



Katedra technologie staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6-Dejvice, Česká republika

WORKSHOP DOKTORANDŮ

9. listopadu 2015



Seznam příspěvků:

Matematický model malířského robota, <i>Ing. Michal Bruzl, Ing. Vyacheslav Usmanov, doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.</i>	3
Software při přípravě BK mostů <i>Ing. Jan Čermák, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc.</i>	11
Automatizované zpracování plánu BOZP ve stavebnictví <i>Ing. Pavol Gacho, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng</i>	16
Využití recyklovaných materiálů ve stavebnictví <i>Ing. Eva Hlavová Gazdová, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng</i>	26
Využití betonového recyklátu v asfaltových kompozitech <i>Ing. Adam Konvalinka, doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.</i>	31
Potenciál využití technologie 3D tisku ve stavebnictví a přehled dostupných technologií <i>Ing. Michal Kovářik, doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.</i>	35
Inovace procesu výroby fasádních systémů ETICS <i>Ing. Josef Kučera, Ing. Miloslava Popenková, CSc.</i>	45
Aplikace pro výběr, hodnocení a správu subdodávek <i>Ing. Pavel Mečár</i>	50
Chemical and Mechanical properties of the fly ash from coal combustion <i>Polacek Jaromir, Sulc Rostislav, Formacek Petr</i>	60
Technologie a doba provádění ocelových konstrukcí <i>Ing. Kateřina Svobodová, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng</i>	66
Plíživé změny užívání staveb a jejich vliv na památkové objekty <i>Ing. Roman Šubrt</i>	70
Metodika kontroly projektové dokumentace <i>Ing. Martin Tuháček, doc. Ing. Svoboda Pavel, CSc.</i>	75
K matematickému modelování a optimalizaci stavebních procesů <i>Ing. Vyacheslav Usmanov, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng</i>	82
CHRL v POPbetonech <i>Ing. Tomáš Váchal, A.T., Ing. Rostislav Šulc, Ph.D., doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.</i>	91
Zkušenosti s využitím BIM modelů v praxi stavební výroby <i>Ing. Miroslav Vyčítal</i>	98

Matematický model malířského robota

Ing. Michal Bruzl^{1,a}, Ing. Vyacheslav Usmanov^{2,b},
doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.^{3,c}

^{1,2,3} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166
29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^amichal.bruzl@fsv.cvut.cz, ^bvyacheslav.usmanov@fsv.cvut.cz, ^cpavel.svoboda@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: Robotizace, matematický model, modelování a simulace pohybu, robot, robotické rameno, trajektorie dráhy, skalární součin, sinové a kosinové věty.

Abstrakt: Hlavní cíl dané výzkumné práce bylo vytvoření technologicko-matematického modelu malířského robota, který by co nejvíce odpovídal skutečnosti. Vytvořený matematický model včetně připojeného výpočtového algoritmu by měl umožňovat modelování, simulaci a výběr optimální trajektorie pohybu robotické ruky malířského robota.

Úvod do robotizace

Název „robot“ byl poprvé použit českým spisovatelem Karlem Čapkem v jeho velmi známé divadelní hře „Rossum’s Univerzal Robots“, neboli „R.U.R.“ z roku 1920, kde jím označil uměle vytvořené bytosti vykonávající lidské činnosti. Karel Čapek však není jeho pravým autorem, tím je jeho bratr Josef Čapek. Toto slovo velice rychle zakořenilo v mysli veřejnosti a začalo se používat pro pojmenování různých automatických a mechanických strojů a zařízení.

První druhy prototypů robotů vznikali mezi lety 1959 – 1961 a natolik zaznamenali úspěch v průmyslové výrobě, že v 80. letech se začaly běžně používat jako plnohodnotná zařízení. V tomto období se začala zlepšovat i hospodářská situace v západních státech a zákazníci začali mít větší požadavky na výrobky. To bylo správné prostředí pro vývoj robotiky. Průmyslový robot začal obsluhovat výrobní techniku v linkách a nahradil lidský faktor při nadměrně namáhavých pracích v nepříznivých podmínkách. Roboty byly využívány ve všeobecném v automobilovém průmyslu, mezi hlavní dodavatele patřily především firma GMF Robotics Corporation a FANUC.

V současné době se počet robotů, využívaných v průmyslu, stále navyšuje. Například v roce 2011, tedy 50 let od využití prvního průmyslového robota ve výrobním procesu, vzrostlo množství kusů ve světě meziročně o 38 % na celých 166 028 kusů. Tržby z prodeje robotů dosáhly ve světovém měřítku neuvěřitelných 8,5 miliard dolarů.

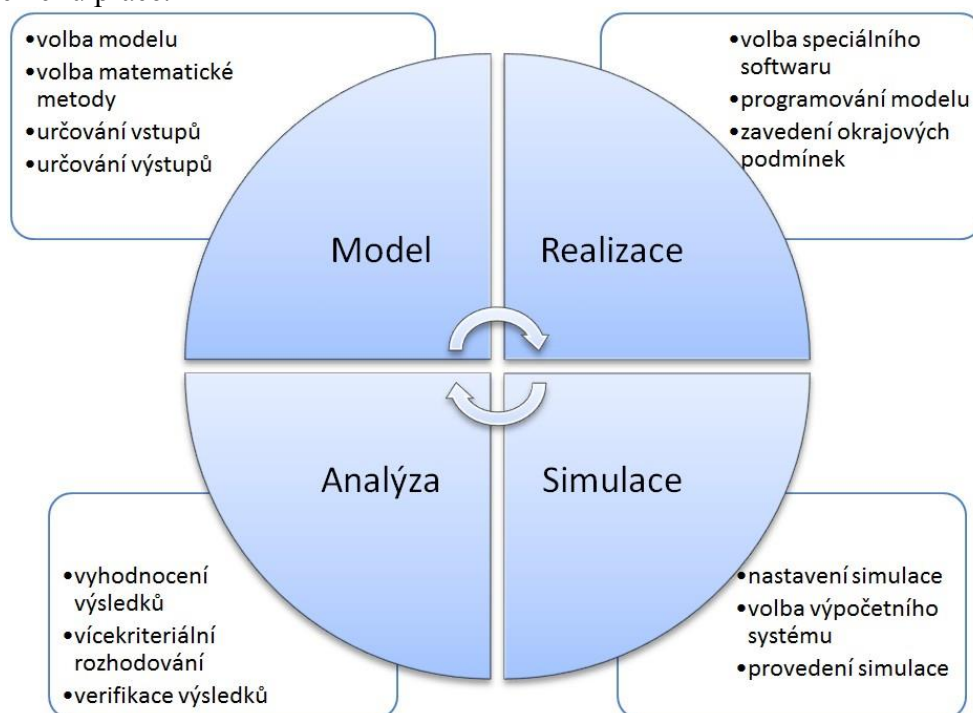
Robotizací se zabývá mnoho vědních oborů, z nichž mnohé jsou stále ještě samy ve fázi rychlého vývoje. Jedním z posledních oborů, ve kterém se více než robotické spolupráce využívá manuální lidská činnost, je stavebnictví. Právě na tuto oblast se chceme soustředit a aplikovat roboty zde.

