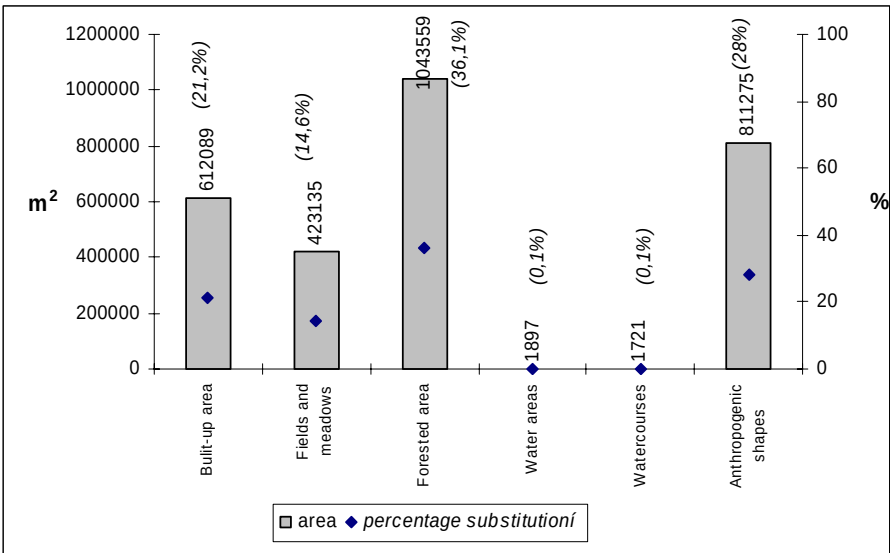


Fig. 7: Areal and percentage representation of selected landscape elements in the zone of spoil banks, stock piles and dumps at the present

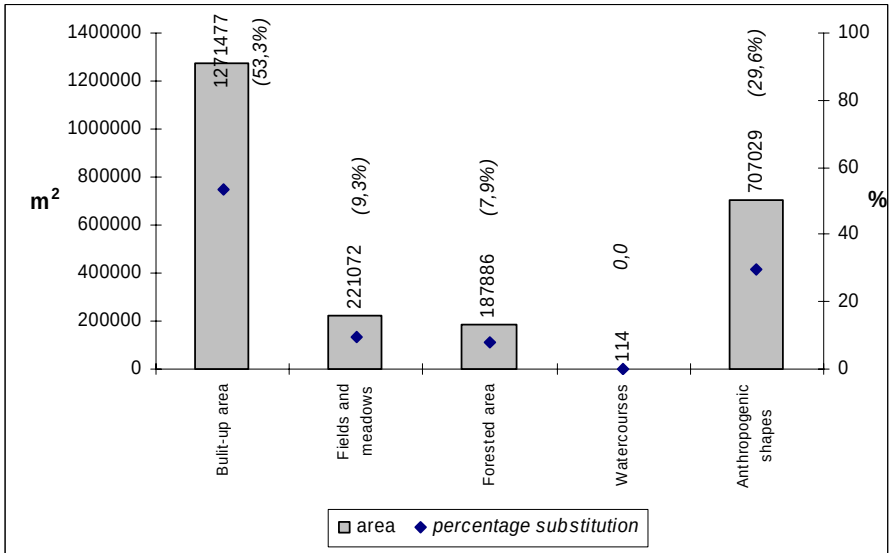


Fig. 8: Areal and percentage representation of selected landscape elements in the zone of settling basins and waste dumps at the present

The zone of Pleistocene river terraces takes up 1% of the area (fig.1,2)., while built-up area with its 92.7% of area prevails over other landscape elements. The soils of this zone are bearing, stable and little compressible foundation soils. They are predominantly compact, with the ground-water level under the foundation engineering level. The gravels and sands are well permeable and form an important ground water aquifer. With regard to the compactness and granularity, they are of medium to hard getting characteristic. As foundation soils there is sand with fine soil ingredient (S3) and loamy sand (S4), badly-graded gravel (G2), gravel with fine soil ingredient (G3) and dirty gravel (G4). The zone, therefore the built-up area too, is located in the north-west end of the interest area.

The last two zones cover a negligible area, the *undiscriminated flysch sediments zone* (0.4%) is largely covered with forests (80.9% of the area), the *predominantly cohesive drift zone* takes up only 0.4% of the interest area. The most dominant landscape element of this zone are fields and meadows (60.1%), followed by forests (38.3%). The built-up area is very small in those zones; in case of the undiscriminated flysch sediments zone it is 12.2%, etc.

4 CONCLUSION

The most important characteristics of the area in terms of engineering-geological conditions for the needs of foundation engineering and landscape planning are the engineering-geological zones in which the area is divided into territories with similar engineering-geological characteristics and conditions for foundation engineering.

From this point of view, in the interest area the largest is the zone of polygenetic loess sediments (39.9% of the area) and the zone of alluviums lowland streams (23.5% of the area). In addition, more than a quarter of the interest area is formed by similar zones of spoil banks, stock piles and dumps and the zone of settling basins and waste dumps. Those two zones are not suitable for development without a detailed engineering-geological survey.

Other zones in the interest area cover very small areas. As for their suitability or unsuitability for foundation engineering their localization is important, for which maps have been created.

As for the needs of landscape planning the extent of landscape elements such as built-up area, forests, fields and meadows, anthropogenic shapes and water areas must be known.

In both zones (the zone of polygenetic loess sediments zone and the zone of alluviums lowland streams) the most dominant landscape element is built-up area, which represents a considerable part of all the built-up area in the interest area (74.8%).

In case of the zone of settling basins and waste dumps built-up area also prevails and in the spoil banks, stock piles and dumps zone dominant are reclaimed forests.

In terms of research, it was necessary to monitor the landscape elements also in time in order to be able to recognize trends and be able to influence them in the future. As for the past, changes have been monitored since 1946 to date.

It was discovered that since 1946 the most intense development has been in the zone of polygenetic loess sediments (55.7% of newly built-up area), followed by the zone of alluviums lowland streams (17.7% of the area) and in both of the anthropogenic zones (together 15.9% of new development is situated there).

The realized evaluation of the selected engineering-geological conditions by means of geographic information systems on an interest area can be generally applied on any other area. However, it is most useful for conurbations.

5 ACKNOWLEDGEMENT

The publication was supported by the grant project GAČR - 205/07/1313.

6 REFERENCES

- [1] CULSHAW, M. G., BELL, F. G., CRIPPS, J. C., O'HARA, M.: Planning and engineering geology. *Geological Society Special Publication 4, Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), Development on unstable land-landslides and planning Planning Policy Guidance Note 14, Annex 1, HMSO, London, 1996*
- [2] Český ústav zeměměřický a katastrální: Základní mapa ČR, 15-43-10. *Katastrální úřad, Opava, 2001*
- [3] ČSN 73 1001 - Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, *Validity: 1.10.1988*

- [4] ČSN 72 1001 - Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii, *Validity: 1.8.1990*
Since 1.11.2004 replace:
 ČSN EN ISO 14689-1 (721005) - Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařídování hornin - *Část 1: Pojmenování a popis, Validity: 1.11.2004*
 ČSN EN ISO 14688-2 (721003) - Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařídování zemin - *Část 2: Zásady pro zařídování, Validity: 1.4.2005*
- [5] DOPITA, M. a kol.: Geologie české části hornoslezské pánve. *Ministerstvo životního prostředí, Praha 1997*
- [6] DUTTON, C.: Geological investigations for new town planning at Tin Shui Wai, New Territories, Hong Kong. *Proceedings of the Conference on Geological Aspects of Site Investigation, I., McFeat-Smith (Ed.), Geological Society of Hong Kong, Bulletin 2, pp. 189-202, 1985*
- [7] CHLUPÁČ, I. a kol.: Geologická minulost České republiky. 1. vydání *Praha: Academia, 2002. 436 s. ISBN 80-200-0914-0, 2002*
- [8] MACOUN, J. et al.: Kvartér Ostravska a Moravské brány. *Ústřední ústav geologický. Praha, 1965, 420 s.*
- [9] MACOUN, J., et al.: Geologická mapa ČSR. List 15-43 Ostrava, 1:50 000, *Ústřední ústav geologický, Kolín, 1989*
- [10] MALGOT J., BALIAK F., ČABALOVÁ D., BARTÓK J., KOPECKÝ M., SATINA J.,: Analýza inžinierskogeologických príčin porušenia stavebných objektov. *Katedra geotechniky SvF STU Bratislava, 1993*
- [11] MARSCHALKO M., JURIS P., PEŇÁZ T.: Insufficient Utilization of the Impacts of Floodlands and Radon Hazard in Slezská Ostrava, Vítkovice and Radvanice for the Landscape Planning Purposes. *Proceedings of the XVIth International Scientific Symposium on Ecology in Selected Agglomerations of Jelšava – Lubeník and Central Spiš, October 25th to 26th 2007, Hrádok, Slovakia. Ústav geotechniky SAV Košice, 2007, s. 158-166*
- [12] MATULA, M., LETKO, V.: Engineering geology in planning metropolitan region of Bratislava. *Bullet. IAEG, No. 22, pp.139-145, 1980*
- [13] MATULA, M., PAŠEK, J.,: Regionálna inžinierska geológia ČSSR, 295 str. Alfa, Bratislava, 1986
- [14] MATULA, M.: Geológia v územnom plánovaní a výstavbe, *Príroda, Bratislava, 214 s., 1995*
- [15] ŘEZNIČEK, T., PAŠEK, J., ZEMAN, M.: Geologie v územním plánování. *Academia, Praha, 226 str., 1980*
- [16] SLOBODA, J., et al.: Mapa inženýrskogeologického raionování ČR. List 15-43 Ostrava, 1:50 000, *Ústřední ústav geologický, Kolín, 1990*
- [17] United Nations: Urban Geology and the Impact on Our Lives. *Publisher United Nations Publications, 94 pp., ISBN 9211200946, 2003*
- [18] Vojenský topografický ústav: Letecký snímek, č. 548, č. 550, č. 552, č. 575, č. 577, č. 579, č. 580, č. 601, č. 603, č. 605, č. 606, č. 627, č. 629, č. 631, č. 632. *Dobruška, 1946*

Oponentní posudek vypracoval: RNDr. Miloslav Kopecký, CSc.

Josef ŠAMÁNEK¹

KRÁSA, UMĚNÍ A ARCHITEKTURA V TVORBĚ

BEAUTY, ART AND ARCHITECTURE IN PRODUCTION

Abstrakt

Studie je zjednodušeným výtahem z několikaleté práce autora na širší téma. Je první ze tří částí: Krása, Umění a Krása a umění v architektuře, Navazuje na studie uveřejněné v předchozích Sbornících vědeckých prací stavební fakulty VŠB-TU v Ostravě. Vychází z předpokladů biologického dědictví lidské potřeby krásy a z psychologicky existenční potřeby uměleckého jazyka pro dialog člověka s neznámým, ale přítomným iracionálním citovým a duchovním světem. Cílem autorových úvah je architektura, ale cesty k ní vedou nezbytně přes jiná umění. Neuvádí se konkrétní návody, ale náměty na způsoby přístupů ke konkrétním řešením a uživatelům se ponechává svoboda volby a jejich variant nebo alternativ. Autor vychází z moderních poznatků biologie a psychoanalýz (S. Freud, C. G. Jung) a z vlastní tvůrčí autopsie. Jeho přínosem je pokus o univerzální sjednocení pramenů umění, jejich uměleckého jazyka a jejich prostředků, i když jejich realizace je pak různá. Z tohoto hlediska jsou poznatky použitelné i pro jiné tvůrčí činnosti (ve vědách a v technice).

Abstract

This study is the fist of tree studies about the Beauty, and the Beauty and the Fine-Arts on this article is a simplified summary of long-time work of the author on the mentioned topic. It follows in articles printed in previous Collections of scientific works of the Faculty of Civil Engineering of VSB-Technical University of Ostrava. It comes out of assumption of biological heritage of human need for beauty and existential need of art language for a dialog of a man with emotional and spiritual life. The aim of the author's considerations is architecture but the ways towards it lead necessarily through other arts. Particular instructions are not mentioned, only proposals to particular solutions are mentioned and the users are given freedom of choice and its options or alternatives. The author builds on modern knowledge of biology and psychoanalyses (S.Freud, C.G.Jung) and his own creative autopsy. His contribution lies in attempt for universal unification of art sources, their art language and their means, although their realization is different. From this point of view the knowledge is usable also for other creative activities (in sciences and technique).

1 ÚVOD

Nejen člověk, ale každý živočich při svém pohybu v jakémkoli prostředí, aniž by si to uvědomil – a člověk případně také vyslovil, cítí určitou příjemnost či nepříjemnost tohoto prostředí, anebo alespoň jednotlivých předmětů a jevů v něm. Tento pocit náleží k základním pocitům živých tvorů, neboť souvisí s jeho existencí. Kromě toho souvisí současně s další neméně důležitou složkou, s příležitostí se nasytit, ukojit potřebu dodávek energie. Bez ohledu na to, zda právě má nebo nemá hlad. Vždy tedy jde o určitou, i když různou úroveň hodnocení.

Pocit vzrušující libosti, nikoli pocit upokojujícího blaha nebo spokojené pohody příjemnost, je emotivním důsledkem přírůstku hormonů v krvi (zejména endorfinů). Zatímco u zvířat účinky endorfinů zůstaly na úrovni instinktů, u člověka, který ze své převahy nad ostatním světem jinými způsoby, o řadu obranných i jiných instinktů přišel – a navíc rozvojem svého mozku (velký mozek a mozková kůra) přeměnil část obranných instinktů na jiné projevy: na emoce, z nichž určitá část jsou naše nynější estetické emoce. Své instinkty různých tělesných příslibů tělesného nasycení přeměnil člověk na emoce z citového nasycení krásou. Krása v dějinách byla však chápána různě, jinak, než ji chápeme

¹ Doc. Ing. arch. Josef Šamánek, CSc., Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 596 719 640, e-mail: ingarchsamanek@volny.cz.

my. Můžeme ji nazvat krásnou s z míry užitečnosti, nebo krásu z příslibu. Přesto určité spojení krásna s vlastní bezpečností, užitečností apod. i zůstává i dodnes. Krásno je ozvlášťujícím znakem předmětů nebo jevů, vázaným na určité potřeby lidského vnímatele. příslibem nasycení nebo již nasycením a ukojením jakékoli touhy, po níž je i duševní „hlad“. pocitů jistoty, bezpečí atd. Tedy i nasycením určitých estetických potřeb, jakými jsou formy, tvary, obrazy (označované ve výtvorech – knihách, na obrazech, v sochách, v hudbě, tanci apod. za figury, přesto, že nepřipomínají nic reálného) někdy abstrahovaných od reálných předloh, jak je tomu v jiném významu v abstraktní tvorbě.

Pocit krásna související s duševními, nejen tělesnými stavy myslí, abstrahovaný od nich ovládnutím impulzů, náleží k prvnímu stupni kultivace člověka. Je obtížné říci, kterého vývojového stupně, ale zcela určitě toho stupně, z jehož středu (v různých časech téhož vývojového stavu a v různých oblastech světa) máme památky podobné alespoň zářezům na kostech, vrypů v kamenech – a později jeskynních maleb, sošek venuší atd., tedy z doby, kdy člověk začal nejen vyrábět prakticky funkční předměty, ale také je určitým způsobem označoval, tedy oduševňoval, ať tomu tehdy říkal jakkoli. Zcela jistě to souvisí s magií, která byla projevem jeho duševních aktivit – a nebyly pro něho záležitostí estetickou, ale záležitostí navýsost praktickou a účelovou. V obecné tendenci člověka technicky a technologicky již dobře zvládnuté věci rozmělnovat v rutinu a poutávání se od jejich smyslu, v tomto případě magickými úkony se osvobozovat od alespoň části strachu z nepřátelských bytostí mýtického světa. Velmi vážný smysl těchto rituálních úkonů se postupně vytrácel a přeměňoval v pocity strachu se transformoval do pocitů libosti z nové kvality do stále svobodnější krásy. Přesto, že tím se krása přesunula do běžnějšího života, i do obecné komunikace, do zpráv všeho druhu, sama krása se přitom stávala také znakem magické síly a moci předmětů, které sama sebou takto označovala. Tyto síly přes veškerý pokrok racionality a poznání je v našich duších dodnes, i když krása ve většině případů již ztratila neoddělitelnost od magie ve funkci služebnosti pro ni, ale stala se sama cílem mnohého lidského konání. V této souvislosti je třeba připomenout, že sice neexistuje krása jako samostatný jev, ani jako vlastnost, ale existuje krásno, stav pocitu nebo citu, který vnímá pozorovatel, uživatel a nutně také tvůrce krásného a uměleckého díla.

2 UMĚNÍ, KRÁSA A KRÁSNO

2.1 Krása je neexistující fikci

Krásna je imaginární fikce neexistujících vlastností předmětů.

Pojmy krásna a krásný však nejsou reálné, nejsou fyzikálními jevy ani fyzickými vlastnostmi, ale pouze domnívané vlastnosti nebo stavy neboť nic takového neexistuje. Existuje ale krásno jako pocit a stav lidské psychiky jako pocit libosti a uspokojení určitého druhu potřeby. Původ pocitu však pro zjednodušení v běžné mluvě se přičítá vnímanému předmětu jako jeho vlastnost, nazývanou krásnou, která předmět nebo jev domněle činí krásnými. Znamenají pokus o jistou kvalifikaci, o určení relativní polohy mezi ostatními předměty a jevy. Taková snaha je pouze lidská, subjektivní, zatímco v přírodě si vše z tohoto hlediska rovné, stejné, příroda nekvalifikuje, pouze existuje a ponechává existovat. Každý předmět a jev v ní bojuje sám za sebe, příroda nic neřídí a neorganizuje, nemá žádný cíl, nemá žádné pocity, ani racionální smysl, neboť nemá mozek. Příroda má pouze jistou směs řádu a chaosu, z nichž osudy vycházejí sice jistým způsobem zpravidla, ale náhodně. Je o jednotu dvou protikladů, která se pak jeví ve všech procesech přírodních i lidských, i když se to pro krátký lidský časový úsek, který je k dispozici, zdá jinak. Jakožto pouhé pocity, jsou lidská hodnocení iracionální, zpochybnitelná, neurčitá, neohrazená, bez zřetelných hranic.

Pojmy krásna a krásno jsou metaforou pro tělesný a mentální stav z estetického zážitku.

Krásno nelze racionálně definovat. Je však možno popsat krásno jako estetický pocit, jeho podněty, vznik, projevy a důsledky. Ke krásnu je nutno přistupovat dvěma cestami: jednou ze strany vnímatele, druhou ze strany tvůrce krásného díla. Popsat jeho důsledky lze jen u vnímatele. Tvůrce díla byl krásnou inspirován, a jeho snahou je vyvolat u vnímatele emoce odvozené od svých, nikoli však tytéž. Inspirativní podnět dává jiná skutečnost a umělecké dílo z něho vyšlé je zcela jinou skutečností. Pocity a emoce jsou vždy vázány jen ke konkrétnímu jevu, nemohou být přenášeny jiným jevem, předmětem, estetickým nebo uměleckým dílem. Cílem tvůrčova úsilí je záměrně vyvolat u vnímatele pocity a emoce, které však s jeho vlastními inspirativními emocemi nemusejí vůbec souviset.

Krásou, respektive krásnem se zabývá estetika, krásnu, takže je možná téměř jednoznačně uvažovat i obrácenou souvislost, že to, co považujeme za krásné, je estetické. Pokud pocit krásna se očistí od ostatních vlivů a původů, v uměnovědném přístupu vychází pocit krásna především z vnímání forem, tj. z použitých tvarových prvků, se kterými daný druh umění pracuje, a z jejich formálních vztahů.

Pocit krásna je kromě díla závislý také na konvencích, návycích a rituálech.

Východiskem pro pocity krásna a měřítkem pro jeho míry krásna jsou především aktuální konvence daného společenství v individuálních variantách jednotlivců a v proměnách v čase. Vše souvisí s objektivními vnějšími vlivy na ně a s se stavy intelektuálního a duchovního vědomí. V tom jsou velké rozdíly mezi názory na krásno ve společenství současné euroamerické kultury a křesťansko-judaistickým duchovním rozpořádáním (která v nové tvorbě převládají) a cítěním východních společenství v duchovní oblasti východních náboženství (především buddhismu a hinduismu), do určité míry také s muslimskými duchovními tradicemi. Podobné přístupy však lze vidět také u dosud zachovalých přírodních etnik. Evropský přístup a chápání jsou založeny na řecké antické a klasické římské filosofii, jež po středověké gotice dostala nový velmi silný impuls v renesanci. Tento zděděný přístup chápání a z něho vyplývající postoje těsně svázané s životní praxí, jsou mnohem životnější, než jsou zejména orientální a přírodní přístupy založené na duchovních základech. Lidé v jiných kulturních oblastech také vnímají krásu, jejich vnímání má však jiné základy^{2.1.1)}.

2.2 Co je krásno

Základní živočišné potřeby, uspokojení a libost jsou předchůdci vnímání krásy.

Cokoli člověk vnímá, posuzuje z hlediska svého osobního pocitu libosti, i když si to neuvědomuje. Libost je subjektivní tělesný stav, který mohou poskytnout tělesné pocity, duševní a duchovní pocity, city, rozum (intelekt) a duchovní rozpořádání mysli. Podnět k těmto stavům může pocházet ze samotného subjektu, vnímatele, anebo zvnějšku od stavu, formy a jiných vlastností vnějšího předmětu nebo jevu, zpravidla však nikoli od předmětu nebo jevu vnímaného samostatně, izolovaně, ale včetně dalších vnějších souvislostí, případně i souvislostí, které si vytvořil sám subjekt.

Nejpřirozenější vztahy vytvářející libost nebo nelibost, jsou vztahy související s živočišnými pudy související s hladem a nasycením, s touhou a s jejím ukojením. Z nich jde především o sexuální pud pro zachování rodu a ostatní pro zachování jedince. (nasycení, bezpečí aj.). Nejednodušší reakcí na vnější podnět je afekt, jehož původcem jsou starší části mozku, který jsme zdědili po svých zvířecích předcích. Vyznačuje se prudkostí a intenzitou se kterými vzplane a které nejsou zabrzděny a ovládnuty novými částmi mozku nesoucími lidskou inteligenci. Afekt má krátké trvání, nezanechává stopy dojmu, ale jeho důsledky v jednání člověka jsou nepředvídatelné. Pro inteligentní vnímání a jednání nemá afekt smysl. S vyšší mozkovou činností souvisejí civilizační a kulturní touhy a uspokojení. Hlad, touhu, hodnotí naše podvědomí jako nepatřičnost, nepřijemnost, ohrožení života, nasycení, uspokojení hladu vyvolává emoce libosti při kterých tělo reaguje odlišně, především vylučováním odlišných tělesných tekutin (žaludečních šťáv,

2.1.1) Duchovní a realistické vnímání krásna

Zvláštní masové okouzlení a smysl pro krásu lze pozorovat např. v Japonsku. Tisíce lidí ji jdou obdivovat na stránkách sopky Fudžijamy v době, když kvetou sakury a když se pestře barví javory. V celé buddhistické Asii jsou zdánlivě obdobně jako u nás obdivovány romantické tvary skalisek, barvy a tvary květů, jednoduchost a zajímavé tvary jednotlivě formovaných listů trávy, různě formovaných rostlin (např. bonsaje), kresby a výsostně kaligrafické písmo, hudba (jiná než naše i naše), krásný porcelán, průzračnost a nadýchnutá lehkost, ale také zcela jiné – nám nepochopitelné - vlastnosti básní, obřadné a vznešené slavnostní kimono a oděvy samurajů, jejich způsobem bohatě vyzdobené chrámy a paláce, ale také třeba jednotlivé kameny, pramenky potůčku, prchavé hry světla a stínů apod. Zdánlivě je jejich okouzlení podobné našemu, avšak jeho podstata je zcela jiná. Především ta, že vnímáním této krásy uctívají lidskou práci i lidského ducha a ta, že duchovní (božskou) přítomnost vidí v každé věci a v každém jejím detailu. Jiný, ale obdobně duchovní přístup ke kráse, zejména chrámů, tanců a hudby, je v hinduistické Indii. Na rozdíl od asijských duchovních přístupů je náš přístup ke krásnu více realistický, věcný, někdy byl dokonce až praktický.

potu), enzymů (trávicích a jiných), hormonů (testosteronu, endorfinů) odlišnou frekvencí srdečního tepu, dýchání atd.

Uspokojení žádosti poskytuje krásno.

Pocity, které spojujeme s krásnem, jsou určitým důsledkem vzrušující tělesné, u člověka i citové a duševní libosti, obvykle intenzivnější po uspokojení silného pocitu určité potřeby podnícené, katalyzované vnímáním příhodných předmětů nebo jevů. Nejde však o předmět, kterým se aktivizuje určitý vztah mezi jím a vnímatelem, ale o způsob spoluúčasti vnímatele i předmětu na dojmu tzv. krásy, přesněji však: na pocitu krásna. Druh tohoto vzrušení pocházejícího z vnímání tvarů a vizuálních forem se označuje jako estetická emoce, estetické vzrušení. Citový a mentální stav pocitu krásna může mít dva stupně: vzrušení s pocitem krásna z forem a vzrušení z umělecké stránky a hodnoty díla. Pojem umění se chápe ve dvou významech: jednak jako dovednost, jednak jako svěbytný fenomén určitého oboru lidské kulturní činnosti. Krásno forem a tvarů přírodních předmětů a jevů zcela zřejmě není součástí umění. Může však být součástí jakéhokoli lidského díla, a je zcela nutnou a podstatnou součástí nejrůznějších děl lidského původu. Je však zcela nezbytnou součástí a nutnou podmínkou uměleckosti díla, uměleckého díla., i když vnímání pojetí této krásy může být velmi různé.

Krásno je iracionální pocit vnímatele.

Krásno není fyzickým stavem, fyzikálním nebo metafyzickou vlastností předmětu jevu, situace nebo děje, je pouze pocitem vnímatele, který jevy pozoruje a zaujímá k nim určitý iracionální vztah. Bez ohledu na to, zda jde o dílo lidské nebo o přírodní předmět nebo jev, anebo jakýkoli děj. Zatímco uměleckost je způsobem provedení a obsah lidského díla, krásno je pouze pocitem vnímajícího člověka. Souvisí sice s určitými vlastnostmi vnímaného předmětu nebo děje, avšak ani neživá, ani živá příroda jako objektivní jev krásu nezná. Krása je pojem čistě lidský a je určitým druhem libosti. Libost je pak obecný druh stavu určitého pocitu, který sdílají všichni živočichové a dá se předpokládat, že něco obdobného i rostliny. Libost je životně důležitý pocit, neboť je součástí podmínek pro zachování života jedince. Je spojena s potravou.

Na straně vnímajícího člověka je pocit krásna závislý na určitém iracionálním naladění vnímatele přijímat „vlnění“, která předmět nebo jev poskytují. Tvůrce krásného díla musí dát podnět k tomu, aby ve vnímání vznikl pocit libosti, u člověka estetické.

Estetické krásno poskytuje půvab a potěšení.

Estetické krásno je kvalita poskytující smyslům člověka půvab a potěšení, a to zvláště tam, kde okouzlují intelekt, morálku a obrazotvornost a vede k činu nebo k rozjímání. Stejnou měrou zaujímá estetické krásno vědce i umělce jako jedna z důležitých hodnot pro člověka, i s tím, že člověk západní kultury se přes často opačné zkušenosti domnívá, že co je jemu k prospěchu, je k prospěchu i přírodě a světu. Lidé východních kultur se cítí rovní s přírodou, pokorní k jejím neznámým silám a v jejich kulturách se hledají cesty ke vzájemnému harmonickému splynutí^{2.2.1)}.

Obecnost pocitu libosti a krásna

Pocit krásy je emocionální stav, který člověk pociťuje při vnímání některých předmětů, jevů, dějů, událostí a stavů a hodnotí jejich kvalitu a účinky, ale měřítkem svých pocitů krásna hodnotí také vlastní tělesné, pocitové a duševní stavy. Svůj stav promítá do vnímaných předmětů, jevů apod., přičítá jim jej a hodnotí je jako krásné. Za krásné se přitom nepovažuje pouze to, co se hodnotí z hlediska estetiky, tedy esteticky krásné, ale také to, co se hodnotí z hlediska morálky, tedy jako etickou krásu, z hlediska intelek-

^{2.2.1)} **Cesty nalézání světa a člověka v něm**

Umělci ve svých dílech podle svých světových názorů a postojů k světu nejrůznějšími zobrazují nebo vykládají a objasňují reálný nebo mystický svět a jeho jevy, jiní jej parodují, jindy se snaží dostat za jeho viditelné brány, někteří jej přetvářejí nebo doplňují, další hledají cestu ke splynutí s přírodou a vesmírem, F. L. Wright zejména ve vile nad vodopádem předvedl příklad dokonalého splynutí s přírodou. P. Klee se snažil pozorováním poznat, jak příroda roste a použil obdobného principu při tvorbě svých artefaktů a jindy studoval, jak příroda hledá a nachází rovnováhu a tentýž princip použil k hledání, vytvoření a zobrazení rovnováhy lidského díla a s ním se snažil vžívat do rovnováhy důležité podmínky existence a přirozenosti světa.

tuálního tedy intelektuálně krásné. Jako „krásné“ se obecně hodnotí a označuje vše, co splňuje určité naše požadavky nebo předpoklady, bez ohledu na to, že z jiného hlediska může za určitých okolností a z určitého hlediska jít o zcela zápornou a zavržovanou věc. Takto krásné mohou být i nepříjemný jev, nezdar, neúspěch, ba dokonce také zločin. Takto se za krásné považuje i nebezpečí, kterému se člověk dobrovolně vystaví, např. horolezec, rychlý jezdec na motorce, při čemž pocit krásna vyvolává adrenalin, hormon stresu. Za krásnou se někdy v rámci relativity k ostatním smrtím označuje i smrt bez utrpení.

2.3 Původ krásna

2.3.1 Přirozené materiální předpoklady

Reakce neživých hmot na vnější vlivy

Ve vesmírném prostoru existuje energie nejméně ve dvou formách: ve formách čistých, energie samotné, nezávislé na hmotě a energie související s hmotou (nevíme, zda tomu tak je také v celém kosmu, všehomíru, neboť nevíme, jaký byl stav před tzv. velkým třeskem^{2.3.1)}. Všechny atomy a molekuly hmoty mají určitý energetický potenciál a jednotlivé hmoty jako celek jsou schopny přijímat a vydávat různé energie (např. teplo, elektromagnetismus, světlo, záření aj.) i jiné hmoty (v chemických i fyzikálních procesech). Neživé hmoty se mění v jiné, nebo mění své formy a objemy (bobtnají, rozpadají se, mění tvary, obrušují a usazují se).

Plynulý přenos energií od jejich počátků až do vzniku života, do životní energie a její nepřerušené pokračování lze od těchto počátků sledovat až do současných živých bytostí i přesto, že život každého jednotlivce je časově omezený a končí jeho smrtí^(2.3.2).

Krásno se realizuje citově estetickou emocí.

Krásna je vázána na emoce. Na jedné straně vyvolává emoce, na druhé straně však k těmto emocím může dojít jen tehdy, jsou-li mysl a nálada člověka na ně naladěny, připraveny prožít krásno emocionálně, má-li člověk vůbec, aneb v tuto chvíli, cit (náladu) a smysl pro krásno a schopnost prožít je.

2.3.2 Biologické předpoklady krásna

Biologické zdroje pocitů krásna.

Pocit krásna je souhrnným účinkem vztahu vnímatele ke konkrétnímu předmětu, jevu nebo dílu, které splňují určité vnímatelem očekávané, anebo překvapivé či jinak vzniklé předpoklady. Vnímatel pouze svůj pocit na jev imaginárně přenáší a zhmožňuje je tak, že dovede popsat znaky na předmětu, které tento jeho pocit domněle vytvářejí. Ve skutečnosti je pocit krásna pocitem syntetickým, vyplývajícím ze souhrnu očekávání vnímatele a ze všech, nebo alespoň většiny formových a tvarových vlastností předmětu, jevu nebo díla. Výsledkem jsou pocity estetické libosti, emoce vyvolané hormony libosti a dobré nálady, anebo naopak nelibosti, stresu apod. Výsledný efekt působení vytvoření a hormonů je souhrnným účinkem působení více hormonů na konkrétní cílové buňky. Tým hormon v jednom případě může působit na libé a příjemné pocity, v jiném seskupení jako stresový. Hlavní hormony související s pocity krásna nebo odporu jsou endorfiny, serotonin, histamin, taurin, adrenalin a případně další.

2.3.3 Mentální zdroje krásna

2.3.1) Hmota sestává z dosud neověřených supermikročástí.

Některé nejmenší i malé součásti hmoty obsahují zjevnou energii (protony, elektrony), některé ji neprojevují (neutrony). Některé další prokázané i hypotetické ještě menší součásti hmoty: kvarky, antikvarky, hadrony, mezony, baryony, kaony, fotony, prony, somony, chromony, neutrin, ebeny a další částice mají nebo nemají vlastní energetický obsah (J. Dušek in: Astronoviny).

2.3.2) Pohyb jako projev života není nikdy přerušen.

Za věčnou souvislost pohybu jako projevu životní energie a v důsledku samotného života lze považovat energii iniciující život zárodečné buňky, projevovanou v pohybu bičíků spermatických buněk. Je možné v tom vidět jistou oprávněnost tušení zakladatelů asijských náboženství jako obraz tzv. převtělování.

Variantské zdroje krásy.

Přesto, že pocity krásy jsou výsostně subjektivní, existují určité reálné skutečnosti, které působí libě, pocity které vyvolávají dojmy krásy. např. měkkost, úměrnost, určité poměrnosti atd. ve vizuálních, sluchových, pohybových nebo tanečních vjemech. Taková působení pramení ze základních existenčních zkušeností všeho živého, ze zkušeností člověka jako druhu, jako součásti určitého společenství i jako jednotlivce. Zvláštním druhem je vznik pocitů krásy ze zvyku a ze zprávy, že něco je krásné. Všechny tyto případy, zvláště pak oba poslední, svědčí o tom, že pocit krásy je naučený a podmínky pro vznik tohoto pocitu jsou věci paměti (V. Klenerová, S. Hynie), tj. vytvoření určitých spojů mezi konkrétními buňkami v mozku.

Účast vnímatele a předmětu na pocitu krásy

Na straně předmětu je impulzem upoutání, na straně vnímatele náklonnost být upoután právě tím, co předmět poskytuje. Jde tedy o vztah zcela individuální a může být i náhodný. Zpravidla však jde o stav připravený různými způsoby. Význačným způsobem je, že člověk očekává krásu a zážitky z něho a vyhledává je (účastní se výstavy, koncertu, čte básně, vyjde do zahrady vidět a přivonět ke květům, vyjde do krajiny, pozoruje na ulici ženy, aby posoudil jejich krásu) Je informován, že něco je krásné, sám to sice neshledává, ale uvěřil tomu a jeho city a mysl příslušně reagují. Někdy shledá krásnou věc, která jej sice dříve neupoutala, ale dodatečně se k ní přidružil jiný zážitek, který mu viděný předmět v jeho vnímání zkrášlí.