Modelování a simulace pohybu

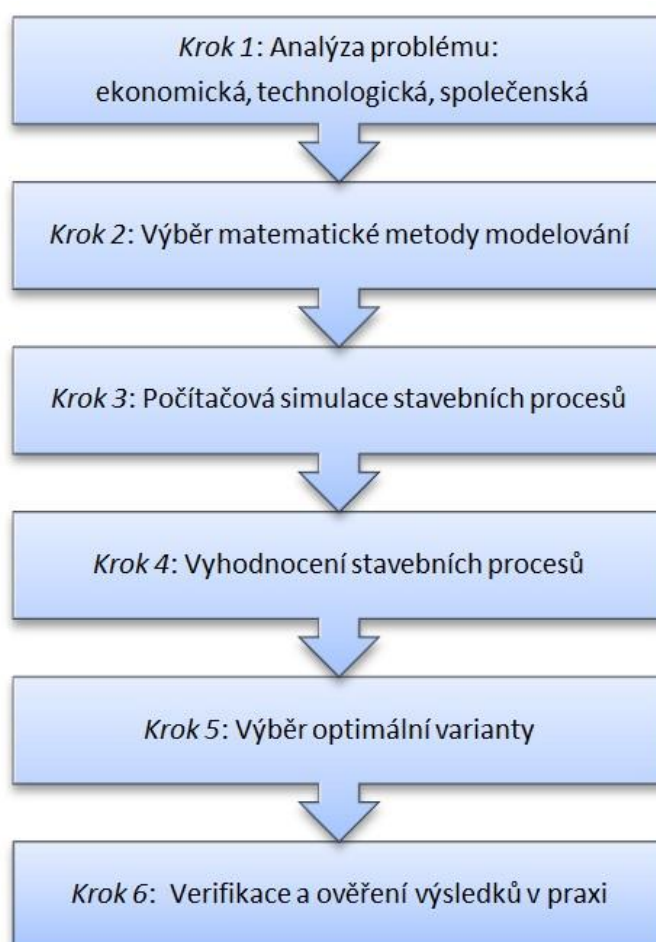
Proces modelování a simulace stavebních procesů je možné shrnout do čtyř základních kroků, které se budou cyklicky opakovat pro každý technologický proces, viz Obrázek č. 1:

- modelování (použití matematických metod a algoritmů);
- implementace (použití programů nebo speciálních softwarů);
- simulace (použití výpočetní techniky);
- analýza a vyhodnocení výsledků (použití matematických metod vícekritériálního rozhodnutí).

Na Obrázku č. 2 je zobrazeno schéma postupu modelování, které názorně popisuje pořadí plnění dílčích cílů práce.



Obrázek č. 1: Proces modelování a simulace stavebních procesů [5, upravený]

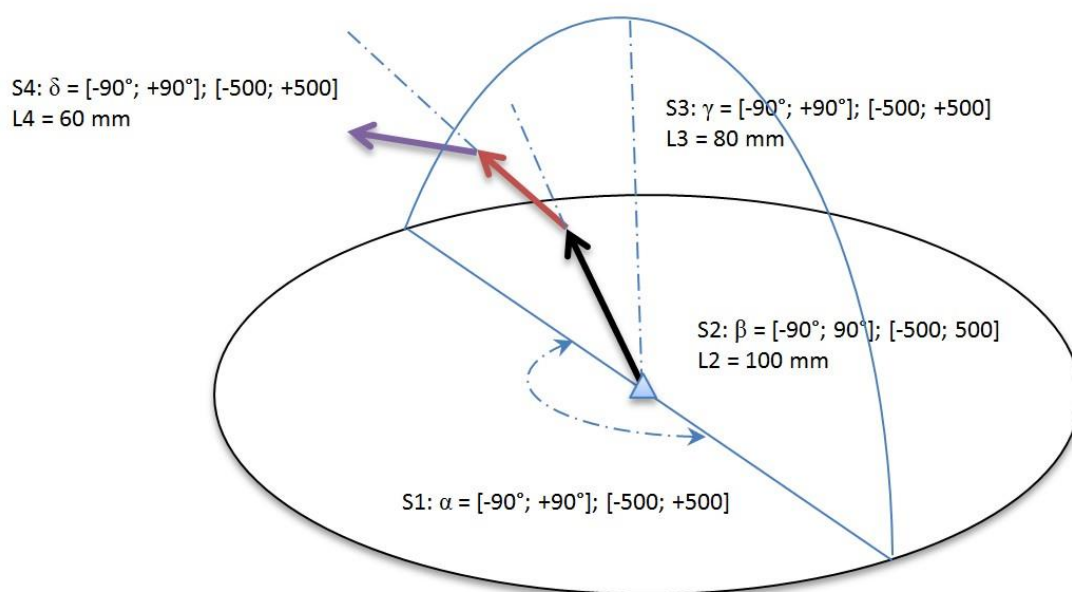


Obrázek č. 2: Schéma postupu modelování

Ještě před zahájením byly stanoveny dílčí cíle a zformulovány základní otázky ohledně počítačové simulace malířského robotu, které musejí být zodpovězeny během práce:

- volba a zdůvodnění použití simulačního softwaru;
- využití navržené matematické metody a popsanych zákonitostí modelování při simulaci ve speciálním softwaru;
- analýza a verifikace výsledků modelování a simulace;
- programování a tvorba simulačního prostředí.

Na Obrázku č. 3 je zobrazeno schematické zobrazení robotické ruky, které názorně popisuje základní parametry robotu a předpokládané rozsahy pohybu ramen.



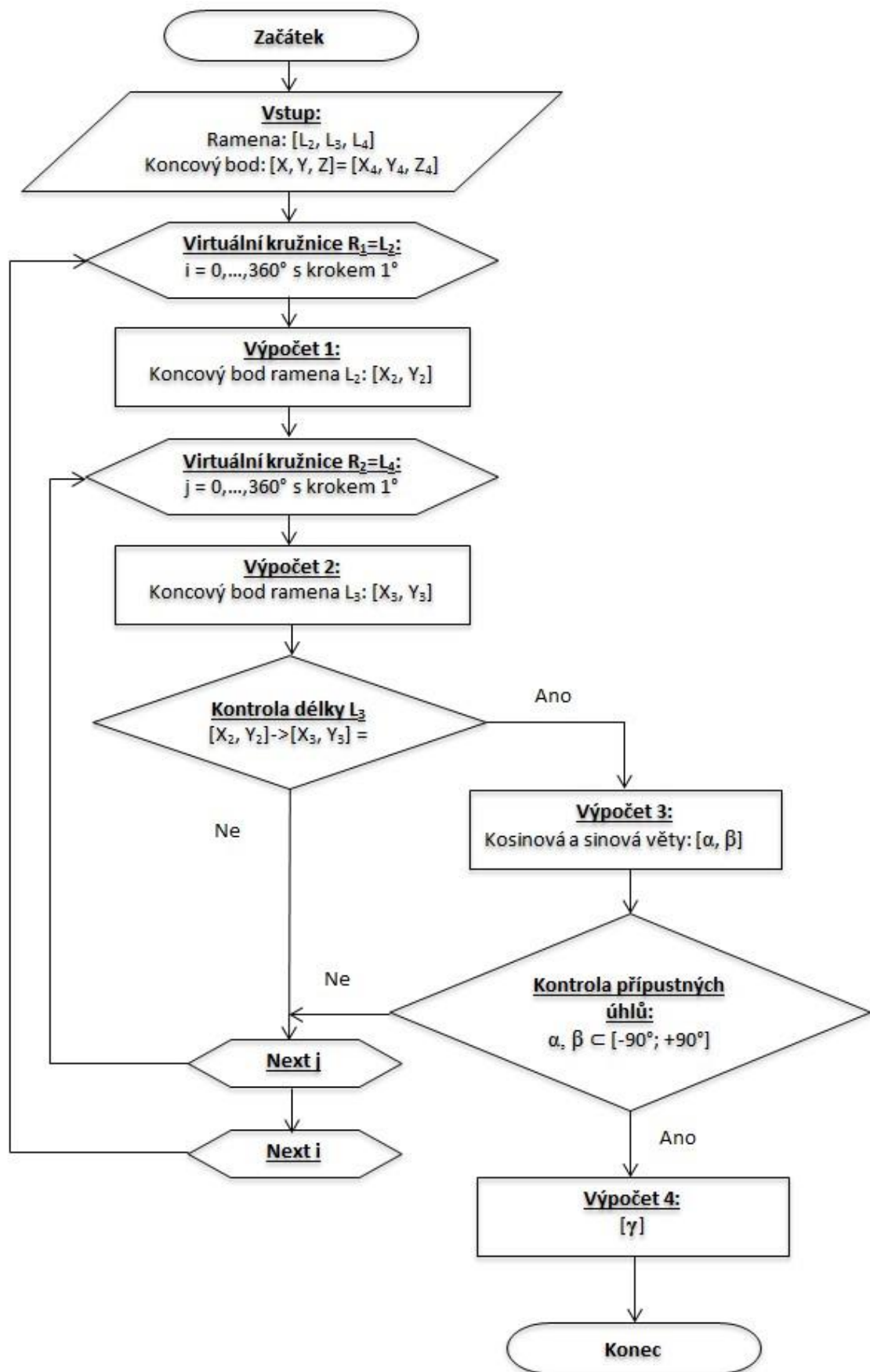
Obrázek č. 3: Schematické zobrazení robotické ruky robotu