2.3.4 Magie a rituály

Krásno prostředkem magie nebo samo božstvo

Pojem umění, spíše ve významu dovednosti, nabývá na významu od doby, kdy si člověk uvědomil, že různé pomůcky a masky pro magické rituály jsou krásné a jejich magická moc vlastně spočívá v této krásě. Mediem, nositelem nebo zprostředkovatelem magické moci je předmět, jev, člověk, zvíře, stav apod. a jeho jazykem je jeho forma, tvar, způsoby jeho, pohybů a figury jeho proměn při kouzelníkových magických tancích a při skupinových obřadních tancích před lovem, bitvou, při obětování bohům, i po nich. Jeho výrazem jsou kromě toho případně také jeho rozměry, jeho mlčení, netečnost, strnulost apod., zvláště pak jeho vzezření, případně podoba, obraz, který vyvolává pocity spojené s životními příznivými nebo nepříznivými pocity, pocity libosti nebo nelibosti, uspokojení nebo neuspokojení, které jsou příbuzné s pocity krásy. I samo krásno může v opačném směru být případně důkazem magické moci, přítomnosti nějaké duchovní moci, duše. Spíše však ono je samo tímto duchem nebo duší. Dodnes krásno lidi okouzluje, očarovává, někdy i zbavuje soudnosti a posiluje iracionální citové složky nad racionální intelektuální. Rituály magie jsou zvláštní schopností, dovedností, uměním, které ke svému působení využívá určitého strachu, distance ostatních lidí, úcty a vznešenosti, kterou ji propůjčuje přítomnost bytostí z jiných sfér světa. Účinky magie spočívají s mimořádností rituálů, ale postupně s odhalováním zákonitostí přírody a světa se do této účinnosti začleňují i světské účinky krásy vnímaného stále více bez magie.

Krásno je kulturním následovníkem magie

Emoce jsou ve vývoji člověka kulturními následníky afektů, přirozenosti všech živočichů. Možná svým způsobem i rostlin, kde však obdobné reakce na vnější podněty procházejí jinak, a označují se např. jako vadnutí nebo usychání nedostatkem vláhy apod.

Pocitem krásy jsou vnímány jak přírodní předměty a jevy vnímané tělesnými smysly a lidským intelektem, tak předměty a děje, jejichž původci jsou lidé. U přírodních předmětů a jevů se krásno pocituje pouze jako estetický jev, u lidských děl se krásno spojuje s různými lidskými aktivitami, výkony, ději, událostmi, stavy. Nejprůběžněji však s volným uměním, s užitymi uměními, s uměleckými řemesly a s uměním (dovedností) stavitelským a architektonickým, bez ohledu na míry jejich nejrůznějších estetických a uměleckých kvalit a hodnot^{2,3,3)}.

^{2,3,3)} **Rituály a jejich význam v lidském životě, umělecké i architektonické tvorbě**

Stále velmi působivými rituály jsou náboženské a ostatní kultovní obřady, i když v jednotlivých církvích nebo při různých příležitostech jsou případně i modernizovány a zcivilněny. Alespoň určité zbytky musí být zachovány, i v tzv. civilních pohřbech, nejen v samotných obřadech, ale v celém prostředí. Není v podstatě rozdílu mezi slavnostním pohřbem v katedrále, v malém kostelíku,

2.3.5 Nové priority umění

Prioritami umění se stávají dovednost, nezávislá krása a nový smysl

Prioritu postupně nabývala dovednost-schopnost-umění vytvářet krásno, vzrůstal kult umění v dnešním slova smyslu. Krása se postupně osvobozovala od magie, ale zůstala jednou z nutných součástí tohoto umění. Umění již spatřované v jiných jevech, považovaných sice za estetickou kvalitu, avšak stále jinak, než v estetice, jak ji rozumíme dnes. Estetičnost byla spatřována např. v dokonalosti napodobování přírody, v didaktické kvalitě apod. Smyslem umění se stávalo to, co je v dnešní terminologii blízko termínům vyprávění, líčení, popis, dokumentace apod. s účely poučit, potěšit, dát příklad atd. tím, co povznáší duchovně, duševně, morálně, krásou. Za umění se postupně uvažovalo jen to, co bylo později zahrnuto do tv. „krásných umění“, umění formalizované, srozumitelné a oceňované jen v civilizačně i citově již určitým způsobem kultivovaných společensky vyšších vrstvách: malířství, sochařství, epické i lyrické básnictví, hudba – a s tím také filosofie. Theologie však až do konce středověku zůstala nade všemi lidskými činnostmi, naproti tomu však to, co nenašlo ušlechtilé formalizovaných forem, zůstalo pro obecný lid a nezískalo statut umění. V nejlepším případě pouze statut řemesla, spíše až do konce středověku statut kejklřství, komediálního herectví apod.

Přínosy renesance

Ke zvláště velkému přírůstku významu krásna a ke snížení významů magické, později náboženské symboliky došlo pak v renesanci zesvětštěním nazírání na svět a člověka^{2,3,4)}. Přesto v různých

v krematoriu, u samotného hrobu. Není ani rozdíl mezi hinduistickým spalováním, vystavením pozůstatků na pospas vranám a supům, anebo rozptýlením popela do vzduchu anebo jeho posláním do věčnosti po řece Ganga. Vždy jde o stylizaci vyjadřující určitou symboliku a důstojnost.

Ritualita je zřejmá jak u oficiálně řízených obřadech svatebních, zasnubních, výročních atd., jak u nejrozličnějších lidových zvyků, jednáních na úřadech, v obchodech, ve školách, při návštěvách výstav a scénických představení, u soudů, při společenských i kolektivních hrách všeho druhu a při všech uměleckých i volebních a podobných akcích.

Velmi cenná je i málo uvědomovaná ritualita u rodinných a domácích úkonů, zejména při stolování, uléhání, odpočívání, sledování televize, posedění u krbu (nebo u venkovního ohniště) atd. – a což se vůbec již nevnímá, při vstupování do domu, do bytu, hosta do rodinného prostředí atd. Rituálně zformované jsou tak běžné úkony, jako jedení, napití, kouření, vaření, umývání rukou (a zvláště koupání) atd., nemluvě o řádu a postupech při diskusi a jakémkoli jednání nebo společenským stykem.

Všechny rituály jsou v podstatě scénického charakteru nebo obřadních postupů, v odpovídajícím architektonickém i pracovním prostředí, s určitými symbolickými i manipulačními prostředky a pak doprovázeny dalšími emocionálně působivými předměty a jevy. Lze tedy usoudit, že lidský civilizovaný a kultivovaný život je zcela ritualizován. Všechny rituály naplňují dění, jevy, i použité rekvizity určitým duchovním obsahem, dodávají jim důstojnost apod. Jsou potřebou a znakem lidství a krásno je jeho potřebou i podmínkou. Zbavení člověka krásna je zločinem na jeho životě, zatímco obklopení krásnem je jeho lidským povýšením. Tato úloha připadá tvůrcům krásných a případně uměleckých děl, včetně architektonických děl.

^{2,3,4)} **Vývoj ve vnímání a chápání krásna po rozpadu feudalismu**

Prioritu nad zaměřením na duchovní otázky nabylo zaměření na otázky související s kladným postojem k životu, kterých se vedle vědy ujalo také umění, když znovu objevilo a zaměřilo se na krásno. Magie a vážnost se z umění začaly vytrácet. Zájem se obrátil k radostnějším stránkám, v čem nejdále dospěl zvláště v rokoku (ale v romantismu zcela paradoxně v jejich jménu dospěl až k opačným výsledkům). Vývoj pokračoval objevováním neobvyklých a postupně i nebyvalých až nereálných pohledů na svět a život (impresionismus a surrealismus). Umění začalo objevovat, že v přirozené složitosti světa a života existují až absurdní polohy a souvislosti (které pak potvrdily i lidské dějiny 20. století). Absurdita začala v umění těšit, pociťovat se jako krásno, v uměleckém světě se zaujal kritický až ironický postoj k jevům světa i života. Progresivní umění opět ukázalo, že nespočívá v pohodlí plavby v proudu, ale v objevování a zaujímání stanovisek. Objevení čehokoli dosud ne-

formách dědictví magie v estetice i v umění jako jeho součást dodnes zůstává – a její stopy jsou i nadále v různých formách jeho charakterizující součástí (jedinečnost, přitažlivost, překvapivost, ozvláštnění, oduševnělost, komunikativnost se zastřením smyslu tzv. básnickou poetikou, mnohoznačnost vyjádření, výrazová exprese, vznešenost, efektnost atd.), což vše nachází odrazy v různých a četnosti tzv. uměleckých stylů, směrů a v individualitě jednotlivých tvůrců estetických a uměleckých děl. Právě tím je krása neopakovatelná a její podoby jsou nevyčerpatelné stejně jako i smysl uměleckých děl).

Na druhé straně však právě ty vlastnosti a možnosti, které jsou základem uměleckých děl, jsou jejich nebezpečím. Krásno nemusí nastat, smysl nemusí dílo nabýt, jsou-li citově, smyslově, myšlenkové nebo duchovně prázdné, bezduché, nic neříkající, pouze pro extravaganci, efekt, výstřednost, anebo nedovedné.

2.4 Povaha a projevy krásna

2.4.1 Vyčleněná krásna

Ošklivo je záporným krásnem.

Krásno nelze uvažovat jen v kladném směru. Krásno je jev, jehož kvalitativní hodnoty se pohybují od neúčinku na obě strany, jak ke krásnu v pravém slova smyslu, tak ošklivosti, tj. ke „krásnu“ jiné kvality. Tato skutečnost vyplývá z hormonální účasti na emocích krásna. Jak pocit libosti krásna, tak pocit nelibosti „oškliva“ vyvolávají endorfiny, nikoli např. adrenalin nebo kortizon, které jsou hormony jiných nálad (stresu a útěku, nikoli nelibosti)

Tři na sobě nezávislá krásna díla

Jen estetické, a tím spíše umělecké dílo má tři základní složky, které nelze směšovat a z hlediska krásna je nutno je od sebe oddělit (distancovat je od sebe) a uvažovat každou samostatně.. Jednou z nich je naše téma, estetická krása, krásno formy a tvaru celkového díla a dílčí krásna forem a tvarů. Druhou je krásno tématu a námětu, spíše jejich etika. Třetí pak, pokud existuje, krásno obrazu, metafory, kterou je umělecky ztvárněn smysl díla. K tomuto případu nedochází, nejde-li o umělecký smysl díla, ale pouze o jeho estetiku, vyvolání emocí krásna jen z forem a tvarů. Kterákoli z těchto součástí může vyvolávat pocit krásna nebo ošklivosti zcela nezávisle na tom, jak působí ostatní složky ^{2.4.1) 2.4.2)}.

vídaného začalo poskytovat lidem krásno i bez emocí radosti, avšak někdy až na úkor funkčnosti a účelnosti. Reakcí se stala snaha o obnovu významu praktických funkcí – ale nedošlo k univerzálnímu sjednocení. Všechny tendence (ve stylech i ve smyslu umění i architektury) nadále žijí vedle sebe.

^{2.4.1)} Krása ani ošklivost díla nevyplývají z měr krásna námětu, estetiky, ani provedení.

Goyovy obrazy Hrůzy války, Brueghelovi Slepci, Picassova Guernica mají bezesporu ošklivé náměty. Estetika (technologie možná ne) je vynikající – obrazy jsou prvořadými uměleckými díly. Amatérský obraz kvetoucích růží má naopak krásný námět, avšak jejich zobrazení nemá estetickou kvalitu, dílo přes záměr i úsilí autorovo nevyvolává emoce krásna. Obraz je nehodnotný. Drastickým případem je skutečně realizované umělecké dílo tzv. situačního umění, kdy v prostoru byla v harmonickém rozmístění tři skutečné lidské výkaly. Tato sestava může být interpretována jako symbolicky vyjádřené gesto odporu k soudobé morálce lidské společnosti ve světě, (když). Téma je neradostné, estetičnost použitých prostředků („forem a i jejich tvarů“, symbolů) je nanejvýš odporná (což je druh krásna zcela jinak vzhlížejícího), harmonie (tvar) rozložení dílčích prvků, „tvarů“ v prostoru vyvolává pocity krásna. Gesto - téma, smysl a způsob symbolického vyjádření je ojedinělé, tak silné, že více již snad nemůže být, vystavení ve výstavní síni svědčí o tom, že tvůrce měl v úmyslu vytvořit umělecké dílo. Exponát splňuje všechny nyní uznávané (dříve nemožné) charakteristiky uměleckého díla ve vysoké kvalitě. Exponát je velmi umělecký a z uměleckého hlediska i krásný. Aby to člověk pochopil, musí sám sebe distancovat od svých subjektivních vztahů a pocitů a správně přehodnotit i některé své emoce.

2.4.2 Projevy krásna a názory na krásno

Na člověka působí skladba hormonů zjemňující nebo retardující instinktivní reakce. Podmínky pro estetické nebo umělecké prožitky vytváří spolu s vnitřními podněty také určité vnější objekty, předměty, jevy, stavy, děje apod., které mohou vhodným způsobem rezonovat s vnitřním stavem vnímatele, objekty, které mají z různých příčin schopnost působit na city a mentalitu vnímatele tak, aby je mohl pocítit jako krásné. Takovou schopnost nabývají různé objekty (předměty, jevy, stavy atd.) tím, že jim ji především lidské společenství udělí tzv. obecným povědomím, způsobem kolektivního citění, myšlení, duchovního stavu atd. Tento stav je proměnlivý, takže i pojem krásy není stále nebo všude stejný, není stabilní, objektivní, přírodní.

Vznik pocitu libosti, příjemnosti typu krásy člověk nepřičítá pak sám sobě, ale promítne si její původ do předmětu nebo jevu, který se stal katalyzátorem tohoto vjemu a prožitku. Nenajde v něm nic konkrétního, neboť žádná realita sama o sobě nemůže mít vlastnost, kterou příroda nezná, která v ní neexistuje, ale je pouze dojmem člověka. Je však pochopitelné, že musí dojít k určité harmonii subjektivního citění vnímatele a reality, která člověku jeho citový a myšlenkový průmět do ní vrací (viz C. G. Jung).

2.4.2) **Krásna ani ošklivost díla nevyplývají z měr krásna námětu, estetiky, ani provedení.**

Goyovy obrazy Hrůzy války, Brueghelovi Slepci, Picassova Guernica mají bezesporu ošklivé náměty. Estetika (o technologii se nezmiňujeme) je vynikající – obrazy jsou prvořadými uměleckými díly. Amatéřský obraz kvetoucích růží má naopak krásný námět, avšak jejich zobrazení nemá estetickou kvalitu, dílo přes záměr i úsilí autorovo nevyvolává emoce krásna. Obraz je nehodnotný. Drastickým případem je skutečně realizované umělecké dílo tzv. situačního umění, kdy v prostoru byla v harmonickém rozmístění tři skutečně lidské výkaly. Tato sestava může být interpretována jako symbolicky vyjádřené gesto odporu k soudobé morálce lidské společnosti ve světě, (když). Téma je neradostní, estetičnost použitých prostředků („forem a i jejich tvarů“, symbolů) je nanejvýš odporná (což je druh krásna zcela jinak vzhledově), harmonie (tvar) rozložení dílčích prvků, „tvarů“ v prostoru vyvolává pocity krásna. Gesto - téma, smysl a způsob symbolického vyjádření je ojedinělé, tak silné, že více již snad nemůže být, vystavení ve výstavní síni svědčí o tom, že tvůrce měl v úmyslu vytvořit umělecké dílo. Exponát splňuje všechny nyní uznávané (dříve nemožné) charakteristiky uměleckého díla ve vysoké kvalitě. Exponát je velmi umělecký a z uměleckého hlediska i krásný. Aby to člověk pochopil, musí sám sebe distancovat od svých subjektivních vztahů a pocitů a správně přehodnotit i některé své emoce*).

***) Je cokoli uměleckého uměním?**

Exponát situačního uměleckého díla výkalů rozestavených estetiky, vyváženě, anebo podle jiné poetizující možnosti splňuje estetická kritéria formy, popřípadě i smyslu, avšak pouze tehdy, kdy vnímatel opustí svou aktuálně přirozenou lidskost (i když třeba jindy a jinde podobné zábrany lidé neměli nebo nemají – civilizace i kultura se mění – a např. na dětské výkaly, psí výkaly, kravské výkaly, mají jiné statuty). Distancuje-li se od reality a sám sebe a zaujme neosobní intelektuální postoj a dívá se „nezaujatě“. Musí však zaujat postoj nezávislý, odlišný od většiny, „moderní“, oproštěný od svého vlastního subjektu, od určité citlivosti, která není z oblasti estetiky, ale z oblasti hygieny, morálky apod. Opustit požadavek krásy, která by umění a krásno – snad akademicky, snad přirozeným citem lidu, který vytvářel názvosloví – přisouzeny konání v podobě beau art, Fine Arts, sztuka piekna. Namísto oblažování a povznášení přiděluje člověk nyní umění úlohu zkoumání uměním, kroniky uměním, vyjadřování svých lidských názorů, z výše sfér, kam si jen člověk našel cestu k nahlédnutí magií a pak uměním, obrátil své pohledy dolů, sám k sobě. Sám ze sebe učinil božstvem, a z umění učinil službu sobě. Nelze posoudit, zda jde o ponížení anebo o další povýšení umění na jeho cestě s civilizací a kulturou.

Neexistence krásy jako nezávislé přírodní skutečnosti je zřejmá i z toho, že v dějinách na to, co nazýváme uměním, jsou různé názory. Přesto realizaci uměleckých děl podnítily právě ty jevy, které jejich tvůrci tehdy považovali a krásné^{2,4,3)}.

2.4.3 Proměnlivost krásna

Proměnlivost pojetí krásna v průběhu času.

Speciální vlastnosti děl pak v jednotlivých tvůrčích disciplínách. Ve výtvarných např. rozvrhy plochy nebo bodů v určitých obrazcích nebo sítích, v hudbě rytmy, barvy a charaktery zvuků, ve zpěvu a tanci zaujetí interpreta apod. Obecně však pocity libosti, tedy krásy, jsou proměnlivé a závisí na zvyklostních preferencích společenství. V antickém Řecku byla míra krásy odvozována od dokonalosti „napodobení přírody“, neboť příroda byla příkladem dokonalosti i v krásě. Jindy byly mírou krásy naučnost nebo výchovnost, později míra velebení Boha apod. V básnictví se nalézala krása v rytmu, zvukomalbě, v obraznosti apod. V císařské Číně mírou krásy básně bylo množství citátů mocných úředníků a pochlebování.

Proměnlivost krásna ve stavitelství a architektuře.