Obrázek č. 4 zobrazuje zjednodušené blokové schéma optimalizačního algoritmu bez podrobných výpočtů a simulací. Na začátku budou nastaveny počáteční podmínky a vstupní parametry modelu:

- délky ramen robotické ruky;
- počáteční bod;
- koncový bod;
- omezující podmínky a přepážky pro pohyb;
- nastavení optimalizačních parametrů (váhy koeficientů).

Další kroky reprezentují simulaci a výpočet optimálních pohybu pomocí virtuálních kružnic, kosinové a sinové věty. Matematická simulace se provede pro každý bod, ležící na virtuální kružnici R_1 a R_2 s konstantním krokem $j = 1^\circ$. Počet přípustných variant se zase zredukuje za podmínky shody délky středního ramena robotické ruky. Počet iterací se odhaduje na $360^2 = 129\,600$. Následně bude provedena kontrola přípustných úhlů a výpočet pootočení robotické ruky v prostoru pro každou přípustnou variantu.

V posledním kroku je představen výsledek v tabulkovém formátu a výběr optimální trajektorie pohybu robotické ruky.



Obrázek č. 4: Blokové schéma optimalizačního algoritmu

Pro názornost matematického modelování optimálního pohybu robotické ruky dále bude uveden ukázkový příklad výpočtu. Vstup, výpočet a výstup jsou zobrazené na Obrázku č. 5, 6 a 7.

Matematický základ výpočtu je založen na použití skalárního součinu, sinové a kosinové věty. V dalším kroku se používá transformace souřadnicového systému. Rotace v homogenních souřadnicích se provádí pomocí matice:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Konvertor koncového bodu [X, Y, Z] do polohy ramen robotu [α, β, γ]

Parametry robotu:		Koncový bod:	
Rameno L ₁	100 mm	Pozice X	160 mm
Rameno L ₂	100 mm	Pozice Y	120 mm
Rameno L ₃	100 mm	Pozice Z	30 mm
Přípustná chyba:			
Chyba	1 mm		

Obrázek č. 5: Vstupní hodnoty programu

Výstup algoritmu:

Minimální dosah robotické ruky L_{min} mm
Maximální dosah robotické ruky L_{max} mm
Aktuální délka robotické ruky L mm
Úhel i °
Úhel j °

Souřadnice bodů (v pootočené rovině)	X, [mm]	Y, [mm]
[X0', Y0']	0,00	0,00
[X1', Y1']	-30,90	95,11
[X2', Y2']	63,03	126,98
[X3', Y3']	162,79	120,00

Kontrola L1 mm
Kontrola L2 mm
Kontrola L3 mm
Úhel α °
Úhel β °
Úhel γ °

Spustit výpočet

Obrázek č. 6: Výstupní hodnoty programu

Solution	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Úhel α	Úhel β	Úhel γ	Optimal
	[mm]				[°]			
1	22,50	97,44	81,89	178,78	13,00	23,14	89,86	126,00
2	20,79	97,81	80,87	177,36	12,00	25,07	87,93	125,00
3	19,08	98,16	80,87	177,36	11,00	26,96	87,04	125,00
4	17,36	98,48	79,88	175,92	10,00	28,92	85,08	124,00
5	15,64	98,77	79,88	175,92	9,00	30,78	84,22	124,00
6	13,92	99,03	78,92	174,46	8,00	32,75	82,25	123,00
7	12,19	99,25	78,92	174,46	7,00	34,58	81,42	123,00
8	10,45	99,45	77,98	172,99	6,00	36,56	79,44	122,00
9	8,72	99,62	77,98	172,99	5,00	38,35	78,65	122,00
10	8,72	99,62	77,07	171,50	5,00	38,56	77,44	121,00
11	6,98	99,76	77,07	171,50	4,00	40,33	76,67	121,00
12	5,23	99,86	76,19	170,00	3,00	42,33	74,67	120,00
13	3,49	99,94	76,19	170,00	2,00	44,06	73,94	120,00
14	3,49	99,94	75,33	168,48	2,00	44,34	72,66	119,00
15	1,75	99,98	75,33	168,48	1,00	46,05	71,95	119,00
16	0,00	100,00	74,49	166,95	0,00	48,05	69,95	118,00
17	-1,75	99,98	73,69	165,40	-1,00	50,07	67,93	117,00
18	-3,49	99,94	72,91	163,84	-2,00	52,09	65,91	116,00
19	-5,23	99,86	72,91	163,84	-3,00	53,69	65,31	116,00
20	-5,23	99,86	72,16	162,26	-3,00	54,12	63,88	115,00
21	-6,98	99,76	72,16	162,26	-4,00	55,70	62,20	115,00

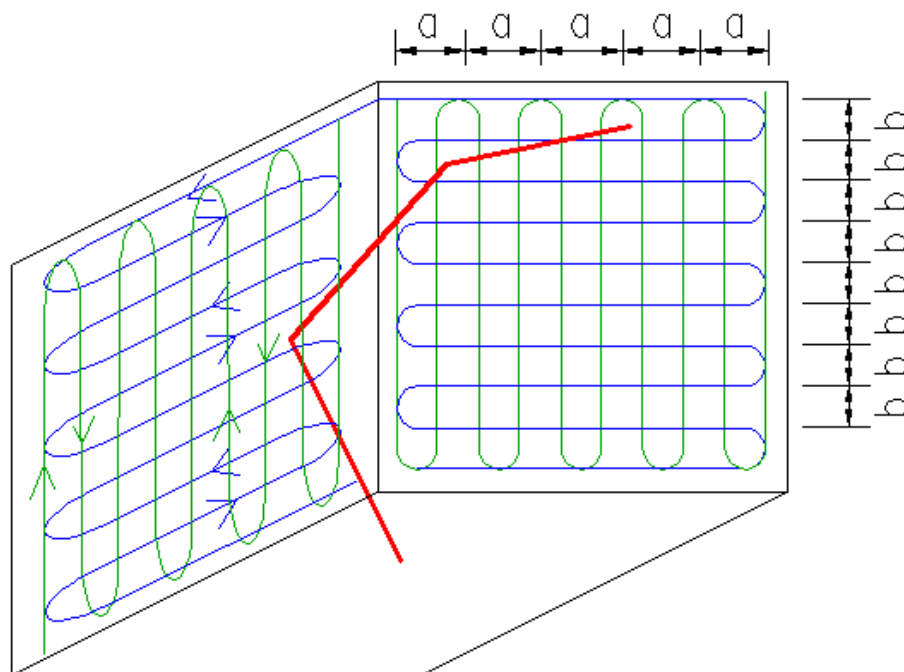
Obrázek č. 7: Výstupní tabulka přípustných bodů

Optimální trajektorie pohybu robotické ruky se může vybírat dle následujících parametrů:

- minimální délka trajektorie pohybu koncového bodu;
- plynulost pohybu koncového bodu;
- minimální spotřeba energie.

Na Obrázku č. 8 je vidět námi zvolená ideální trajektorie robotické ruky. Pohyb bude složen ze dvou fází. První fází bude pohyb horizontálně vzestupný, kde se rameno robota začne pohybovat zprava doleva vždy o vzdálenost $\underline{a}$, než dojde na konec desky, kde se potom posune o míru $\underline{b}$ nahoru a bude pokračovat v pohybu zleva doprava opět po vzdálenostech $\underline{a}$. Tímto pohybem bude robot stoupat postupně nahoru, než pokryje celou pracovní plochu a potom se přesune na druhou desku, kde bude opakovat pohyb, který ale bude horizontálně sestupný. Ve druhé fázi bude trajektorie pohybu vertikálně vzestupná a rameno se bude posouvat o vzdálenosti $\underline{b}$ směrem nahoru. Nahoře se posune o vzdálenost $\underline{a}$ doprava a bude pokračovat směrem dolů. Takto se pohyb bude opakovat na obou pracovních plochách.

Tím, že bude trajektorie pohybu složena ze dvou fází, docílíme absolutního pokrytí obou pracovních ploch a nevzniknou nám nikde žádná hluchá místa. Důležitým aspektem bude volba malířského nástroje (stříkací pistole), která bude muset mít určitou šíři nástřiku. Malířský nástroj není hlavním tématem této práce a budeme se mu věnovat v další fázi výzkumu.



Obrázek č. 8: Trajektorie pohybu robotického ramene (modrá linie – 1. fáze, zelená linie – 2. fáze)

Závěr

Pomocí prostředí Visual Basic v. 7.0 se nám podařilo vytvořit matematický model simulace pohybu pro malířského robota. V další fázi výzkumu se zaměříme na aplikování pohybu na model robotického ramene, který musíme upravit pro malířskou funkci (viz. Obrázek č. 9). Tato práce nám pomohla porozumět základním pohybům průmyslových robotů, díky tomu se můžeme zaměřit na ostatní činnosti ve stavebnictví, které by se daly nahradit roboty a zabývaly by se prací, která je pro člověka nebezpečná z hlediska BOZP nebo nereálná (chemické izolace, azbest, vysoké teploty, atd.).



Obrázek č. 9: Model pro malířského robota

Literatura

- [1] SOKOLOWSKI, J.A., BANKS, C.M.: Modeling and simulation fundamentals. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. 427 s. ISBN 978-0-470-48674-0.
- [2] KLVAŇA, J. Modelování 20: Operační výzkum. 3. vyd. 246 s. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03263-9.
- [3] SVÍTEK, M., BORKA, J., VLČEK M.: Modelování systémů a procesů. Praha: ČVUT v Praze, 2001. 135 s. ISBN 80-01-02361-3.
- [4] NOSKIEVIČ, P.: Modelování a identifikace systémů. Ostrava: Montanex a.s. Ostrava, 1999. 275 s. ISBN 80-7225-030-2.
- [5] STANĚK M. Aplikace průmyslových robotů v oblasti obrábění. Brno 2009

Software při přípravě BK mostů

Ing. Jan Čermák ^{1,a}, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc. ^{2,b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^ajan.cermak@fsv.cvut.cz, ^bjarsky@contec.cz

Klíčová slova: stavební software, stavební příprava, technologie mostů

Abstrakt. V příspěvku bude představena rozpracovaná disertační práce autora, v rámci které autor zpracovává sw aplikaci využitelnou při přípravě staveb železobetonových mostů. Aplikace je tvořena z několika propojených komponent, pomocí kterých budou zpracována technologická a ekonomická data realizovaných projektů, a na základě vyhodnocených vstupů bude možné zpracovávat nové modely výstavby budoucích projektů. Součástí aplikace bude i databáze obsahující základní technologické a ekonomické údaje. Výstupy aplikace budou časové plány, nákladové kalkulace v různých stupních agregace, technologická data, přehledy zdrojů atp.

1. Úvod

V průběhu svého působení v praxi a po mnoha diskuzích s odborníky v oboru vznikl námět na vytvoření počítačového systému, který by efektivně zpracovával data a následně je využíval pro tvorbu nových modelů stavebních projektů v oblasti mostního stavitelství. Není to tím, že by v současné době neexistovala řada kvalitních softwarových pomůcek, ale vzhledem k jejich širšímu zaměření je nelze bez jistých úprav jednoduše, rychle a efektivně využívat pro specifické požadavky během různých fází přípravy zakázky.

2. Cíle a popis projektu

Cílem je vytvořit softwarovou pomůcku (systém) formou webové aplikace, pomocí které bude možné zpracovávat technologická a ekonomická data (kalkulace, rozpočty, časové plány, přehledy zdrojů, technologické předpisy, místní omezení atp.). Systém se bude skládat z několika na sobě nezávislých částí – tzv. komponent, které však spolu budou propojeny pomocí svých výstupů v rámci řešeného stavebního projektu (schéma struktury systému viz. obr. 1) . Jedná se o komponenty: výrobních kalkulací, časového plánování, komponenta pro uchování technologických dat a případně grafickou(schematickou) aplikaci. Vstupy a výstupy jednotlivých komponent, budou uchovány v databázi. Pomocí nastřádaných dat bude možné tvořit a aktualizovat firemní normovou a cenovou základnu. Dále pak bude například možné optimalizovat doby nasazení některých strojů a mechanismů v závislosti na jejich potřebě na staveništi. Tím lze ušetřit nezanedbatelnou část nákladů nebo naopak lépe zdůvodnit jejich navýšení při úvaze veškerých nutných technologických aspektů a vnějších vlivů, které bychom mohli při využití konvenčních nástrojů přehlédnout.

Systém má potenciál najít využití při přípravě stavební zakázky v nabídkové, předvýrobní a výrobní fázi projektu a jejími potenciálními uživateli jsou přípravaři, kalkulanti, stavbyvedoucí, technologové vedoucí projektu, ekonomové stavby a management.