Ve stavitelství v 19. století bylo mírou krásy objektu množství dekorací a ozdob. Tradičně se obecně za krásu považuje určitá vkusná zdobnost. Ve své podstatě typové domy lidového stavitelství se ozvlášťovaly zdobením malovánkami, které vyvolávaly pocit krásy jednak tím, že šlo o dovednost, která nebyla dána každému tím, že často byly používány tradiční stylizované ornamenty, které byly srozumitelné i svou tradiční symbolikou. V antickém stavitelství kromě jiného také hra ustálených základních tvarů poskytující hru světla a stínů, umírněná zdobnost s výjevy ze života božstev. Krásou nalézanou v ornamentálnosti, bohatosti, fantazii, vynalézavosti a dovednosti, ve vzácnosti materiálů (i když často jen imitovaných) a v prostornosti (i když často dosažené jen klamavou perspektivností) a složitosti tvarů prostorů se vyznačovalo baroko. Ke zjemnění vkusu pak došlo v rokoku. Naopak ve funkcionalismu se jako krásné cenily hladké bílé plochy bez ozdob. Ve vrcholném gotickém stavitelství důmyslnost, subtilnost, ale zdánlivá jednoduchost hlavních konstrukcí,

2.4.3) Protiklady v pojetí krásy

Krása neolitických venuší nám není pochopitelná, vnímáme ji dokonce jako neforemnost. Tehdejšími lidem by jistě neučarovaly naše vítězky soutěží o nejkrásnější miss. Pro Rubense byly krásné modely kypících tělesných tvarů (nad vstupem do ateliéru mel nápis „mens sana in corpore sano“ – zdravá mysl ve zdravém těle – viz Vasari), Botticelliho krásky spíš umírají na tuberkulózu. Přesto nejen tehdejší lidé, ale i my tato díla vnímáme jako krásná. Na egyptských pyramidách není nic uměleckého (zcela prostá nesochořská zednická práce), ale přece je vidíme krásné. Magické masky kouzelníků a tanečníků přírodních národů jsou nám směšné, neodpovídající našemu vkusu, ale cítíme je jako krásné. Goyovy Hrůzy války jsou dokonce odporné, ale cítíme v nich krásu. Pro antické Řeky bylo uměním co nejvěrnější napodobení přírody a krása byla obsažena již v tom, že příroda je krásná z principu (přirozená příroda nezasažená lidským zásahem). Nám jsou krásná umělecká zobrazení (nikoli krajiny) tzv. průmyslových (zničených) krajin. Ve středověku bylo krásou to, že dílo bylo poučné, anebo neumělý lidový obraz dostatečně velebil některého svatého, zejména tam, kde se k němu konaly prosebné a děkovné pouti. Čínská klasická opera je pro nás nudná a zpěv ječením, zatímco pro Číňany je opera poutavá a zpěv krásný. V klasickém čínském básnictví byla báseň tím umělečtější a krásnější, čím více do ní bylo zamontováno citátů císaře nebo vysokých úředníků. Malby impresionistů koncem 19. století byly odmítnuty jako odporné, zatímco dnes jsou příkladem krásného malířství. Za krásnou považujeme renesanční hudbu přesto, že dráždí náš nynější sluch zvyklý na klasický vkus. I naše moderní elektronická hudba je nám odporná přesto, že umělecká zpravidla splňuje všechny charakteristiky hudby jako uměleckého druhu..

Na druhé straně jsou pro nás Hokusaiovy dřevoryty, čínské jednoduché malby štětcem, indické tance spočívající jen v různých figurách těla a představující různé bohyně, japonská kimona, okouzlující, šklebící se africké plastiky krásné, i když jim nerozumíme. Cítíme jejich krásu, zcela jistě však podstatně jinak, než společenství kultur, ze kterých pocházejí autoři těchto děl.

jejich průhlednost a rozříděnost siluety proti obloze. Ve výzdobě pak přítomnost zobrazení svatých osob v určité odhmotněné (a tím oduševnělé) podobě.

Proměnlivý vkus kriteriem krásna

Vidění a vnímání krásy je ovlivňováno proměnlivým obecným vkusem. Krásou a jejími vlivy na psychiku člověka se zabývá estetika. Za zdroj krásy se uvažují především formy oproštěné od ostatních vlivů, které spolupůsobí na vzniku pocitů libosti a odpovídajících estetických emocí. Především je žádoucí odlišit estetické emoce od jiných, především těch, jejichž zdrojem jsou sentimenty. Estetické emoce jsou nezbytnou součástí umění, zatímco sentimenty, dojetí z jiných důvodů než estetických, svádějí na cestu, na jejímž konci jsou kýče, díla bez uměleckého posvěcení, ale podbízející se lacinými prostředky a lacinými, málo obsažnými, ale lehce do mysli vkluzujícími vtíravými myšlenkami. Postrádají zušlechťující a povznášející vlivnost, spíše zaplňují mysl i srdce nehodnotným a destruktivním brakem.

Krásu nelze chápat jen jako libost. Je nutno ji vnímat i v její odvrácené podobě. Jednak proto, že i ona vyvolává estetické emoce stejnými prostředky jako libá krása, jednak proto, že za určitých podmínek i šerednost vyvolává pocity jisté „libosti“, i když je někdo považuje za zvrácené.

Krásna činí sice svůj předmět estetickým, nikoli však uměleckým. Je jevem vázaným především na smyslové počítky z povrchů jevů a nevyžaduje jedinečnost, zatímco tzv. vážné umění jako fenomén citu, myšlenek nebo ducha, tedy vážné umění, vyžaduje také obsah a jedinečnost.

2.5 Standardy krásna

Představa krásna vyplývá z ducha doby a z tvůrčí praxe

Estetická libost je pocit, ke kterému dojde, je-li předmět nebo jev subjektem vnímán v souladu s určitým naučeným a v mysli zakotveným vzorcům považovaným za krásné. Tyto vzorce nejsou podloženy žádnou objektivní realitou, spočívají na iracionálních subjektivních základech, které se ustavily jako integrace aktuálních společenských a individuálních pocitů. Jsou různé u různých společenstvích i u jednotlivců a jsou proměnlivé v čase v důsledku nejrůznějších společenských, individuálních i různých vnějších okolností (C.G. Jung). Ani pocity nejsou nezávislé, originální – jsou ovlivněny spíše důsledkem společenských a individuálních názorů, tedy rozumové složky – a teprve v jejich rámci se vyvíjí iracionální pocitová a citová, emoční složka. Kolektivní vnímání a hodnocení krásna určuje společenskou hladinu tzv. „hlavního proudu“ kvalit a míry i druhu krásna, kterou lze považovat za dobový standard společenství. Z něho se pak vymykají vyšší umělecké kvality a kvality krásna a pod něj padají nižší kvality.

Krásno výjimek a krásno architektury

Některé druhy se však do těchto souborů nezahrnují, mají vlastní kritéria: lidové umění (nikoli tzv. „populární“ podbízivé pod standard) a jiné speciální. V architektonické tvorbě je standard běžný jako průběžná realizace, avšak toto měřítko není shodné s tzv. druhovou uměleckou náročností architektonických děl. V každé kategorii umělecké náročnosti je standardem něco jiného, což lze pojmut jako odchylku od jejího standardu. Obecně tedy standard krásna staveb pro bydlení je jiný, než standard krásna chrámů, než standard krásna průmyslových objektů, nebo standard krásna mostních děl apod. Současně jsou různé standardy krásna v kulturním centru města, v obchodním centru, na okrajích, v přírodní krajině, v horském prostředí apod.

3 DRUHY A TYPY KRÁSNA

3.1 Druhy krásna

Druhy, míry a širší souvislosti estetického krásna

Přesto, že krásna je pouze abstraktem nemajícím oporu v objektivním fyzickém světě svou existencí, ale je určitým subjektivním pocitem jejího vnímatele, hodnotí a subjektivní relativitě a neoficiálně se krásna klasifikuje slovně. Předstupně klasifikace jsou pojmy „nezajímavé/zajímavé“ „běžný vzhled nebo dojem“. Od určitého míry se vzhled mění v krásno. Podle druhu i podle míry vzrušení, které vzbuzuje, počíná se od uspokojivého krásna („krásy“) neurčitým výrazem „líbí se“, přes stupeň „běžná krásna“, až po stupeň „vzrušující krásna“, „výjimečná krásna“, „úchvatná krásna“ (případně i různými poetizující slovy). Upřesňuje se speciálními pojmy, přívlastky, případně i slovesy. z nichž některé se však mohou vztahovat i k jiným kvalitám, než k libé krásě pojmy: odporné, šeredné, ne-

pěkné, nezajímavé, zajímavé, pěkné, krásné, překrásné, vzrušující, úžasné, anebo líbí/nelíbí se, uchvacuje.

Z hlediska kvality krásna jsou k dispozici pojmy pro jeho různé nuance: nic neřikající „nepěkné/pěkné“ jsou přesnější pojmy vkusné/nevkusné, příjemné/nepříjemné, decentní, ladné, působné, elegantní apod. Z četnosti těchto pojmů vyplývá, že krásno ve svém vlastním významu se váže i k uměleckosti, ale má mnoho podob vázaných i mimoestetické kvality, např. na etiku, pocity podle smyslových vjemů (malované, páchnoucí, podle společenské nebo i jiné (pracovní, sportovní atd.) užitečnosti a použitelnosti atd.

Krásno stavů, dějů, výkonů, vlastností, funkcí

Pocit krásna vyvolávají nejen předměty a jevy, ale také stavy, děje, výkony, vlastnosti, funkce. Především stavy vyvolané ve vlastním lidském těle, např. z uspokojení tělesnou námahou, z výsledků duševní práce, z dosažení určitých cílů nebo výkonů. Některé z nich souvisejí s tělesnými smysly, s tělesným napětím, s hmatem, ale některé jsou rozumové, svým způsobem jde o „hmat z dotyků mozku“ takže jde o odchylky z pravidla vnímání krásna.

Pocit z krásna sexuálního spojuje počitky tělesné, citové i duševní, tedy i počitky „dotyku“ citového i mentálního obsahu člověka (vele živočišného pudu, který je obsažen i v lidském

bytí. Při tomto pohledu jsou samo tělo, samá citový i duševní obsah člověka subjektem i objektem pocitu krásna.

Návykové, naučené, sdílené, přesvědčované a vsugerované krásno Pocit krásna je nejen subjektivní, ale kromě toho má i velmi vratký základ, pojímá-li se jen jako smyslová, případně i citová emocionální záležitost, nikoli jako záležitost rozumová. Rozum nemůže chtěním a vůlí vyvolat skutečné emoce. Může však paradoxně být překonán zpochybněním racionálních poznatků, vznikem pochybností a podezření, zárodky víry, nebo i jejím rozvojem. Rozumové poznatky vyplývající z pramenů, které nemají fyzikální základy, jsou pouze zvykovým názorem, relativitou vůči libovolně vybraným skutečnostem, jakými jsou pravidla pro poznávání uměleckého díla, včetně těch nejpevnějších, jako originalita, dovednost apod., až po ty, které jsou nejslabší, jako umělecká forma, skrytý, neurčitý a mnohoznačný smysl, vůle autora učinit umělecké dílo a všechny estetické (a často padající) zákonitosti, jsou snadno překonatelné. Zcela nekompetentní jsou návyky, jakými jsou všichni lidé deformováni (důkazem je subjektivita citění i rozdílnost citění podle nejrůznějších filosofických nebo náboženských životních názorů (které se totalitní režimy snažily „sjednotit silou nátlaku). Z vnějším vlivů přicházejí pak různě silné a různě účinné další vlivy a podněty na změny domněle pevných, ale ve skutečnosti průběžně se měnících „pravd“ o krásnu i umění a nekonkrétního a neurčitého čtení uměleckých sdílení.

Varianty krásna a jeho podob

V exotickém prostředí se jako krásné vnímají pestré oblečení (romský tradiční ženský oděv, tradiční slavnostní lidové kroje, i když ženy z Podluží si v nich nemohou sednout a musí při tančcích zábavách klečet na židli, kouzelnické a taneční masky magických obřadů u přírodních národů, bohaté a z našeho hlediska nepraktické a nepohodlné bohaté barokní oděvy, včetně pestrého oblečení Napoleonových vojáků do bitev, umělecké účesy doby Ludvíka XVI. francouzského o výšce přes 50 cm vysoké s vpletenými květinami a modely lodí, oblečení extravagantní a prakticky zcela nepoužitelné módní kreace oděvů tzv. haute-couture. Na soudobých koncertech a společenských událostech je krásná působnost mladých dívek a jejich nadýchnuté oblečení a elegance výtvarného řádu prostých, ale perfektně provedených elegantních oděvů žen, stylovost dámských oděvů na vernisážích progresivních umění, sportovní oděv na drahých zájezdech, podmanivá hudba na masových populárních koncertech, dobře rytmická a případně břeškná taneční hudba, ale špičkový klasický balet a výrazový moderní balet, oduševnělý portrét strhané ženy nebo bídného a nemocného starce, nejvýše jednoduché, ale rozměry jinými prvky monumentální egyptské i jiné starověké pyramidy. Podle prostředí někdy je krásný pocíťován gotický chrám i v ruinách, barokní zámek i v rozpadu. Jako krásný je vnímán funkcionalistický dům ve funkcionalistickém prostředí, jindy jako zvláštnost v mezi standardními domy z předchozích období a stylů, jindy je tomu naopak. Odborníky za krásnou /mnohými ostatními lidmi však ne) je považována strohá skleněná vstupní pyramida zcela nepatřičného tvaru v bohatě zdobeném novobarokním Louvru a tovární vzhled pařížské Centre Pompidou. Designérské

výrobky pocházejí z průmyslové výroby s tím, že jejich modelům byla věnována velká péče při tvorbě tvarů, jak ze všech praktických, tak z estetických hledisek. Umělecký obsah není jejich cílem. Obdobně je tomu u literární a fotografické reportážní tvorby, v televizní i rozhlasové tvorbě, u reklamní tvorby i jinde.

Právě u tohoto objektu Centre Pompidou je však patrna estetičnost dosažená z týchž tvořících (a současně funkčních provozních) prvků, z jakých jsou obecně neumělecké běžné výrobní objekty. Podobněji tomu u komplexu již nefunkčních vysokých pecí v dolních Vítkovicích v Ostravě. Estetického až uměleckého účinku bylo dosaženo uměleckými postupy, z nichž jsou hlavní: ozvláštnění, libost vyvolávající estetické kompozice forem, tvarů, materiálových vlastností, světelného rozvrhu, jedinečnost a – kromě Vítkovic – také záměr architekta, tvůrce díla.

3.2 Typy krásna

Krásno z různých stanovisek

Hlavní typy pohledů na krásno lze rozčlenit do těchto skupin:

- podle způsobů zjevení krásy vnímátele
- podle vztahu k prostředí
- podle povahy spíše citové nebo mentální
- podle převládajícího media, tělesného smyslu, na který dílo působí
- podle druhu a poměrů integrovaných smyslů multimediálních děl
- podle jejího řádu a stylu
- podle míry ukázněnosti k řádu nebo stylu
- podle čistoty estetického zážitku
- podle psychického působení
- podle spoluúčasti praktické užitnosti díla
- podle druhu užitého díla.

Zpravidla však žádné z těchto kritérií se neuplatňuje jako jediné, vždy dochází ke spolupůsobení hledisek z více skupin.

Zážitky podle způsobu setkání uměleckého díla a vnímatele

Podle způsobu poznání krásna lze určit možnosti: krásno překvapí náhle, rozpozná se postupně (až se samovolně sladí účinek zdroje s citem nebo myslí vnímatele), rozpozná se jen na základě cizího poučení, nalezne se úsilím vnímatele (vnímátel vyvine úsilí, aby se sladily vnější podněty a jeho schopnosti nalézt a přijmout je jako estetické a pro něho dostatečně silné) z vlastní vůle nebo z podnětu vhodných informací. Je zřejmé že některé účinky se dostávají v oblasti citů a zážitků, jiné jen v oblasti rozumu, tedy mimo oblast (podle pravidel) umělecké zážitky^{3.2.1)}.

^{3.2.1)} Zdroj kých a krása lidového umění a výtvorů přírodních národů

Vnímátel bývá informován o krásnu nějakého nezvyklého (lidového nebo exotického) uměleckého díla, ale při poznání upoutá jej stáří, dovednost prostých lidí bez odpovídajícího nářadí nebo nástrojů a pomůcek a bez vyškolení, a navíc je dílo neumělé, proporce neskutečné, hudba nebo zpěv skřípavé, k čemuž často dochází, nezalíbí se mu dílo esteticky, ale dojde jej romanticky stáří, naivita apod., případně i nepříjemně nějaká symbolika, nepochopil dílo esteticky, ale přijal je jako důvod k osobním sentimentálním myšlenkám. Získá zážitek, ale neestetické a neumělecké povahy. Není vhodné to podcenit. Zážitek však neposkytuje krásno, ale třeba naopak smutek, není povznášející, ale může být smutný, i skličující. Došlo k tomu, že se neumí distancovat od vlastních pocitů, od sebe sama. Tato nedovednost přináší častěji v životě nepříjemnosti, než sebevědomí a důstojnost.

V kých nejde jen o neestetičnost, ale také o snahu o uměleckou lež, z nedovednosti nebo ze záměru..Sama neumělost techniky a neznalost uměleckých tj- stylizačních a obrazových prostředků umění nemusejí být na závalu – právě naopak a proto jde více o upřímnost, s jakou vzniká umění, které umí esteticky učarovat, tzv.lidové umění a.umění přírodních národů, ale také vysoká umění zejména asijských kultur, jejichž duchovní podstatě sice zcela neporozumíme, ale vnímáme a můžeme prožít estetiku jejich forem a tvarů.