3. Koncepce, způsob a metodika řešení

Zpracování projektu sestává z několika fází. V první fázi se zjišťují informace o dané problematice, tzn. v tomto případě informace o technologii výstavby různých konstrukcí mostů, specifika a úskálí při jejich realizaci, zjištění základních technologických dat (doby trvání dílčích procesů, potřeby zdrojů – lidské práce, materialu, mechanizace, posloupnost procesů, etapizace a

rozdělení konstrukcí a prací na záběry, takty atp.) a samozřejmě zjištění možností soudobých SW pomůcek běžně využívaných během přípravy zakázky (kalkulační sw, sw pro zpracování časových plánů, grafické editory atp.). Ve druhé fázi se vyhodnocují poznatky a potřeby a navrhuje se struktura systému, technické řešení (forma) a základní schéma fungování jednotlivých komponent. Třetí fáze je období pro vytvoření (naprogramování) systému vč. databází a naplnění databází základními daty. V poslední fázi bude probíhat testování systému a řešeny případné chyby, současně by měla být vypracována i uživatelská příručka obsahující i metodiku výpočtů probíhajících při zpracování dat v systému.

4. Funkce systému

Hlavní funkce systému, jak již bylo uvedeno výše, je zaprvé zpracování dat tj. získávat data z již proběhlých nebo probíhajících stavebních akcí, setřídít je a uložit je v databázích systému. A za druhé je to tvorba nových modelů budoucích, současných nebo dokonce minulých stavebních akcí. Modelem výstavby v tomto případě můžeme rozumět časové plány, které jsou provázány s podrobnými kalkulacemi, přehledy nasazených zdrojů, technologickými informacemi a případně se schématy postupu výstavby.

Postup tvorby modelu:

- 1) Rozdělení procesů na podprocesy (závisí na stupni agregace)
- 2) Zvolení konkrétní technologie
- 3) Zjištění objemu prací a materiálu, každého podprocesu
- 4) Přiřazení výrobních zdrojů
- 5) Tvorba časových plánů a schémat postupů výstavby
- 6) Porovnání dat s daty obdobných projektů z minulosti.

5. Problematika mostních staveb a využití systému

Mostní stavitelství je v oblasti stavebnictví specifickým oborem. Každý projekt je jedinečný ať se jedná o malý objekt o rozpětí několika metrů nebo velkou mostní estakádu. Kromě navržené konstrukce projektantem je nutno během přípravné fáze a následné realizace uvažovat vlastní zdroje firmy (technologie, zařízení, mechanizace, kvalifikace pracovníku), ale i další okolní vlivy (charakter přemostované překážky, vzdálenost od dodavatelů, místní omezení, vlivy počasí atp.). K těmto aspektům se pak přidává variabilita možných technických řešení a možnost jejich optimalizace. Z těchto důvodů je systém koncipován, tak aby dokázal rychle a efektivně zpracovat zadaná data a porovnat je s ukazateli obdobných projektů v databázi.

Příklady problematiky pro možné využití systému:

- výběr podpěrné konstrukce (tzv. skruže) z hlediska nákladů a doby realizace- výběr druhu bednění pro různé BK (základy, pilíře, opěry, NK, římsy)
- optimalizace rozdělení pracovních záběrů BK z hlediska nasazení zdrojů (bednění, mechanizace)
- analýza množství nasazení vlastních a cizích zdrojů
- optimalizace doby nasazení rozhodujících mechanismů (např. jeřáby, čerpadla, skruže)

6. Výstupy systému

Hlavní výstupy systému budou:

- podrobné kalkulace
- časové plány (harmonogram)

- technologické informace (popis konkrétního technického řešení, časy realizace, vzdálenost zdrojů, vnější podmínky)
- přehledy nasazených zdrojů v čase (materiál, pracovníci, mechanizace)
- grafické vyjádření plnění výrobních plánů
- mezivýstupy pro využití dat v dalších softwarových nástrojích

7. Systém a jeho význam v jednotlivých fázích stavebního projektu

7.1 Nabídková příprava

Ve fázi nabídkové přípravy informační systém poslouží pro zjištění jednotkové ceny důležitých konstrukcí a případně pro zjištění dalších informací, například pro podklady časového plánování. Data pro zpracování budou vycházet z podnikové databáze, která by v první fázi měla obsahovat převzatá data a postupně se aktualizovat dle analýzy údajů z dokončených projektů.

7.2 Předvýrobní příprava

Nevětší využití nalezne aplikace ve fázi výrobní přípravy, kdy se znovu kalkulují výrobní náklady, zpřesňují se časové plány a probíhá podrobný rozbor procesu výstavby. Jednotlivým pracem budou přiřazeny zdroje - vlastní a cizí (subdodavatelé) a dále bude možné navrhnout variantní řešení dle technických možností vč. Nákladového a časového vyhodnocení. Během výrobní přípravy by už mělo být uvažováno působení vnějších vlivů, které budou do výpočtů vstupovat např. pomocí koeficientů, přírážek, prodlev atp..

7.3 Realizace

Ve fázi realizace bude systém sloužit především pro kontrolu plnění stanovených plánů, jejich aktualizace a přehled využívaných zdrojů. Tyto informace pak budou zaznamenávány do databáze a dále použity pro statistické vyhodnocení nákladů a časů. Z těchto podkladů pak po vyhodnocení budou vznikat aktualizované podnikové normy a ceny, které se uplatní při plánování nových stavebních akcí.

8. Technické řešení systému

Systém je řešen formou webové aplikace, která bude dostupná na firemní síti. Toto řešení bylo zvoleno z následujících důvodů: dostupnost pro všechny uživatele bez nutnosti instalace na vlastním pc, k přístupu postačí připojení na síť a prohlížeč webových stránek, všechny výpočty a operace s daty budou probíhat na straně serveru, stejně tak i uskladnění dat. Systém bude naprogramován v jazyce PHP, který se využívá pro dynamické webové stránky a aplikace, a pro ukládání dat bude využit databázový systém MySQL, který je plně kompatibilní s jazykem PHP. Struktura databáze bude navržena tak, aby nejlépe vyhovovala požadavkům pro rychlou práci s daty, která v ní budou uložena. I z tohoto důvodu je systém rozdělen do několika nezávislých částí – tzv. komponent. Tzn. při práci v konkrétní komponentě se bude načítat pouze ta část dat, která s ní souvisí. Data v databázi pak budou propojena skrze konkrétní projekt pomocí identifikačních klíčů.

9. Komponenty a jejich funkce v rámci systému

9.1 Komponenta kalkulací

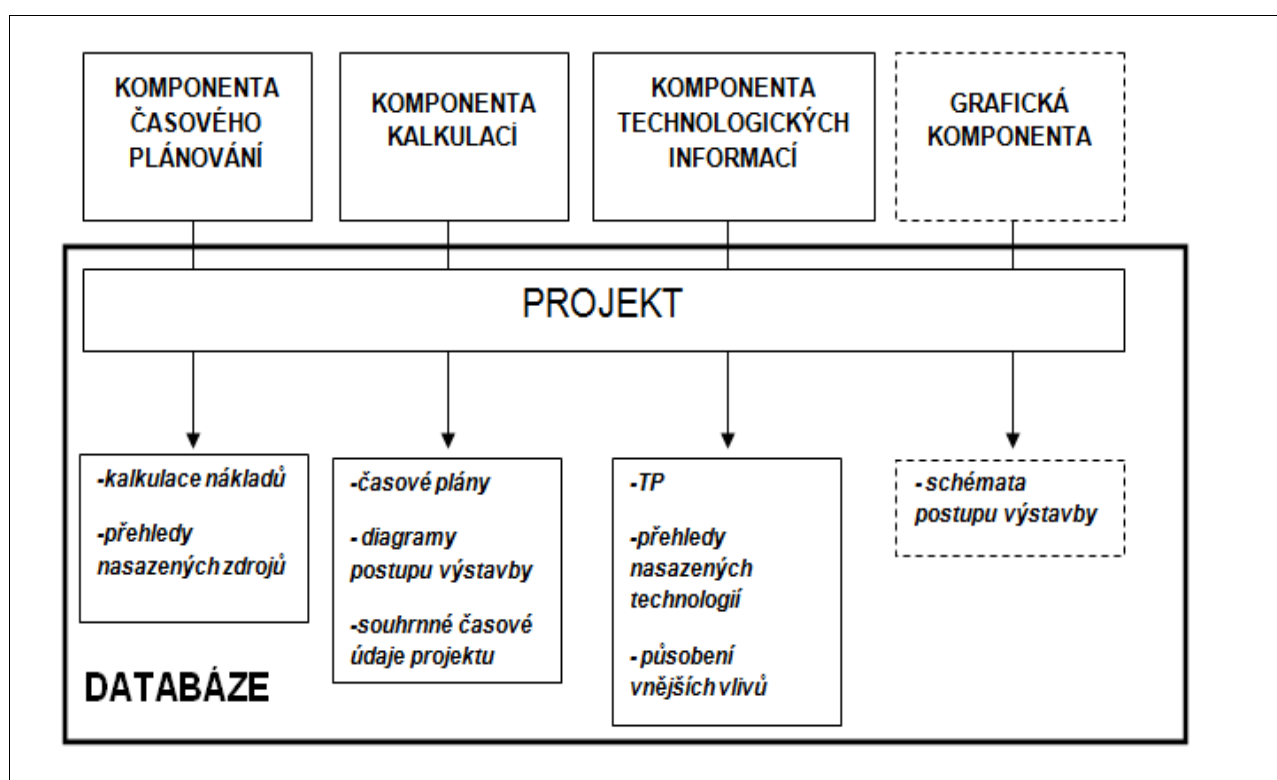
Kalkulační komponenta představuje jednoduchý kalkulační program, který bude schopen vyčíslit náklady jednotlivých prací a konstrukcí. Nejedná se ovšem o klasický kalkulační systém typu KROS, ASPE, RTS, atp., ale náklady budou vyčíslovány dle zvolené technologie výstavby tzn. rozdělení hlavních konstrukcí a prací na podprocesy, přiřazení výrobních zdrojů (materiál, práce, mechanizace a zařízení), určení dob trvání procesů a rozdělení na etapy, záběry a takty. Při kalkulování nákladů bude možnost využít datových základů z již kalkulovaných projektů.

9.2 Komponenta časového plánování

Další součástí systému je komponenta pro časové plánování, díky které lze vytvářet podrobné časové plány a sledovat potřeby zdrojů v čase realizace výstavby. Výpočty časů jednotlivých činností budou vycházet z časových analýz obdobných procesů a samozřejmě z vnitrofiremních časových norem nebo dle odhadů uživatelů. Utvořením vazeb mezi jednotlivými činnostmi, pak bude možné zjištění kritické cesty a vyznačení kritických procesů.

9.3 Komponenta technologických informací

Pomocí této komponenty budou uchováována podrobná technologická data o projektech. Například technologické předpisy, postupy výstavby, přehledy nasazení zdrojů a rozhodujících mostních technologií, místní podmínky, fotodokumentaci, časové náročnosti procesů atp. Hlavní funkce této komponenty je především doplnění informací k nákladovým kalkulacím a časovým plánům.



Obrázek 1: Zjednodušené schéma struktury systému

10. Závěr

V předchozích odstavcích byl v základních rysech představen program, který má za cíl zefektivnit práci s daty během přípravy projektů v mostním stavitelství. Není koncipován jako konkurenční alternativa k zavedeným softwarovým nástrojům, ale jako jejich doplněk, případně jako mezičlánek jejich vstupů a výstupů. Podoba systému tak jak je popsána výše může během vývoje doznat určitých změn dle průběhu prací a možností autora. Nutno podotknout, že zaměření systému je na český stavební trh tzn., že vychází z technických možností, úrovně přípravy, legislativy a okolních podmínek typických pro náš region.

Použitá literatura

- [1] Čermák, J.: Informační systém pro přípravu a realizaci betonových konstrukcí. In Management a ekonomika stavebnictví (2013). Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2013, díl 1, ISBN 978-80-01-05357-7.
- [2] Čermák, J. - Jarský, Č.: Software component for processing technological data of chosen construction processes. In International Conference on Engineering Sciences and Technologies. Košice: Technical University of Kosice, 2015, vol. 1, ISBN 978-80-553-2042-7.
- [3] Svobodová, K. - Čermák, J. - Jarský, Č.: On Modelling of chosen activities during a construction. In Safety and Durability of Buildings and Structures. Curich: Trans Tech Publications, 2015, p. 91-98. ISSN 1660-9336. ISBN 978-3-03835-617-2.

Automatizované zpracování plánu BOZP ve stavebnictví Computerised processing of safety at work agenda in construction

Ing. Pavol Gacho^{1,a}, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng^{2,b},

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29,
Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a pavol.gacho@fsv.cvut.cz, ^b jarsky@contec.cz

Klíčová slova: health and safety at work, risks database, OSH risks inspections, computer system for construction technology design

Abstrakt. Předložený příspěvek představuje návrh řešení agendy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP) pomocí počítače v přímém napojení na automatizované stavebně technologického projektování a tím na proces přípravy stavby. Dále jsou uvedeny první výsledky práce autorů dosažené v této oblasti, a to návrh registru rizik BOZP a jejich databáze, jakožto datových základů pro automatizovanou tvorbu plánu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a návrh programu pro tvorbu plánů BOZP a harmonogramů kontrol rizik BOZP i pro operativní evidenci provedených kontrol v přímé vazbě na počítačový systém stavebně technologického projektování využívající pro modelování realizace staveb metodu stavebně technologického síťového grafu.

1. ÚVOD

V současné době každá stavba musí být během své realizace řízena a spravována podle dokumentů, daných jednak zvyklostmi užívanými u dané stavební firmy, jednak požadavky investora a dále respektováním norem ISO vzhledem k vlivům stavební činnosti na životní prostředí a zejména bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Řízení a vedení staveb dle principů projektového řízení s respektováním stavebně technologických zásad by mohlo být efektivnější a rychlejší než doposud. K zprogresivnění přípravy a řízení staveb pomáhají automatizované systémy, např. [5], [7]. Pomocí programových systémů odpadá mnoho práce kolem vytváření těchto dokumentů a tím se veškerá příprava staveb výrazně urychluje a zpřesňuje.