Zážitky podle výrazu díla

Intenzita díla, jeho součástí a prvků je jednou z estetických součástí díla jeho součástí a prvků. Strukturuje každé dílo, zvláštní význam má však v architektuře pro její celkové rozměry, kde vnímatele orientuje především ne vnějším vzhledu, avšak ak v členění skupin vnitřních prostorů a nich přírodně i jednotlivých prostorů. Intenzitu vytváří především plastičnost, kterou kromě perspektivy vytváří zejména světlo a stíny. Dalším, především emotivním činitelem jsou bary a její odstíny. Vyznačují se výrazným působením na psychiku, od nejjemnějších citů až po nejdramatičtější. Náhradou za nedostatečnosti ve vnímání prostoru, jsou velmi vnímavá na pohyb. I člověka pohyb důvodně upoutává jak z hlediska bezpečnosti, tak z hlediska estetického vnímání (rej, tanec cizí a zvláště vlastní, sport). Zatímco plastičnost (prostory vypuklé, vyduté i hluboké a mělké reliéfy obecně na živočichy působí v podstatě mírně, některá je vůbec nevnímají, perspektivu nechápou vůbec). Barvy jsou velmi účinným rojem emocí (rozdílně u impresionistů, v. Gogha, a R. Delaunaye). Jsou nutné k orientaci v přírodě, nikoli prostorové, ale v rámci výživy, sexuality, bezpečnosti, u člověka také jako estetické prostředky^{3.2.2)}. Barvy mobilizují všechny hormony libých pocitů i hormony stresu (adrenalin). Který

Kromě toho nedostatek této dovednosti mu brání rozeznat dobré dílo od díla, které je zaměřeno právě na sentiment a často postrádá povznášející estetické i umělecké hodnoty, jde o umělecký, případně i řemeslný kýč, často nahrazený hromadnou průmyslovou výrobou z nehodnotných a neušlechtilých materiálů, jenž vytváří prostředí nezvyšující kulturní a obecnou úroveň jeho uživatele, ale právě naopak mu snižuje úroveň i sebevědomí.

Poněkud paradoxně je v takových souvislostech vhodná schopnost, „oddělit se sám od sebe, vidět sebe i věci cizíma očima. Takový postoj je speciální lidskou schopností umožňující cápat druhého jeho pohledu, v jeho situaci se všemi důsledky, které z toho plynou k prospěchu lidského společenství na rozdíl od zvířecích tlup. V této schopnosti je možné vidět užitečnou stopu schizofrenie.

^{3.2.2)} Psychická moc barev a význam červené barvy v kráse

Původ slova krása, krásný je společný s původem ruského slova krasnyj, což v překladu znamená krásný, krásivý je červený a kraska je vůbec barva. Barvy jako prostředek tvorby zvláštních předmětů (tanečních a kouzelnických masek a obrazů lovných zvířat) měly od původu člověka velký význam, pravděpodobně větší, než tvary, protože barevné hlinky byly vzácné a nejzářivější je červená barva čerstvé zvířecí i lidské krve, obě s magickou tajemností. Člověka i mnohá zvířata intenzivně vzrušuje mnohem intenzivněji, než kterákoli jiná barva. Využívá se toho u býčích zápasů, při mimořádných vzrušeních jak člověka, tak řady zvířat se některé části těla silně prokrví a zčervenají, červená barva, ačkoli na okraji barevného spektra není nejjasnější z barevných tónů a při nedostatku světla mizí mezi prvními.

V souvislosti s ní nalézáme i jiné zajímavosti: její vlnová délka se blíží vlnové délce tepla, je tedy nositelkou sálavého tepla. Její doplňkovou barvou (do bílého světla nebo černého průsvitu) je barva zelená, se světle modrou fyzikálně nejchladnější barvou o nejkratších viditelných vlnových délkách.. Hemoglobin, červené barvivo krve, životní tekutina většiny pozemských živočichů, dopravuje do tkání kyslík a odvádí oxid uhličitý, listová zeleň, všeobecná biosyntetizující barva rostlin zpracovává kyslíčník uhličitý.

K dalším významným psychickým účinkům náleží také nálady, které velmi přirozeně vyplývají z důvěrně známého prostředí přírody. Zelená barva veškeré přírody nevzrušuje, světle modrá barva příznivé oblohy oblažuje (viz příbuznost slov, dále související s obložením, např. s hřejícím účinkem!). Barvám se přisuzují také magické účinky. Ponejvíce podle hvězd (červený Mars, spojovaný s válkami), Slunce a Měsíce a z barev nerostů, z nichž některé jsou příznivé (nažloutlá sůl), jiné nepříjemné až jedovaté (žlutá síra), jiné zajímavé až magické zataveným hmyzem (jantar), kresbami, barvami a tvary (oblázky, mušle), zpracovatelností (hlinky, pazourky), lesk, odrazivost světla i světélkování apod. Jejich magická moc pak byly spojena se záhadnou noční oblohou v podobě tzv. měsíčních kamenů, jejichž symbolika se stále používá a v jejichž moci se stále i věří. Barvy čerpaly své psychické účinky také od rostlin zejména od květů a plodů, zejména od léčivosti, chuti i výživnosti.

je stejně důležitý jako výživa a sex. Člověku jednak uvědomuje život neustálými změnami střídáním pohody a stresu, jednak vytváří zajišťuje rovnováhu v aktivitách všech součástí těla, citů i psychiky.

Selektované podněty estetických i mimoestetických zážitků

Podle podnětu k zážitku a způsobu jeho prožití emocí estetickou mimoestetickou, citovou, rozumovou nebo duchovní nemusí zážitek vyplynout vždy z celku díla. Může vyplynout také pouze z některé jeho součásti. Takto hodnotí umělecká díla (nebo krásno, případně i jiné jevy) kritikové i soudci uměleckých sportovních exhibic: po jednotlivých stránkách a v celkovém dojmu. Zdroji zážitků mohou být např. řád vnitřní struktury, styl a jeho jednotnost, čistota estetického projevu, psychické účinky (náladovost), typy krásna (působ, noblesa, důstojnost, ušlechtilost, citovost, mentální krásna), způsob a zacílení působnosti díla nebo krásna praktičnost atd., vhodnost nebo nevhodnost, prostředí a jeho účinky, formální nebo formové a tvarové stránky atd..

4 VNÍMÁNÍ KRÁSKNA

4.1 Předpoklady vnímání

Schopnost vnímat krásno má jen člověk

Pojem krásy je výlučně lidský. Příroda ani žádný jiný živý organismus, který nevládne rozumem a city (lidoopové zcela jistě určitými jejich základy vládnu) a je otázkou, v jakém nejnižším vývojovém horizontu, do nichž si vše živé uspořádáváme, a v jakých formách tyto citové a duševní kvality začínají. Za krásné nebo nekrásné označujeme řady konkrétních i abstraktních přírodních i umělých předmětů, jevů, stavů, pocitů, výkonů, dějů: uměleckých děl, přírodních scénérií, organizačních systémů atd., ale také zcela nekonkrétně neurčitý obecný stav (např. výlev „to je krásné“, co se dotýká souhrnu mnoha nejmenovaných věcí), přičemž pojmy krásný, krásna, nesprávně rozumíme i jiné než estetické vlastnosti: dokonalý, správný, morální, pravdivý, úspěšný, účelný, dobře uspořádaný a jiné vlastnosti a stavy, které různě uspokojují naše city. Naším zájmem je pouze krásna estetická.

Biologie vnímání krásna

K vjemu citěnému jako krásno dochází za určitých okolností zaplavením těla hormony skupiny endorfinů, případně i některých dalších, jejichž účinky prožívá člověk jako libé vzrušení a jako příznivé emocionální stavy. Vnímatel přítomnost určitého předmětu (objektu), jevu, určitého stavu, děje apod. pocítí jistou libost nebo příslib ukojení touhy nebo splnění očekávané libosti nebo jejího touženého stavu. Jde o týž rod pocitů, jaký je při očekávání ukojení tělesné potřeby, tělesného hladu, anebo nasycení kterékoli jiné ze základních živočišných potřeb podmiňujících další existenci jedince nebo rodu: např. nasycení (obnova zásob tělesné energie), bezpečí, rekonstrukce tělesných sil, naplnění nebo příslib naplnění sexuální touhy apod. Zvířata na působení těchto hormonů vyvolaných objevením příležitosti ukojit tyto tělesné potřeby odpovídají instinktivně bezprostředně příslušnou aktivitou, skutky, kterými dojde k naplnění potřeby, např. k ukojení hladu, k sexuálnímu aktu, k nalezení bezpečí apod.

U člověka dojde k pocitu libosti stejnými tělesnými reakcemi, zaplavením těla endorfiny, ve stejných případech, jenže člověk své následné skutky kontroluje ještě rozumem před jejich provedením. Tytéž hormony zapůsobí, dostane-li člověk podnět k obdobnému stavu, který pocítuje jako estetické krásno. Příčiny jsou však lidsky psychické a s tím spojené pochody jsou komplikovanější, i když jejich princip je obdobný: soulad pocitů, případně myslí, s určitým stavem vnějších skutečností. Nikoli však tělesných, ale citových a mentálních ^{4.1.1) 4.1.2)}.

4.1.1) Fyzikální paralely estetického vnímání

Estetické vnímání je možno uvažovat jako něco podobného radaru polarizovaného světla krásna. Vysílá je vnímatel vůči předmětu nebo jevu a sám vnímatel přijímá jeho zpětný odraz (echo) od předmětu, jakoby šlo o světlo, jehož zdrojem je sám odrážející předmět nebo jev. Ten je však schopen polarizované světlo přijmout a vrátit jen tehdy, je-li jeho polarizační mřížka nastavena shodně. Jinak polarizované světlo neprojde, ztratí se a neodrazí se. Jinak lze říci, že jde o tzv. naladění

4.2 Způsoby vnímání krásna

Prostředkem estetického vnímání jsou počítky tělesných smyslů

Tělesnými smysly přijímá člověk formy a tvary (obecném významu těchto pojmů), avšak bez jejich pojmenování, bez jejich naprosto přesné identifikace. Smysly nejobecněji postižitelné jsou formy, konkrétně smysly postižitelné jsou jejich tvary, avšak blíže určit podoby (označené tedy pouze tzv. „jako takové“), lze pouze rozumem. Ve vizuální oblasti rozlišují pouze druh, např. linii, plochu, těleso, poznávají pouze existenci barvy, pohybu, jejich směry, seskupování a rozklady, neurčené figury apod., vizuální charakteristiky, vzezření, výraz, ale blíže je neidentifikují. Pro bližší identifikaci poskytují smysly sice podklady, ale sama konkrétní ztvoření, tj. pojmenování, není již jejich záležitostí, je záležitostí rozumu. Proto též jev má v různých jazycích, případně také u různých jednotlivců různé názvy – a jejich rozdílnost nemá žádný vliv na sám jev, ani na jeho pochopení (červený, rot, red, krasnyj, vše znamená naprosto totéž, čtyřúhelník však může být rozumem identifikován jako čtverec, obdélník, kosočtverec, různoběžník a dále ještě přesněji^{4.2.1)}.

Intuitivní vnímání u zvířat a lidská schopnost dekodace obrazů

Zvířata rozeznávají pouze smysly: intuitivně vnímají, že jde o linii, skvrnu nebo těleso, obecně poznají, že jde o rostlinu nebo zvíře, které může být jejich potravou, obecně poznají, že nejsou např. jednobarevná, vnímají, že jde o to, co my pojmenováváme psem nebo zebrou, neumějí je však blíže rozlišit a dokonce určit jejich bližší podobu např. jako přímku, vlnovku apod., čtverec kruh, krychli.

na určitou „notu“, na stejnou „vlnu“ apod., kdy dochází ke shodě stavů alespoň v určitých uzlech a tím resonanci ke vzájemnému souznění^{4.1.2)}. V případě estetického vnímání vlastně pocity a mysl člověka resonují samy se sebou. Jde tedy o určitý způsob uvědomění. O vzájemnou spoluúčast živého člověka s formami a tvary předmětu nebo jevu, při kterém vnímatel promítá své estetické city do nich a sám pak na něm jako na promítacím plátně vnímá jejich obraz (viz C. G. Jung). Předmět nebo jev nemůže obsahovat žádné prvky nebo vlastnosti, které jsou absolutně, tj. fakticky krásné, protože takový jev příroda bez citů nezná a nepotřebuje. Krása je lidská fikce a krásno jen lidský pocit. Tento odraz určitým způsobem člověku zhmotňuje jeho vlastní podvědomé estetické citové struktury a aktivizuje schopnost naplnit jeho city těmito zhmotněnými představami o krásnu do jemu vnímatelné podoby.

^{4.1.2)} Naladění a odezva na citové a rozumové impulzy

Ve fyzikálních i duševních citových a intelektuálních, rozumových schopnostech dochází k obdobným jevům rozvoje nebo tlumení resonance. Lidský intelekt proti intelektu ostatních živočichů rychlost i citlivost na vnější impulzy spíše zpomaluje a tlumí a vývojem došlo dokonce ke ztrátě nebo omezení některých smyslových počítků, které kdysi zdědil po svých zvířecích předcích. Druhy odezvy jsou rozmanité, takže je vhodné je ozřejmit různými příklady. Např. sítem, kterým propadne vše, co je menší, než její oka. Schématem dvojice (atd.) vlnových délek, kde v celých násobcích délek vln dochází k vzájemné shodě ve společném uzlu. Struna nebo napjatá deska pak odpovídá na vnější vlnění tím, že rezonuje a účinek zvětšuje, anebo jej tlumí.

^{4.2.1)} Doslovné a umělecké vnímání slov

Nepřesnost rozeznávání smysly je původem mnohoznačnosti smyslového jazyka umění proti pojmovému jazyku slov. Umělecká sdělení proto jsou neurčitá, mnohoznačná, vyložitelná (interpretovatelná) mnoha způsoby. Ve slovesném umění vnímáme sdělení dvěma různými způsoby: buď věcně, doslova, ve vlastním významu slov, anebo umělecky, nikoli ve vlastních významech slov, ale v jejich smyslech vyplývajících ze souhrnů jejich tvarů, vazeb, začlenění atd., z obrazů, které vytvářejí tyto souvislosti.

Rozhraní mezi smyslovým a rozumovým poznáváním je neurčité, rozmazané, různě kolísající mezi obecností a detailem^{4.2.2)}.

Jen samy tělesné smysly nestačí ke konkrétnímu věcnému pojmenování nebo k dekodaci uměleckého, vědeckého, náboženského, organizačního a jiného vyjádření, je nutná účast rozumových schopností vnímatele: znalosti nebo orientované intuice, schopnosti analogií, paralel, příměrů, asociací a obdobných prostředků k pochopení a vkladu uměleckých nebo i ustálených obrazů a jejich forem a tvarů (obdoba znaků, ikon apod.^{4.2.3)}).

Varianty vnímání krásna

U člověka pudy a instinkty nepůsobí bezprostředně a přímočaře ale dojde k jiným reakcím. Buď k náhlým překvapením, anebo k postupnému prohlubování pocitu k zážitku a prožitku, buď samovolně, spolupůsobením rozumových procesů, případně i s vědomě vyvolaným rozumovým úsilím, když vnímatel krásu teprve hledá a postupně nachází. Jde o pocity vlastního těla a vlastního ducha vůči nim samým, vůči jejich existenční potřebě, na rozdíl od pocitů vzbuzovaných nějakými vnějšími skutečnostmi, např. pocitu, že se něco líbí či nelíbí, na čemž není závislá existence vnímatele. Krásu

4.2.2) Obecné citem a smysly vnímatelné formy a tvary

Ve všech oblastech smyslového vnímání mají vnější skutečnosti určité formy (způsoby podoby) a tvary (konkrétní podoby). Forma a tvar jsou v tomto smyslu obecnými pojmy. Obdobně jako ve vizuální oblasti další bližší identifikace přísluší mentálním schopnostem, kterými disponuje pouze člověk, a rozumu, tedy mimo tělesné smyslové schopnosti. Všemi smysly jsou vnímatelné především různé intenzity podnětů, od tzv. prahu vnímání po prahy „bolesti“)zničení smyslu. Pozoruhodnou vlastností schopnosti vnímání je, že vjem vzrůstá lineárně s logaritmickou intenzitou impulzu.

Sluchovými smysly jsou vnímatelné různé formy: obecné zvuky, hřmoty, rytmy hudební tóny, směry pohybu (stoupání, klesání, protipohyby) atd. Hmatovými smysly vnímatelné teplo, vlhkost, mokro, drsnost, hladkost, posun, vlastní napětí svalů člověka při různých pohybech i jiných úkonech (např. pohyby oka při pozorování, různých svalů při pohybech aj.), čichovými smysly vnímatelné nepojmenované pachy, vůně, chuťovými formami - chuti, jejich trvání, atd.

Základním obecným tvarem jsou pak skupinové tvarové, barevné hudební, hmatové, čichové a chuťové typy (stylizované tvary), stavba (skladba) dílů a prvků díla k sobě a kompozice vnímaného předmětu nebo jevu., Sekundárně, terciárně apod. je tvarem kompozice stále podrobnějších součástí. Ostatními tvary jsou pak konkrétní určité i neurčité vizuální tvary hmotných i nehmotných jevů, konkrétní barvy, jejich souzvuky, disonance apod., konkrétní tvary a způsoby pohybů, atd. Konkrétní charakteristiky jakosti dotyků, konkrétní pachy a vůně, konkrétní chuti. Nejčastější jsou kombinace vjemů.

Formy a tvary smyslových počitků poskytují pocity krásna ve všech jeho variantách a jsou základem uměleckých jazyků, uměleckého vyjadřování a uměleckých zážitků.

4.2.3) Rozumem vnímané nebo intuitivní či znalostní dekodace čitelné tvary

Nikoli pouze intuitivně smyslem, ale také rozumem mohou být pochopeny formy a tvary, kterými jsou umělecky vyjádřena nejrůznější sdělení a podníceny určité city a pocity, zejména krásno. K pochopení smyslu uměleckého díla, k porozumění uměleckého jazykau a vyjádření nedochází bezprostředním věcným příjmem, ale až procesem dekodace, rozluštění (dobrání se skrytého základu) na první pohled nezřejmého významu, porozumění nebo rozluštění symbolů, čtení ustálených znaků (náboženských symbolů kteréhokoli náboženství) Vizuální útvary se vnímají věcně, geometricky, asociacemi apod., anebo jako významově jednoznačně ustálené znaky a zažívají se psychicky. Obdobně je tomu u hudby: neuvědoměle se vnímají charakter zvuků, tónina, melodie, rytmus, figury skupin tónů a melodií, intenzita zvuků atd. a zpracovávají se psychicky jako nálada, význam, estetický prožitek apod. Obdobně pak u hmatů, tanečních pohybů, vůní, pachů, chutí a dalších smyslových a mentálních vjemů, včetně vjemů architektonických a jiných užitných děl, jež mají vyvolávat také psychické prožitky a pocity krásna.

lze vnímat a chápat pouze silou a hloubkou osobního zážitku nebo prožitku, nikoli pouze podle sdělení o ní, jakou je právě pouhý pocit krásy, pocit, že něco je krásné ^{4.2.4)}.

Krásný předmět nebo jiný jev, který vzbudí u tvůrčího umělce hluboké zážitky se zpravidla stává podnětem k zobrazení této krásy. Bez ohledu na to, zda je tento jev přírodní nebo umělecký a jakého je druhu. Také bez ohledu na to, jakým druhem umění (literárním, poezií, výtvarným, hudebním, tanečním) dojde k zobrazení. Krásu však nelze nijak popsat, určit její součásti, nelze ji tedy ani reprodukovat. Nelze přesídlit ducha, který podle asijských představ sídlí v krajině krajiny do obrazu. Krajina má svého ducha krajiny, ale zobrazení, naoř. obraz, téže krajiny musí mít svého ducha, ducha obrazu, ducha hudebního díla, ducha tance, kterého musí umělec vytvořit zcela jinak ^{4.2.5)}.

Krása se vnímá současně city i rozumem

Pocity jsou na rozhraní afektů tím, že neobsahují rozumovou složku, ale na rozdíl od zcela primitivních afektů nezasahují hluboko do reakcí organismu. Mají spíše uklidňující charakter, pouze nastavují organismus a tím otevírají cesty nejen ke smyslovým počitkům, ale také k jejich uvědomění a ovládnutí rozumem. Afekty jsou blízké archetypům emocí a jsou vstupním stavem k citům a k dalším zdrojům emocí. City zasahují hluboko, vyvolávají tělesné reakce organismu, vyvolávají aktivity mysli a projevující se jako emoce a prožitky a vytvářejí intenzivnější nálady. Jejich příčiny jsou iracionální, nezdůvodnitelné objektivně, vycházejí z náhodných interakcí nálad a působení různých vnějších podnětů. Intelektuální reakce jsou rozumové, racionální. Duchovní rozpoložení mysli je iracionální stav, kterým se subjekt ze subjektivně silně působících podnětů určitým způsobem odpoutává od reality a přechází do jiných, duchovně vyšších sfér.

Typy emocí podle předmětu zájmu

Emoce mají různá zaměření a souvisejí s povahou jevů, které jsou předmětem pozornosti subjektu, vnímajícího člověka: emoce estetické (emoce vkusu), morální (emoce společenské spravedlivosti, pravdy apod.), emoce intelektuální (k překonání překážek a řešení problémů).

Vnímání krásna je spojeno s estetickými emocemi

Poznávacím znakem prožitku z krásy jsou emoce, příjemnosti, potěšení, libosti a jejich zdrojem především dokonalá harmonie forem včetně individuálních vzrušujících vybočení a jejich mnohoznačnost významů odkazujících stejně na zobrazenou realitu, jako na utajené významy. Podněty prožitku mohou být předmětem zájmu, dokonalost může být cokoli od dokonalosti a jemnosti řemeslného provedení přes samotné formy a tvary, přes vzácnost a cennost použitých materiálů, poučnost,

^{4.2.4)} Pocit vnitřního vzrušení a pocit zdání

Pojem pocit vystupuje ve dvou rolích. Jednou rolí je pocit krásna, jinou rolí je pocit, že něco je krásné. V prvním významu jde o cit vycházející z nitra vnímatele a vyvolává jeho emocionální prožitky se všemi jejich znaky (tělesnými, v chování, ve vyjádřeních). Ve druhém případě nedochází ke vzniku pocitu, přichází pouze jako pouhá zpráva, určitý dojem, zdání, druh sdělení zvenčí spíše s převahou informace jinými než smyslovými orgány. Nachází cestu spíše do mentální než do smyslové oblasti, není emocionálním prožitkem, je mělký, slabý, chladný, nezažihá, nerozněcuje. Pouhý vnímatel krásy nebo umění tím přichází o požitek, avšak u tvůrce krásných nebo uměleckých děl je příčinou, že dílo nedosáhne uměleckých kvalit.

^{4.2.5)} Bůžci věci se nestěhují, tvoří se noví se svým dílem

Právě tak jsou vytvořeny masky zařikávacích tanců, totemy předků, jeskynní obrazy duší lovené zvíře, ale také obrazy faraonů, asijských božstev, portréty renesančních i jiných vládců, barokní obrazy bitev a obrazy van Goghovy nebo Picassovy i Warholovy a hudební obraz Smetanovy Mé vlasti, Vltavy nebo Vyšehradu. Pokud by byly vytvořeny jinak, byly by to kýče. Stejně jsou vytvořeny gotické nebo barokní chrámy a Libeskindův chrám cti Boha, vily Le Corbusierovy a krásné vily po našich zemích. Žádné krásné nebo umělecké dílo nestěhuje bůžka své předlohy do jejího zobrazení, kde by zemřel umělec bůžky svých děl tvoří.

dokonalost napodobení přírody, krása sdílené duchovní náplně, až po lidstvu osudová nebo kosmicky vážná odhalení.

.Krásno může obsaženo

- v motivu (ve smyslu díla, v síle myšlenky)
- v gestu (náзору a cíli díla)
- v jeho transformaci do vyjadřovacího obrazu (v umělecké kvalitě a hodnotě zpracování tématu)
- ve vyjadřovacím obrazu (ve způsobu zobrazení) (věcnost, symbolika, poetika, apod.),
- ve volbě a hodnotě vyjadřovacích prostředků) uspořádanosti, stylovosti, podle řádu,
- v technologii provedení (v originalitě technických prostředků)
- v podání (v originalitě ozvláštnění, zvládnutí a vyjádření myšlenky a technologie)
- v rukopise (v originalitě rukopisu)
- ve skladbě, stavbě díla (v originalitě kompozice aj.)
- ve výrazu díla (v originalitě výrazu)
- v estetické účinnosti (v síle působení na smysly, síly krásy, emocionality)
- v psychické účinnosti (v síle myšlenky)
- v poetičnosti
- v kompozici

Západní a východní vnímání krásna

Mimo euroamerické kulturní oblasti, kde není antická tradice a kde kultura neprošla renesancí antiky, jsou jiné kulturní i umělecké duchovní tradice založeny na iracionálních vírách a učeních, které spojují reálný svět a sytí člověka s imaginárními světy mocnějších duchovních sil skrytě obsažených v přírodě a velmi abstraktních sil prolínajících celý kosmos.

Význam kultury celého spektra umění a náročnosti

Estetické emocionální vnímání a účinky se pokládají oficiálně za umělecké, jiné pochopení díla se nepokládá za jeho pochopení a prožití. Je pravda, že umělci v euro-americké kulturní oblasti vytvářejí svá díla jako estetická pro jejich estetické vnímání a chápání, avšak většina speciálně nevyškolených lidí je tak mnohdy nechápe – a spíše hledají a žádají si jiné zážitky – osobní. Ponoří se do vlastních citů, do svých radosti, do své lítosti, do svých vzpomínek, asociací – do svých sentimentů. Jindy, zcela v duchu antických Řeka a Říma, hledají zážitky z poznání, poučení, z podobnosti s přírodou apod. Jindy jako doprovod svých jiných zážitků, zážitky z vlastní hry a zejména ze splynutí s kolektivem a jeho aktivitami (taneční zábavy, divadla), a z vlastní účasti na nějaké kolektivní hře.

I když tyto přístupy nejdou do hloubek, jsou přesto lidsky přirozené, obohacují život jednotlivců i společenství - i když jiným, často neintelektuálním a zpravidla ani duševně nepovznášejícím způsobem, Nelze to zavrhnout z žádných vyšších pozic. Upřímost takového přístupu je jednotlivcům i společenstvím kulturním přínosem, a jakkoli lidské společenství rozvíjí, je malý. Náročná díla tuto stránku lidského společenství posunují – není však správné tvrdit, že posun je vždy – a že je nutný, tzv. kupředu. Teprve za historickou dobu se ukáže, kam bylo v danou chvíli dopředu nebo dozadu, avšak i tento poznatek nemá absolutní platnost. S absolutní platností je možné žádat, aby podíly a účinky populárních a intelektuálních vlivů byly vyváženy, s ohledem na obecnou přírodní zákonitost o ztrátě energie nebo jejích účinků, aby byla určitá malá převaha intelektuálních přínosů (realizační možnosti a sama realizace nejsou tématem této studie).

5 VĚDA O KRÁSNU

Zrod vědy o estetice

Z původních iracionálních výkladů estetiky a blíže nevymezené oblasti krásy teorii o kráse na racionální základ, tedy jako filosofickou vědu, ustavil Baumgartner v 18. století. Vymezil ji tím, že souvisí a je důsledkem pouze vnímání smyslových počitků a tím, že se dotýká pouze formy, bez jakéhokoli ohledu nebo vlivu jiných, např. funkčních, účelových, morálních nebo jiných hledisek, asociací a emocí jiných původů, které je nutno vyeliminovat z mysli. Především přitom jde o vizuální počitky a emoce, z nich ve výtvarných uměních. Formou se však rozumí jakékoli uspořádání, nejen tvarů, ale také barev a mnoha dalších vizuálních úprav a jejich různých sestav, ale také o formy tónů a obecně zvuků a jejich souznění (v hudbě, recitaci aj.), může jít o formy slovních a pojmových tvůrčích materiálů a obrazů (v literatuře a poezii), chutí, čichů, pocitů hmatových a napětových atd. Estetické prožitky a emoce poskytují útvary vzájemnými vztahy vlastností forem a znaků estetických předmětů a jevů.

Psychologické výklady o původu krásy předmětů

Mechanismus vzniku pocitů krásy byl po celé věky od řecké antiky hledán filosofickými, biologickými a dalšími metodami, ve středověku se původ estetických pocitů nalézal také v náboženství. Psychiatr S. Freud jej našel v psychologii – a to v sexualitě, kterou postavil na nejvlivnější místo celé lidské psychiky, řídící celé duševno. Své objevy v této oblasti nacházel a zdůvodňoval zkoumáním snů, kdy bez volní kontroly na povrch vycházejí tužby a žádosti z podvědomí a jsou zdrojem libida a vůbec ostatních libostí. Jeho žák, psychiatr C. G. Jung však hledal všestrannější prameny a dostal se až do hloubky nevědomí, úložiště všech zážitků lidského ducha od jeho vzniku, uložených ve formě tzv. archetypů, neformulovaných idejí, které sice nikdy samy nevystoupí na povrch vědomí ani citů, ale projeví se v důsledcích. Tyto důsledky zkoumal na rozumem nekontrolovaných výtvarných projevech, především pak na zvláštních projevech uzavřených přibližně do kruhů (kruh je magický tvar), tzv. mandalách. Přesto, že zkoumal jen mandaly ovlivněné křesťanstvím, lze vývody brát za obecné, neboť útvary mandal se vyskytují v celém světě a ve všech kulturách od přírodních až po vyspělé (např. hinduistické, buddhistické atd.).

Mimoestetické hodnocení krásy

Krása, krásno, jako zdroje potěšení byly v průběhu dějin v evropské kultuře a filosofii také hodnoceny podle toho, jak plní své mimoestetické funkční úkoly, např. různé výchovné cíle: k mravnosti, k bohabojnosti apod. V renesanci se začala krása cítit a vidět v emocích, které vyvolává to, co poskytuje živá i neživá příroda. Nikoli již utrpení a marnost jako smysl pozemského života, aby se došlo vykoupení, v nichž se vyžívala gotika, ale rajske dary od Boha, k nimž náležely světlo, slunce, teplo, barevnost, bohatost tvarů, atd. opěvované v básních (Petrarca, Dante, Boccaccio a další).

V 18. století z dosavadních volných filosofických úvah vybudoval A. G. Baumgartner vědní systém nazvaný estetikou, naukou o vnímání krásy smysly. Ve skutečnosti však nelze dílo ve všech jeho součástech pojmut jen smysly, pojmáme je také rozumem. Novodobá estetika toto dvojí vnímání bere na vědomí především zkoumáním psychologických procesů analýzami. S. Freud rozebírá sny, a podněty k chování i tvorbě hledá v podvědomé sexualitě, pudu života a v pudu k smrti, pudu vlastní destrukce. E. Fromm vidí problémy života a podněty tvorby v oblasti etiky: rozporu touhy a strachu před individuální svobodou a v rozporu touhy po hromadění prostředků a vztahy k ostatním lidem. C. G. Jung se psychoanalýzou dostává až k nevědomí, které do života i do umělecké tvorby vnáší stopy archetypů, stopy zážitků, které lidstvo nashromáždilo za celou dobu své existence a na kost vypreparované do symbolů je uložilo do samotných genů umělecké tvorby.

6 TVORBA KRÁSNA

6.1 Tvorba krásna

Dva typy tvoření i vnímání

Umělec tvoří a vnímatel vnímá nejen dílo jako celek, ale ve dvou přesto oblastech: vždy vytváří krásno, ne vždy dává dílu další smysl než hru. Každé z nich může tvořit lehce, snadno nebo obtížně, nikoli podle talentu, ale podle své povahy. Buď se jeho city a myšlenky rodí lehce a také se „samy“ sestavují, komponují, vytvářejí struktury a významy, anebo totéž prochází důmyslným a komplikovaným procesem myšlenek, úvah, pokusů apod. V prvním případě autor díla s nimi tančí“, vznášá se (básník V. Nezval, skladatel W.A. Mozart, architekt Le Corbusier, mladá dívka tančící z radosti ze ovívání větříkem), ve druhém případě autor myslitel v myšlenkovém a citovém napětí vytváří jednotlivé formy, figury, souvislosti, konstrukci, struktury, myšlenku, citovou a duchovní náplň a jejich podoby a ztvárnění. Dílo nevzniká, dílo se s rozmyslem s úsilím vytváří (malíři L. da Vinci, P. Klee, sochaři A. Rodin, skladatelé J.S. Bach, L.v. Beethoven, architekti A. Gaudí, D. Libeskind, tanečník J. Kylián)^{6.1.1)}.

Spektrum uměleckého tvoření

Mezi dvěma krajnostmi od lehkosti až po pečlivě rozmyslné tvoření se plynulě rozprostírá spektrum nejrozumnějších variant. Zcela jiné povahy je však tvorba těžkopádná, upatlaná, bez dovednosti, myšlenky i konceptu, z níž vzchází kýč. Jiným způsobem je ledabylá tvorba, bez pevné koncepce, neurčitou strukturou, jejímž výsledkem může být výtvor do jisté míry dovedný, a dílo používající osvědčené líbivé tvůrčí postupy a prostředky, tzv. „laciné“, populární. Zcela se vymyká lidová tvorba, obsahující zřetelně určitou duši, zpravidla řemeslně dobře provedená, ale s jistou naivitou. Nedotýkáme se zde exotické tvorby. Tzv. „střední proud“, který považujeme za výchozí standard, se pohybuje nad úrovní populárního umění, mimo ledabylé umění, nad podobným stupněm líbivosti, ale na nižším mentálním a citovém úsilí.

Krášlení

Něco jiného je vnímat a vykládat estetiku a krásno, něco jiného je tvořit krásno.

Krásna nevzniká sama a neobjevuje se jako součást právě vznikajícího díla, i když v určitém smyslu je nutnou součástí uměleckého díla. Schopnost vyvolávat pocity krásna se přičítá reálným fyzickým vlastnostem díla, jako jeho reálně existující složka přesto, že nic takového v realitě neexistuje.

^{6.1.1)} Pojem architektura, rozmyslná kompozice prvků do reálných i mystických vazeb

Ačkoli slovo architektura v původním smyslu znamenalo tesařskou stavbu, v renesanci pojalo význam umělecké stavby na rozdíl od technické, stavitelské stavby. V současné době se zase navrátilo k jeho prapůvodnímu významu o vnitřní funkční struktuře jakékoli soustavy (hlavní nosné konstrukce budov, hlavní bloky počítačů, hlavní větve stromů, bloky hornin v zemské kůře, komplexní části uměleckého díla, vědecké teorie atd.). Nejhlubším významem pojmu architektura je však skutečnost, že jde o nejobecnější pojem „stavba, stavění, sestavování, kladení k sobě“ a pojem „tektonika“, o vzájemných vztazích jednotlivých sestavovaných bloků a prvků. Pojem „stavba“ je však silnější než pojem „sestavování“ nebo „skládání do struktury“. V pojmu „stavba“ je obsaženo kladení s rozmyslem, úvaha o každém jednotlivém kroku, o způsobu jeho provedení a o jeho důsledcích ve vztazích k jeho jiným předchozím nebo následujícím součástí. Takto se stejně „skládá“, komponuje (tj. sestavuje do smysluplné a pevné struktury) básnické, hudební, dramatické nebo každé jiné umělecké dílo. z poetických prvků a dílčích struktur a přitom každé jednotlivé usazení prvku je pečlivě uváženo a pod kontrolou správnosti, funkčnosti a významu (z reportáže o Malb. P. Kléeeau.. Pojem „arch“ přitom znamená, že nejde jen o určité zřejmé vztahy, ale o vztahy principiální, nejhlubší, zasahující až do jejich metafyzické povahy, do jejich mystických kořenů. Přesahující z racionality do iracionalit. Pojem převádí člověka z jeho účelově racionálního světa, do iracionálních světů, ve kterých se pohybují také umění a magie nebo víry.

tuje. Není žádná součást fyzického světa, která by byla samostatnou krásou, a neexistují žádné vlastnosti, které by byly nositelem krásy tak, jak je např. červen nositelem červeně. Pocit krásy vzniká jen ve člověku a vyplývá z řady nejrůznějších skutečností a z řady jejich vlastností a neopakovatelných vztahů mezi nimi. Krása není fyzický, i když nehmotný přídavek k předmětu, jevu nebo dílu. Je pouze schopností za určitých podmínek, k nimž náleží také to, že pocit krásy nemůže vzniknout, pokud není přítomný vnímatel – a pokud má vnímatel schopnosti a vůli vnímat krásno. Krásno nastává pouze za určitých okolností a jen v nitru vnímatele. Krásný předmět není nositelem jevu ani vlastnosti krásy, je pouze zhmotňující odrazným zrcadlem pocitů vnímatele.