V předloženém příspěvku je představen návrh koncepce a algoritmus řešení agendy BOZP pomocí mikropočítačů v přímém napojení na metodiku stavebně technologického projektování a tím na proces přípravy stavby. Toto řešení se může stát u stavebních dodavatelských firem součástí systému managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci podle ČSN OHSAS 18001 a celou agendu zrychlit a zjednodušit. Impulsem k této činnosti je fakt, že nikde u nás doposud není systematicky řešena problematika automatizovaného zpracování agendy BOZP pro konkrétní stavby v přímé návaznosti na základní dokumenty přípravy stavby. Dále jsou uvedeny první výsledky práce autorů dosažené v této oblasti.

2 NÁVAZNOST AGENDY BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI NA PŘÍPRAVU STAVEB

Z každodenní zkušenosti z práce na staveništi je možno konstatovat, že prakticky každý stavební proces prováděný pracovní četou je do určité míry nebezpečný z hlediska BOZP. Mnohé procesy se odehrávají ve výškách, v jiných pracovní čty pracují se stroji, které mohou neopatrně se kolem pohybujícím osobám způsobit úraz, mnohdy pracovníci nepoužívají osobní ochranné pomůcky apod. Proto je třeba, aby agenda managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci byla řešena v

přímé návaznosti na práci jednotlivých pracovních čt – tj. v technologické struktuře dílčích stavebních procesů a s přihlédnutím k normě ČSN OHSAS 18001 [6], která tuto agendu vymezuje a zastřešuje.

Ze základních dokumentů přípravy staveb zobrazuje sled stavebních prací v technologické struktuře dílčích stavebních procesů technologický rozbor, někdy nazývaný technologický normál [4]. Technologické rozborů v požadované technologické struktuře jsou při automatizovaném zpracování jedním z výstupů vypočteného stavebně technologického síťového grafu systému CONTEC, viz [2], u kterého je již k dispozici i sestavená databáze dílčích stavebních procesů s nejdůležitějšími údaji o normě času, ceně, produktivitě, nákladových a jiných zdrojích, počtu pracovníků a technologických přestávkách.

Součástí zmíněného systému se v minulých letech stala i pracovní oblast tvorby kontrolních a zkušebních plánů – plánů jakosti. Automatizované zpracování těchto dokumentů v přímé návaznosti na stavebně technologický síťový graf vytvořený v technologické struktuře dílčích stavebních procesů umožnila databáze kontrol a zkoušek vlastností produktů, které jsou vyráběny jednotlivými pracovními čtami, a specializovaný program nejen pro údržbu této databáze ale i pro vlastní tvorbu kontrolních a zkušebních plánů, harmonogramů provádění zkoušek a kontrol kvality a operativní evidenci skutečně provedených kontrol.

Podobná koncepce byla zvolena i pro řešení agendy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci pomocí počítače. Jak se ukazuje v praxi, řada stavebních procesů má stejná, nebo velmi podobná rizika BOZP. Proto je nutné nejprve sestavit tzv. registr rizik BOZP, jakožto soupis karet, na kterých budou uvedena nejdůležitější rizika, zejména název rizika, výčet ohrožených osob, následky, odpovědnost za riziko a návrh prevence a opatření k co největší eliminaci daného rizika. U každého rizika v tomto registru je dále provedeno ohodnocení pravděpodobnosti vzniku nehody a možných následků ohrožení, z nichž je vypočtena výsledná hodnota rizika.

Na základě sestaveného registru rizik BOZP byla dále sestavena databáze rizik BOZP, ve které jsou uvedeny konkrétní rizika bezpečnosti a ochrany zdraví při práci u jednotlivých dílčích stavebních procesů. Tato databáze je vytvořena podobně jako databáze kontrol pro tvorbu kontrolních a zkušebních plánů v přímé návaznosti na již výše zmíněnou databázi činností systému CONTEC, která obsahuje údaje o dílčích stavebních procesech. V databázi rizik BOZP je ke každému stavebnímu procesu připojeno několik nejdůležitějších rizik, která se u tohoto stavebního procesu mohou vyskytnout. Tato konkrétní rizika mohou (ale nemusejí) být součástí registru rizik BOZP. Do databáze je možno vkládat i rizika, která nejsou uvedena v registru. Je možno je pak z databáze do registru převést, neboť to zjednoduší zadávání dat i u dalších dílčích stavebních procesů v databázi.

Následně byl sestaven algoritmus a vyvinut program, který v návaznosti na konkrétní stavebně technologický síťový graf jakožto model postupu výstavby konkrétní stavby vytvořený v technologické struktuře dílčích stavebních procesů umožňuje dle databáze rizik BOZP automatizovaně sestavit tzv. plán bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, jakožto plán opatření k omezení rizik BOZP vztahujících se ke stavebním procesům, které jsou součástí síťového grafu. Tím byla agenda přípravy staveb doplněna o složku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, která ke každému stavebnímu procesu prováděného pracovní čtou co možná nejpodrobněji stanovuje možná rizika a opatření nutná pro jejich co nejširší omezení, případně eliminaci.

3 REGISTR RIZIK BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

Registr rizik bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je vlastně soupis rizik BOZP, které se mohou u stavebních činností vyskytovat, vyobrazeno na obr. 1, společně s vyhodnocením hodnoty rizika a návrhem prevence a opatření k co nejširšímu omezení daného rizika. Data uvedená v registru vycházejí z předešlé výzkumné činnosti na reálných stavbách ve spolupráci s českými stavebními firmami, které jsou držitelem certifikátu dle [6]. Rizika BOZP jsou v registru seřazeny dle číselného kódu, mohou být též řazena dle abecedy. U jednotlivých rizik je uvedena jejich hodnota,

vypočtená jako součin pravděpodobnosti vzniku nehody, definice dle obr. 2, a možných následků ohrožení, dle obr. 3.

Na obr. 4 je vidět karta registru jednotlivého rizika BOZP společně se všemi údaji, které se vyskytují ve větě o riziku. Číselných hodnot pravděpodobnosti vzniku nehody (četnosti) je v současné době 5, možné následky ohrožení jsou tříděny do 10 tříd.

Některá rizika z registru se mohou vyskytovat nezávisle na stavebních procesech – ty jsou označeny zatržením v položce Výskyt vždy – bez ohledu na činnost. V tomto případě je ještě možná volba, že riziko se vyskytuje po celou dobu výstavby, popř. že se jedná o riziko, které se nahlašuje před zahájením výstavby.