Tvorba estetického řádu a stylu

Estetiku si vytváří každý tvůrce sám. Je to estetika, výraz, myšlenka, technologie, technika. – mimo obecně platné a uznávané zvyklosti, pravidla, kánóny. Akademismus je uhlazený, ale myšlenky a duše se musí odrazit v díle (u Gogha vše vířilo, barvy symboly, ... Ale kontroloval to, měl vědomosti, studoval. Věděl, nutné vzdělání, podrobné. Technické i obecné – Gogh vzdělání obešel, vymyslel si je sám cílevědomě a pokusy.

Estetické nemusí být umělecké. Umělecké je, když estetika není konvenční. Estetika je technologie, způsob, výraz – a každý si jej najde sám. Nekonvenčně. Nově, překvapivě, ale hlavně tak, aby vyjádřila to, co se chce (v. Gogh).. Umělecké převratně nemůže být, co je konvenční estetikou, to je také konvenčně umělecké, čili jen dovedné, Myšlenka umělecká je navíc.

Podstata tvorby krásy je v řemeslné schopnosti a dovednosti

Pohledem do historie však poznáme, že ve spojení s lidskou činností je vždy spojena s určitou ne běžnou dovedností stejně, jak v různých historických pojmáních umění s dovednostmi i jinými, než uměleckými v dnešním smyslu slova^{6.1.1)}. Dovednost musí mít i přirozený talen vždy naučenu. Je

6.1.1) Vývoj názorů na zdroje uměleckého krásy

a) Starověk

V historii krásy nebyla vždy nutnou součástí toho, co bylo uznáváno za umění. Velmi výrazně však byla krásy součástí výtvarných umění. V antickém Řecku krásou byla dovednost v maximální míře umět napodobit přírodu, především přesně a pravdivě zobrazit přírodní předlohu, nejen tedy fyzickou skutečnost, ale také to, co se na fyzické skutečnosti odrazí z duševních vlastností hnutí nebo stavů a dovednost dokonale opracovat tvůrčí materiál (výtvarný, poetický a dramatický, jak vidíme na plastikách, malbách, architekturách, eposech, dramatech) tak, aby vynikly ty jeho stránky, které v nás vzbudí pocity krásy. Velmi pravděpodobně se totéž vztahovalo i na hudbu, v hudbě a tanci, i když o tom máme jen nepřímé doklady, např. v poezii: ve Vergiliových Ovidiových Bukolikách (Zpěvech pastýřských) ve zmínce o „tenkohlasé písničce“ ve hře na třítinovou flétnu, přičemž tenkohlasem je pravděpodobně míněna její krásy). Krása však byla přiznávána jen volnému výtvarnému umění, ke kterému architektura, nenáležela. U architektury byla krásy viděna jen v jednotlivých plastikách, nikoli však v objektu jako celku, i když modulový systém určoval vzájemné rozměrové poměry jednotlivých prvků stavby. (viz Vitruvius) K dovednostem však také náleželo filosofování svou povahou odhalování různých racionálních i iracionálních přístupů při hledání zákonitostí, jako např. s abstraktními ideami anebo s materiální skutečností světa, o lidské společnosti, teologie, filosofický přístup k přírodě: představy o složení hmoty (atom, čtyři živly aj.) atd, což zjevně těsně souvisí s uměním fabulovat, s poezií a dramatem. Architektura, lékařství a řada dnešních přírodních a technických věd byly uvažovány jako řemesla.

b) Středověk a novověk

Ještě ve středověku k uměním náležely tzv. svobodná umění, ke kterým náležela teologie, právo a lékařství, tedy obory, které byly ceněny ve společnosti na vyšším stupni a vyžadovaly určitý talent a delší vzdělávání (na právech a lékařství až přes 10 roků). Předchází všeobecné humanistické vzdělání se získávalo na tzv. artistické fakultě a teologické na vyšší teologické fakultě. Umělecká ani architektonická tvorba, považované ještě i po renesanci za řemeslné obory, k nim nenáležely, Teprve později, od začátku 19. století po pádu feudalismu byly zakládány akademie umění. K odlišení od filosofie

obsažena ve všem a vyplývá z historického vývoje i z nejnovějších poznatků a i těch nejmenších objevů. Zpravidla se týká technologie, znalostí čím a jak co provádět. Dlouhým vývojem a poznáváním prošel každý detail, od zacházení s materiálem (dřevěnými deskami, později s plátnem, s kamenem, sádkou, cementem, plasty, s hudebními nástroji od bubínků po varhany, s vlastním tělem při lov i tanci), ale také s uměním dívat se, postihnout základní problémy, naučit se, jak je řešit, jak namalovat nebo vytesat ruku, rty, oči, vlasy, šatové drapérie, jak učinit barvu průsvitnou nebo krycí atd.). Výčet oblastí schopností a dovedností může vypadat obecně takto, s tím že se týká každé specializace tvůrčí a řemeslné činnosti (v nauce, v teorii oboru, v technologických postupech apod.):

- v pozorování,
- v analýze cizích a vzorových příkladů,
- v zaujmutí názoru,
- v poetické transformaci,
- ve volbě poetických tvůrčích prostředků,
- v tvořících materiálech,
- v zacházení s tvůrčími prostředky
- v technologii zacházení s technologickými prostředky.

7 PROSTŘEDKY TVORBA KRÁSKA

7.1 Společná báze uměleckých prostředků

Společná báze všech druhů a pojetí krásna

Krásu tedy nelze hledat jen ve formách, odtažitě od ostatních vlivů. Přesto, že nalézáme mnoho různých hledisek, ovlivněných nejrůznějšími vlivy doby i tradic, lze jejich společný základ nalézt jednak ve vytváření nadějí a naplňování aktuálně postrádaných citových potřeb obecnějších nebo užších společenských skupin, jednak v řemeslně zvládnutých realizačních i uměleckých schopnostech i dovednostech. Z těchto hledisek je tvorba krásy prací, jako každá jiná, pro kterou jsou vždy zapotřebí určité speciální druhy citění, a schopnosti, odborné znalosti a dovednosti. Do rámce těchto podmínek pak kromě odbornosti v daném oboru náleží také odbornost tvoření, práce (obdobně jako řemesla) tvorby dosud neexistujících způsobů, děl a systémů (typů, kompozic, sestav, konstrukcí apod.). Kromě krásy, umění (všech druhů od uměleckých přes bojová, architektonická konstruktérská organizační, pedagogická atd.), jde o kterékoli jiné lidské tvůrčí i řemeslné činnosti.

7.2 Poetika umělecké a architektonické tvorby

Umělecké prostředky

Umělecká kvalita díla spočívá na hodnotě tématu, cíle a způsobů zpracování obsahu a z estetické kvality forem a tvarů vyjadřovacích prostředků. Formy vytvářejí estetické krásno, obsah díla pojednává samy předměty, jevy, stavy, děje atd., které sice mohou různě působit na city, mysl a ducha, ale nemohou mít kvalitu estetického krásna, mohou mít pouze kvalitu praktickou (služební: jako zpráva, zdroj informací, poučení, poznání, instrukce nebo zábavy, prostředek odpočinku apod.) anebo hlubší hodnotu etickou.

Poetika je souhrnem zásad pro tvorbu tvarů jednotlivých prvků díla a skladby prvků a jejich vyšších sestav do celkového díla. Netýká se obsahu, i když se dotýká nepřímého vyjadřování smyslu, výrazu, napětí atd. různými formálními prostředky (obrazy, opisy, zámlkami, rytmem, intenzitou)

byla tato umění označena jaké „krásná“. (beaux arts, Fine Ars, sztuka piekna apod. a literaturu členíme na poezii, krásnou literaturu ostatní druhy literatury.)

apod. Poetika poskytuje prostředky k ovlivnění celkového stavu a rozpoložení citů a ducha, zčásti a nepřímo také myšlenek prostřednictvím krásna ze způsobů a tvarů vyjadřování.

Tvorba volná i užitková, včetně architektury, poskytuje začnou řadu možností uměleckého ozvláštnění díla. Estetická a umělecká kvalita díla pak vzniká tím, že tvůrce je používá a vytváří jejich nové, vlastní varianty nebo zcela nové podoby. Každé lidské společenství i jednotlivci si vytvoří své styly, které odpovídají jeho civilizačnímu stavu a jeho duchovnímu zaměření v dané době a v daném prostředí. Srozumitelnost forem ani uměleckého jazyka není dána obecně, je výsledkem učení. Pro kolektivní stav společenství vzájemným stykem po určitou dobu zažívání, pro jednotlivce individuálním učením a osobními tvůrčími schopnostmi, které předbíhají společenské povědomí a obecná čitelnost i obecná schopnost cítění a vnímání krásna určitých druhů a forem vyjadřování. Obecné povědomí vytváří umělecký i architektonický standard. Vysoké umění je svobodnější a individuálnější. Nelze jej však využít jako prostředek užitné tvorby. Podřadné způsoby využití nabídky ve tvorbě krásna však krásno nevytvářejí, ale jsou zdrojem kýčů.

7.3 Poetika forem a tvarů

Tvary a vzájemnost vnitřních vazeb díla

Ačkoli krásno je pouze pocitem, je k jeho podmíněnému vzniku nutný objekt, který spolupůsobí při vzniku pocitu jako jeho katalyzátor. Přitom, že krásna neexistuje jako existující jev a je závislá na přístupu vnímatelů k ní, její obsah i formy se od samého počátku v magii průběžně mění v čase a liší se v relativně samostatných územních oblastech v souvislosti především s jejich skupinovými životními názory. Životní názory nalézají zpravidla své původy v životní praxi civilizačního rozvoje a své vyjádření v mentální a duchovní oblasti, ve filosofiích v podobě věr a náboženství. Pocity krásna jsou pak jejich různými syntézami.

Každé dílo se jako celek vyznačuje určitým celkovým tvarem, ale také tím, že sestává z mnoha různých prvků, které mají takové vzájemné souvislosti, aby dílo tento celek vytvořilo. Dílo pak má jednu nebo více funkcí, ale každá jeho součást má své dílčí funkce, ze kterých prostřednictvím jejich vzájemných vztahů vyplývá celková funkce.

Funkce i součásti díla jsou jednak reálné, skutečné, fyzikální a fyzické, jednak ireálné, mimo-fyzikální a nefyzické, psychické, duševní, jednak citové emociální, především iracionální, jednak mentální, jednak rozumové, racionální, jednak iracionální, nevyplývající z logického myšlení.

Umělecké dílo volného umění je založeno především na citech, na iracionalitě, vědecké a technické na racionálním myšlení. Technické a také užitné stavební (stavitelské) dílo, je založeno také především na racionálním myšlení, avšak esteticky, případně umělecky zaměřené architektonické dílo spojuje v různém poměru oba přístupy do jednoho celku, buď : spíše technického, užitného, anebo spíše uměleckého, u staveb ponejvíce výtvarného ^{7.3.1)}.

Každá tvůrčí disciplína – umělecká i technická, má svou nauku ustálených tvůrčích postupů a pravidel pro svou stavbu z tvořících prvků a o prostředcích k této stavbě. V technice jde o prostředky, kterými jsou reálné prvky, hmoty a materiály, díly, dílce, sestavy, jejich spoje a o vzájemné vazby, tektoniku (tvorbu, stavbu vnitřních souvislostí) v sestavě celé konstrukce do vyšších dílců a do celého díla. V umělecké tvorbě jde o prostředky, kterými jsou reálné prvky tvorby a jejich tvary, a o tektoniku (způsoby tvorby vzájemných vztahů a vazeb) dílčích sestav a celkové sestavy konečného díla.

^{7.3.1)} Pravidla a prostředky umělecké tvorby

V tvorbě poezie se soubor těchto technologických zásad (pravidel) a prostředků nazývá poetikou, v hudbě hudební naukou, v tanci, divadle a jiných druzích umělecké tvorby včetně architektonické tvorby zpravidla nazývá málo vypovídajícím pojmem teorie. V souvislosti s uměním za výstižnější považujeme pojem „poetika“, pod který lze sjednotit nauky o všech disciplínách. Tím spíše, že metody i prostředky jsou ve všech umělecky tvůrčích oborech obdobné, obdobně tvořené a obdobně esteticky i významově působící.

7.4 Prostředky tvorby krásna díla

7.4.1 Hlavní prostředky technologie tvorby krásna přímého vyjadřování

Postoj tvůrce	citová distance od díla, tvarů. smyslu díla, řemeslnicky vědomá tvorba: volba estetického cíle, vyjadřovacích i technologických prostředků
Typ tvorby	spontánní (svobodné, tvůrčí), rozumové (naučené), zvykové, původní, originální)
Cíl tvorby	ozvláštnění (estetické, obsahové), celkové (v podstatě předmětu, jevu), mimo podstatu celkové nebo dílčí (ozdobení, zdobení)
Způsob vnímání díla	vnímaná jednorázově a vnímaná v časovém sledu, probíhající v čase.
Povaha díla vůči času	statická, kinetická, proměnlivá.
Rozprostření struktur	na liniích, v čase, v ploše, v prostoru,
Kompoziční prvky díla	struktura prvků, uzlů a spojů, témata a prodlevy, předměty (jevy) a mezery.
Tvarované prostředky	materiály (hmoty – pevné, sypké, tekuté, plynné, směsné),
Tvarované předměty, jevy-struktura (vnitřní skladba): textura (vlastnosti povrchů), prodlevy, rytmy apod.	
	Vizuální: linie, plochy, tělesa, prostory, barvy, světla a stíny,
	Zvuky: hřmoty, tóny, melodie, rytmy atd.,
	Hmatové: povrchy těles, hmot (měkkost, tvrdost, hebkost, teplota, drsnost, lesk, odrazivost světla atd.),
	Čichové: pachy, vůně
	Chuťové: chuti (slaná, sladká, hořká, kyselé, smíšené),
	Pocitové: napětí, klid, rovnováha, stabilita,
	Směsné a integrované tvarování
Prostředky tvarování: plastické modelování celku, částí, dělení (divize) celku, částí), sestavování (adice) částí, celku), článkování (strukturování tvarů) celku..	
Povaha tvarů a obrazců (figur):určité (ohraničené), neurčité (neohraničené, „rozmazané“ – C.G.Jung).	
Způsoby a podoby tvarů figury (obrazce) celkové a dílčí tvarosloví celých útvarů a podrobností figurativní nebo abstraktní, geometrické, volné	
Intenzita celku a obrazců:	výraznost, plasticita (prostorová, reliéfní, volby výrazů, volby obrazů, váhy smyslů jednotlivých prvků nebo dílčích součástí díla).

Formy obrazců (figur):	linie, plochy, prostory (přímé, rovinné, zakřivené, zalamované)
Četnosti prvků, obrazců:	jednorázové, vícenásobné, tvary určité, neurčité.
Uspořádání prvků a obrazců:	volné, na sítích nebo v taktech (lineárních, plošných, prostorových), bez sítí, mimo sítě, pravidelné, nepravidelné, rytmičné, nerytmičné, symetrické, asymetrické, opakované,
Shody	opakování týchž, nebo podobných, obdobných nebo variantních forem týchž prvků, anebo týchž forem variantních prvků (rýmy, analogie apod.).
Povaha uspořádání prvků	vyvážené, nevyvážené, klidné, vzrušující .

7.4.2 Hlavní prostředky poetiky vyjadřování smyslu (obsahu) nepřímým vyjadřováním

Základní prostředky jsou tytéž, jako v předchozím při tvorbě tvarů.:

postoj tvůrce, typ tvorby, cíl tvorby, způsob vnímání díla, povaha díla vůči času, rozprostření struktur, kompoziční prvky díla.

K předchozím prostředkům z tohoto hlediska přibývají ještě další způsoby a prostředky:

Způsoby vyjadřování: figurativní, abstraktní

Prostředky přenosu smyslu: obrazy, podobenství, alegorie, symboly,.

Názna jiným označením metafory, synekdochy (část za celek), metonymie (záměna), obecně tropy. (původ z řečnictví, lze aplikovat jinde)

Znaky, atributy obecně znané a jednoznačně čitelné (srozumitelné) formalizované sdělení.

Napodobení, vyvolání nálad: vyvolání představ nebo nálad prostřednictvím forem nebo znaků

Tento přehled je pouze orientační pro všechny druhy uměleckého vyjadřování. Je to část „slovníku a jeho gramatiky pro tvorbu souborů k vyjadřování myšlenek uměleckými díly v jejich vlastních jazycích. Pokusili jsme se jej shrnout pod jednotné metaforicky pojaté názvy: „poetika“, gramatika a slovník, i když se v každém oboru nazývají jinak. V podstatě jde ale o shodné prostředky, pouze jejich použití odpovídá možnostem daného umění: literární a slovesné tvorbě, vizuálním tvorbám, hudební tvorbě, taneční tvorbě, scénické tvorbě, architektonické tvorbě atd. Jejich znalost je předpokladem profesionální tvorby.

V očích nezasvěcené veřejnosti, i v očích mnohých amatérských tvůrců převládá dojem, že tvorba je snadná, romantická, libovolná a intuitivní. Současně s tím převládá stále rozšiřovaný dojem, že v uměleckých projevech jde o intuitivní tzv. „procítění“ které je přirozené každému člověku. Skutečnost je taková, jaká je patrná zvířat: zvíře v obraze či jiném uměleckém projevu nic nevidí, smysly mu žádnou informaci neposkytnou a jeho citová ani rozumová soustava mu vůbec nic neřekne, ani žádný hormon nevytvoří. Vnímání je komplexní – a není-li, živočich to pozná – lépe: nepozná to, co se mu předstírá. Zkazky a obrazu, kde byl ovce tak dobře namalováno, že se k němu slétávali ptáci (podle antické řecké estetiky dokonalost záležela v dokonalosti napodobení přírody), že ptáci naslouchali hudbě na šalmaj apod., jsou neuskutečnitelné. Jediný, kdo se dá oklamat, je člověk. Dílo cokoli reprobující, cokoli a jakkoli vyjadřující, je svébytným útvarem, které s realitou jeho předlohy nebo zdánlivé podoby, nemá žádnou souvislost.

Stejně, jak nelze psát bez znalosti písma a nelze slovy ani psaním cokoli stvořit, neznají-li se slova, jejich tvorba a významy, gramatika jejich použití a bez znalosti pravidel pro syntax tvorby vět

nelze mluvit, nelze bez takových znalostí v daném uměleckém oboru a navíc bez znalostí uměleckých a stylistických prostředků tvořit v žádném uměleckém ani architektonickém „jazyku“. Vládne domněnka, že ve výtvarném umění je předmět vidět a lze jej poznat. Tato domněnka je mylná. Výtvarná řeč je ve skutečnosti stejná, jako řeč každého jiného umění. Je jinotajná stejně, jako hudba, taneční figura, báseň, ve kterých si nikdo nemyslí, že v nich nějaký předmět nebo věc vidí nebo slyší, např. věrně neprodukcující bublání potůčku, cvrlikání konkrétních ptáků nebo cvrkání cikády. Může někdy vytušit obrazy takové činnosti, ale nikdy neví, co tím přesně umělec vyjadřuje. Zcela jistě nikdy právě jen tuto skutečnost. Jde o stylizované, obrazné jazyky, které vždy vyjadřují něco hlubšího, než dávají najevo: nějakou náladu, citový zážitek, myšlenku, vyznání, poznání, kritiku apod., jak je smyslem umění.

K porozumění, spíše k pochopení, je nutno znát zákonitosti těchto jazyků. Vzhledem k neurčitosti a mnohoznačnosti jejich vyjádření, ani vyškolený historik umění, ani zkušený tvůrčí umělec nikdy neumí pochopit a vyjádřit jednoznačně všechny významy žádného díla, každý, i sám autor je vysvětlí jen přibližně a opisy. Nejvlastnějším účelem uměleckého díla není vždy jen to, že se „líbí“ nebo „nelíbí“, ale to, že jej potěší a povznese. Je však účelné si vyslechnout. Aspoň nějaký výklad a dílo naplní svůj účel a vnímatel ukojí svůj hlad po estetickém nebo uměleckém zážitku i tím, že sice dílu zcela přirozeně třeba neporozumí, ale uvěří, že jde o dílo umělecké...a tak je zažije i srdcem.

8 ZÁVĚR

Závěry jsou dvojí:

Jednak to, jak umělecké dílo pochopit: že se nemusí rozumět, ale je žádoucí mu oddat své city a srdce.

Dále to, že studie obsahuje pro začínající umělce a architekty určitá obecná poučení.

Také to, že pozná vzájemné souvislosti mezi různými druhy umělecké tvorby a vše se mu sjezdnotí.

Pozná, že umění a umělecká tvorba není ve vzduchoprázdnu, ale souvisí s mnoha okolnostmi obecného světa.

Kdokoli pozná, že jeho názor, nebo názor jeho společenství není jediný pravý, ale že jsou jiné cesty a způsoby poznávání a nalezení své pozice ve světě.

Nejzávažnější poznatek je v závěru kapitoly:

Estetické emocionální vnímání a účinky se pokládají oficiálně za umělecké, jiné pochopení díla se nepokládá za jeho pochopení a prožití. Je pravda, že umělci v euro-americké kulturní oblasti vytvářejí svá díla jako estetická pro jejich estetické vnímání a chápání, avšak většina speciálně nevyškolených lidí je tak mnohdy nechápe – a spíše hledají a žádají si jiné zážitky – osobní. Ponoří se do vlastních citů, do svých radosti, do své lítosti, do svých vzpomínek, asociací – do svých sentimentů. Jindy, zcela v duchu antických Řeka a Říma, hledají zážitky z poznání, poučení, z podobnosti s přírodou apod. Jindy jako doprovod svých jiných zážitků, zážitky z vlastní hry a zejména ze splýnutí s kolektivem a jeho aktivitami (taneční zábavy, divadla), a z vlastní účasti na nějaké kolektivní hře.

I když tyto přístupy nejdou do hloubek, jsou přesto lidsky přirozené, obohacují život jednotlivců i společenství - i když jiným, často neintelektuálním a zpravidla ani duševně nepovznášejícím způsobem, Nelze to zavrhnout z žádných vyšších pozic. Upřímost takového přístupu je jednotlivcům i společenstvím kulturním přispěvkem, a jakkoli lidské společenství rozvíjí, je malý. Náročná díla tuto stránku lidského společenství posunují – není však správné tvrdit, že posun je vždy – a že je nutný, tzv. kupředu. Teprve za historickou dobu se ukáže, kam bylo v danou chvíli dopředu nebo dozadu, avšak i tento poznatek nemá absolutní platnost. S absolutní platností je možné žádat, aby podíly a účinky populárních a intelektuálních vlivů byly vyvážené, s ohledem na obecnou přírodní zákonitost o ztrátě energie nebo jejich účinků, aby byla určitá malá převaha intelektuálních přínosů (realizační možnosti a sama realizace nejsou tématem této studie)..

LITERATURA

- [1] ABSTRAKTE Kunst, eine Weltsprache, POENSGEN, G, + ZAHN, L. WOLDEMAR Klein, Baden-Baden 1958, 222 s.
- [2] ARCHITECTURAL THEORY, from the Renaissance to the Present. TASCHEN GmbH Köln 2006, 576 s, ISBN 3-8228-5085-3.
- [3] ARCH-WEBksa: Od minimalismu k organické architektuře. www.archiweb.cz/other/z-ksa.
- [4] BONDY, Egon: Buddha.DharmaGaia + Mařa, Praha, Praha 1995.,str. 194+12 obr. ISBN 80-85905-09-4, ISVB 80-901915-1-7.
- [5] BROCKHAUS Encyklopedie. Brockhaus, F.A., München, München 1988. ISBN 3-7653-5, ISBN 3-7653-1206-1.
- [6] BUKOVSKÝ, Jan a kolektiv: Dějiny stavitelství. Akademické nakladatelství CERM – Vysoké učení technické v Brně, VUTIUM 2001, 240 s. ISBN 80-7204-215-7 (CERM)
- [7] CORBUSIER,LE: Vers une Architecture. G, Gréts et C., Paris 1924, 243 s.
- [8] ČEJKA, Jan: Tendence současné architektury. Nákl vlasní, Münster, Německá spolková republika 1990. ISBN 80-01-00640-9
- [9] ČERNOUŠEK, Tomáš: Liturgický prostor. Matice cyrilometodějská, s.r.o, Olomouc, Olomouc, 1975, 70 s.
- [10] ČERNUŠÁK, Gracian: Dějiny evropské hudby. Panton 1964, Praha-Bratislava 1964, 487 str.
- [11] DALI, Salvador: Tajný život Salvadora Daliho, přeložila. Ludmila Vaňková. Nakladatelství LIDOVÉ NOVINY, Praha, Praha 1994, s.446. ISBN 80-7106-082-8.
- [12] DEMPSEYOVÁ, Amy, Umělecké styly, školy a hnutí. Slovart Bratislava, Bratislava 2002, 303 s. ISBN 80-7209-402-5.
- [13] ECO, Umberto: Meze interpretace. Překlad: Iadislav Nagy.Nakladatelství Karolinum, Praha, Praha 2004. s. 329. ISBN 80-246-0740-9.
- [14] EDWARDS, Lucie-Smith: Arttoday, současné světové umění. Přel. Solperová, Anna a Heřmánek, Zbyněk.Slovart Praha, Praha 1996, 1. vyd., 514 s, ISBN 80-85871-97-1
- [15] ELIADE, M.,+ CULIANU, Ioan P., Slovník náboženství, Přel. Vlčka, Milan. . Český spisovatel Praha, Praha 1993.
- [16] ELSER, M., EWAK, S., MURRER, G. : Encyklopedie náboženství.. Karmelitánské nakladatelství, Kostelní Vydří, Kostelní Vydří 1999. s. 407. ISBN 80-7192-188-2.
- [17] ENCYCLOPAEDIA Universalis 1988, Encyclopaedia universalis, Paris1988, 573 s. ISBN 2-85229-625-0
- [18] ENCYCLOPAEDIA Universalis, sv. 2.Altman-Arnold, Encyclopaedia Universalis, Paris, Paris 1996. ISBN 2-85229-290-4, 1055 s.
- [19] ENCYCLOPAEDIA Universalis, sv. 3.Aromaticité-Bergman. Encyclopaedia Universalis, Paris, Paris 1996, ISBN, 2-85229-290-4. 1055 s.
- [20] ENCYCLOPAEDIA Universalis, sv. Kovar-Réac, T-Thesaurus Encyclopaedia universalis,. Paris 1996, str 2013-3060. ISBN 2-75229-240-4
- [21] FERGUSONOVÁ, Kitty: Stephen . Hawking, hledání teorie všeho. Přel. Petr Černý. Mladá fronta Praha, Aurora Praha, Praha 1994. s. 150. ISBN 80-85974-05-3 (K. Hrab, číslo 2-86-824b)
- [22] GINSBERG, Lev: Estetika nástrojové hry. Edition Supraphon, Praha 1962. 106 str.
- [23] GOODMAN, Nelson: Jazyky umění, nástin teorie symbolů. Přel. Tomáš Kulka et al.. Academia Praha 2007. Praha 2007.ISBN 978-80-200-1519-8. 212 str.

- [24] HAAS, Felix: Architektura 20. století. SPN Praha, Praha 1978, Vyd.1., 646 s.
- [25] HERITAGE, Andrej + WINKLEMAN, Barry a kolektiv: Dějiny světa v obrazech. Knižní klub Praha, Praha 1995, 480 s. ISBN 80-7176-154-00 (Knižní klub Praha).
- [26] HNILICA, Jan: Tajná architektura. Eminent, Praha, Praha 2004. 190 s. ISBN: 70-7281-177-0
- [27] HOLCOVÁ, Milena: Lidi, Cestování je série omylů...., 3. díl.ŠALVAR, Brno, Brno 2001, 246 s ISBN. 80-903011-2-6, Hrabůvka
- [28] CHVATÍK, Květoslav: Strukturální estetika. Host, Brno, Brno 2001, 208 s.. ISBN 80-7294-027-9 .
- [29] KERA, Denisa: Jenom nesmí nastat apokalypsa. In: Mladá fronta DNES, 8.11.2003, Příloha: Civilizace, str. B/3. Mafra, a.s., Praha 2003
- [30] KOFROŇ, Jaroslav: Učebnice harmonie. Editio Supraphon, Praha. Praha 1981. s.195
- [31] KOLEČEK, Ivan: Vrstvení. Teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru architektura. VUTIUM Brno, Brno 2005..36 s. ISBN 80-214-2994-1, ISSN 1213-418X
- [32] KOYRÉ, Alexandre: Od uzavřeného světa k nekonečnému vesmíru. Překlad:Petr Horák. Vyšehrad 2004, Praha 2004, s. 261. ISBN 80-7021-580-0
- [33] KRÁL, Miroslav: Nevědomí a mystické prožitky. In: Psyché et natura 1/2002. Tomáš Janeček Brno, Brno 2002
- [34] KROUPA, Ivan: Architektura v kategorii životního prostředí, stavby, interiéru, designu a umění, sv. 31/2005, Habilitační přednášky. České vysoké učení technické v Praze, ISBN 80-01-03369-4)
- [35] KULKA, Tomáš: Umění a falzum, Monismus a dualismus v estetice.Academia Praha, Praha 2004. 182 s. ISBN 80-200-0954-X,
- [36] KULKA, Tomáš: Umění a kýč.Torst Praha, Praha 2000,292 s. ISBN 80-8215-128-2 SMVK Ostrava
- [37] LIBESKIND, Daniel:Daniel Libeskind, základní kameny života a architektury. Přel.: Kateřina Tlachová. VUTIUM Brno, Brno 2006. 254 s.. ISBN 80-214-2927-5.
- [38] MATĚJČEK, Zdeněk, LANGMEIER, Josef: Počátky našeho duševního života. Panorama, Praha, Praha 1986, s.366. (s 83)
- [39] MATHAUSER, Zdeněk: Estetika racionálního zření, Univerzita Karlova-Nakladatelství Karolinum,, Praha 1999.. ISBN 80-7184-792-5, 161 s.
- [40] MATOUŠEKI, Václav, DUFKOVÁ, Marie: Jeskyně a lidé. Nakladatelství Lidové noviny, Praha 1998, str.165. ISBN 80-7106-307-X
- [41] MICHELS, Merith: dvt-Atlas Musik. Deustscger Taschenbuch Verlag, , xxxx 2001. s. 573. ISBN xxxxx)SV studovna 47?). www.dvt.de
- [42] NAKONEČNÝ, Milan: Magie v historii, teorii a praxi. Vodnář Praha, Praha 1999, str, 401.. ISBN 80-85255-12-X
- [43] NEUBAUER, Zdeněk, Mozek- evoluce – stvoření, 2. část, II. B2, Evoluce versus stvoření. In: Psyché et natura 1/2002, Tomáš Janeček, str. 61.
- [44] OPPENHEIM, A. Leo: Starověká Mezopotamie, revid. Vyd., ACADEMIA,Praha, Praha 2001.ISBN 80.200-0749-2001, 330 str. –Knih.Hrabův 3-68.310a
- [45] OXFORD UNIVERSITY: Oxford Illustrated Encyclopedie of the Arts. Oxford University Press London. 1990, s. 504. ISBN 0-19-869137-8 SMVK-Stud.
- [46] RUŠÍN, Tomáš: Tajný život architektury. Vliv scénografiického vnímání prostoru na interpretaci architektonického díla. Zkrácená verzehabilitační práce. VUTIUM, Brno. Brno 2005, 37 s. ISBN 80-214-3010-9, ISSN 1213-418X.

- [47] SOURIAN, Etienne: Encyklopedie estetiky. Přel. Hrbata, Zd. A kol. Victoria Publishing Praha, Praha 1994., 939 s. ISBN 80-85605-18-X
- [48] ŠAMÁNEK, Josef: Odrazy sexuality v architektuře a umění In. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské, TU Ostrava, řada stavební, rok 2007, č. 1, ročník VII.. Ediční středisko VSB, TU Ostrava, str. 249-283. ISBN 978-80-248-1661-6, ISSN 1213-1962
- [49] ŠAMÁNEK, Josef: Úvod do estetiky a sociologie architektury. In. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské, TU Ostrava, řada stavební, rok 2004, č. 1, ročník IV. Ediční středisko VSB, TU Ostrava, str. 177-320. ISBN 80-248-1143-X, ISSN 1213-1962.
- [50] ŠAMÁNEK, Josef: Etika a estetika architektury. In: Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské, TU Ostrava, řada stavební, č.[1. 2003, Ediční středisko VSB-TU Ostrava, str.177-246, ISBN 80-248-0572-3, ISSN 1213-1962
- [51] ŠAMÁNEK, Josef: Fenomén architektury. In: Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské, TU Ostrava, řada stavební, č.1, rok 2002, ročník. II.. Ediční středisko VSB.TU Ostrava. Str. 109-140, ISBN: 80-248-0397-6, ISSN 1213-1962.
- [52] ŠAMÁNEK, Josef: Souběžnost a rozdílnost tvorby konstrukce a architektury. . In: životnost a spolehlivost stavebních materiálů a konstrukcí. Sborník .Ostrava 2007. FAST-VŠB-TU Ostrava. Str. 45-64. 978-80-248-1439-1
- [53] ŠLAPETA, Vladimír: Praha 1900-1978, průvodce po moderní architektuře. Národní technické muzeum Praha., Praha 1978, 96.
- [54] ŠVÁCHA Rostislav: Česká architektura a její příslost, Padesát staveb 1989-2004. Prostor architektura. Interiér, design, o.p.s. Praha 2004. ISBN 80-903257-3-4. 304 s.
- [55] TURNER, Steve: Hipster s andělskou hlavou (život Jacka Kerouacka), překlad z angl., Jota (Ostrovy v proudu) Brno, Brno 1997, 224 s. ISBN 80-7217-029-5
- [56] UMĚNÍ je abstrakce, cesta virtuální kultury 60. let, Primus, Zdeněk. Kant + Nákrasy vitae aj.. 328 s.. ISBN 80-86217-30-2
- [57] WAGNER, Otto: Moderní architektura.Edice: Umění a řemesla . Přel. Výkres, Vlad, Jan Laichter, Praha, Praha 1910, 94 s.
- [58] ZENKL, Luděk: ABC hudební nauky.Editio Supraphon, Praha, Praha 1976.. s. 200.
- [59] ZEVI, Bruno: Jak se dívat na architekturu. Čs. Spisovatel, Praha 1966., Přel.Libuše Macková 66

DIGITÁLNÍ ZDROJE

- STUDENT, Aleš: Architektura: estetika, kompozice. CD Power-Point, učební pomůcka
- Internet

JINÉ PRAMENY

- Periodika: uvedena v textu
- Televizní pořady (ČT 1, ČT 2, NOVA, PRIMA) uvedeny v textu
- Cyklus: Daniela Rywiková: Dějiny křesťanské ikonografie, Profit klub Ostrava, 2007

Oponentní posudek vypracoval: Doc. Marián Marschalko, Ph.D.

**Sborník vědeckých prací
Vysoké školy báňské – Technické univerzity
Ostrava**

řada stavební

č. 1 – 2008

© Vydala Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Vytisklo Ediční středisko VŠB-TU Ostrava
Publikace č.1-2008/FAST

Náklad: 150 ks

Odpovědný redaktor:
Doc. Ing. Alois Materna, CSc., MBA.

Vydání I.

Za obsah článků odpovídají jednotliví autoři.

ISBN 978-80-248-1883-2
ISSN 1213-1962