Registr rizik BOZP			
Soubor Třídít Upravit Tisknout Rekonstruovat O aplikaci			
Čísel. kód	Název rizika	Hodnota	Následky
0000011	Nežádoucí účinky mletého vápna a vápenného prachu při	12	Podráždění, poleptání postiženého místa nebo sliznice, ko
0000012	Pád pracovníka z plošiny, z horní části konstrukce zásobní	18	Odřeniny, pohmožděny, smrt
0000013	Zasypání, zavalení a udušení pracovníka mletým vápnem	18	Těžká poleptání dýchacích cest a plíc
0000014	Nežádoucí účinky vápenného prachu nebo vápna při aktiv	15	Poleptání sliznice a pokožky, zasažení očí, poleptání prac
0000015	Zachycení, rozdrčení ruky šnekovnicí dávkovacího šneko	10	Pohmožděny, odřeniny, zlomená končetina
0000020	Zachycení ruky mísicími lopatkami míchačky, kontakt kor	10	Zachycení ruky do lopatek, vykloubení, zlomení, odřeniny
0000030	Pád z výšky při manipulaci s bedněním a jeho částmi, při m	20	Zlomeniny, pohmožděny, vnitřní zranění, poranění vnitřn
0000031	Ztráta únosnosti a prostorové stability a tuhosti bednění a p	10	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zasažení části těla dí
0000032	Pád částí bednění odbedňovaných dílců na pracovníka	6	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zasažení části těla dí
0000033	Deformace betonové konstrukce, snížení a ztráta únosnos	10	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zavalení části konstru
0000034	Pád osoby z výšky nebo do hloubky při dopravě a ukládán	20	Pohmožděny, zlomeniny, vnitřní zranění, zranění vnitřníc
0000035	Propadnutí osoby pomocnou podlahou u betonářských prz	14	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zranění vnitřních org
00000361	Úraz el. proudem betonového vibrátoru při zhutňování beto	6	Popáleniny, zástava srdce, smrt
00000362	Úraz el. proudem - nepřímý dotyk(poškozená izolace), chyt	6	Popáleniny, zástava srdce, smrt
00000363	Styk s napětím vodivých částí při porušení izolace pohybli	6	Popáleniny, zástava srdce, smrt
0000037	Působení vibrací pomomého vibrátoru při zhutňování betor	4	Poranění ruky
0000038	Poškození vibrátoru, úraz el. proudem	1	Poranění ruky
0000040	Pád a zřícení bouraného zdiva nebo konstrukčních částí c	18	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zavalení části konstru
00000401	Rizika spojená se strukturální integritou v případě demontá	12	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zavalení části konstru
0000041	Neřízené, nekontrolovatelné, předčasné a náhlé zřícení ku	16	Odřeniny, pohmožděny, zlomeniny, zavalení části konstru
0000042	Pád materiálu, části konstrukce nebo osoby u bourání	18	Zranění hlavy, části těla, zlomeniny, pohmožděny, zraně
0000043	Propadnutí pracovníka podlahou, stropem, střechou a jinýr	12	Zranění hlavy nebo části těla, zlomeniny, pohmožděny, z
0000044	Propadnutí pracovníka podlahou, stropem, střechou a jinýr	12	Zranění hlavy nebo části těla, zlomeniny, pohmožděny, z
0000045	Právnost u bourání	12	Podráždění dýchacích cest, udušení
0000046	Pád (ne)úmyslně shazovaných předmětů z výšky	18	Zranění hlavy, části těla, zlomeniny, pohmožděny
0000060	Úder do ruky při nežádoucím kontaktu ručního nářadí (nap	12	Přímáčknutí, otlaky, zhmožděny, podlitiny, zlomenina ruku
0000061	Zranění úderem a pádem ručního nářadí působící kinetick	6	Zasažení části těla, bodné, řezné rány
0000062	Zasažení oka odlétnuvší střepinou, drobnou částicí, úlomk	16	Zranění oka

Obr. 1: Registr rizik BOZP

Pravděpodobnost vzniku nehody - četnost:

2 - málo pravděpodobný, ale možný (1 z 10 000)

1 - nepravděpodobný

2 - málo pravděpodobný, ale možný (1 z 10 000)

3 - příležitostný (1 z 1000)

4 - pravděpodobný (1 ze 100)

5 - častý až trvalý (1 z 10)

obr 2: definice parametru:

Pravděpodobnost vzniku nehody

Možné následky ohrožení:

3 - úraz bez hospitalizace těžší

1 - ohrožení zdraví bez prac. neschopnosti

2 - úraz bez hospitalizace lehký

3 - úraz bez hospitalizace těžší

4 - úraz s hospitalizací lehký

5 - úraz s hospitalizací střední

6 - úraz s hospitalizací těžší

7 - úraz s trvalými následky lehkými

8 - úraz s trvalými následky středními

9 - úraz s trvalými následky těžkými

10 - smrtelný úraz

obr 3: definice parametru:

Možné následky ohrožení

Karta registru rizik BOZP Přepis

Kód rizika:

Název rizika:

Ohrožení:

Následky:

Opatření:

Odpovědnost:

Předpis:

Doklad:

Kontrola:

☐ Výskyt: vždy - bez ohledu na činnost

Pravděpodobnost vzniku nehody - četnost:

Možné následky ohrožení:

Výsledná hodnota rizika: 6 - malé - možno přijmout

Obr. 4: Karta registru rizik bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

4 DATABÁZE RIZIK BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

V databázi rizik BOZP jsou již jednotlivá rizika včetně jejich vlastností a ohodnocení výslednou hodnotou přiřazena dílčím stavebním procesům z databáze činností systému CONTEC. Databáze se v prvním stadiu vytvoří s prázdnými větami pro všechny dílčí stavební procesy z databáze činností. Samozřejmě, každý stavební proces může mít více rizik BOZP, proto jedné větě z databáze činností může odpovídat více vět databáze rizik BOZP. Při každé úpravě nebo aktualizaci se po potvrzení připojené databáze činností provede zkontrolování úplnosti databáze rizik BOZP. Při této kontrole se doplňuje prostor pro rizika BOZP případných nových procesů z databáze činností a rizika procesů, které se již v databázi činností nevyskytují, se automaticky vypouštějí. O případném doplnění databáze systém uživatele informuje. Ke každému stavebnímu procesu z databáze činností je možno určit více rizik BOZP.

Skladbu věty databáze rizik BOZP je vidět v obr. 5. Z obrázků 4 a 5 je vidět úzkou návaznost dat registru a databáze rizik BOZP. Nejdůležitějšími údaji jsou kód a název rizika, ohrožení, následky, údaje o odpovědné osobě za riziko, údaje o předpisech pro řešení rizika a údaje o kontrole a její četnosti a návrhu opatření.

Věta databáze rizik BOZP zahrnuje data o vyhodnocení výsledné hodnoty rizika, viz obr. 5. Databáze je ještě doplněna údaji pro výpočet termínu první evidence či kontroly působení rizika BOZP u příslušné stavební činnosti a pro výpočet počtu kontrol jeho působení v průběhu stavebního procesu.

Pokud si uživatel vytvoří přímo v databázi údaje o riziku BOZP, který ještě v registru BOZP není, je možno jej do registru automatizovaně vložit.

Věta databáze rizik BOZP

Číselný klíč: 1703 Zkratka: KOZE3 Přepis
Měrná jednotka: M3 Název činnosti: NÁSYPY ZHUTNĚNÉ

Kód rizika: 0A00230
Název rizika: Zranění osob u hutnění a hutnicími stroji

Ohrožení: Pracovník

Následky: Naražení části těla, zlomeniny a pohmožděliny končetin, vnitřní zranění

Opatření: Při startování se ujistit, zda se nemůže dát válec samovolně do pohybu. Při práci ve svahu ovládat válec tak, aby obsluha byla stále nad válcem. Vést válec ze strany (aby nedošlo k přitlačení obsluhy mezi oj a překážku). Správný postoj a uchopení při startování klikou. Roztáčecí kliku zavést do roztáčecí objímky resp. roztáčecích ozubů, držet stále rukojeť pevně sevřenou. Dodržovat zákaz sedat za jízdy válce na řídicí rameno. Při zhutňování nerovného terénu a hrubého materiálu, při přejíždění nerovností, obrubníků apod. zvýšená opatrnost, zaujmout pevný postoj a zpomalit rychlost. Dodržování bezpečné vzdálenosti od okrajů svahů a výkopů a příčného i podélného dovoleného sklonu. Nesjíždět ze svahu bez zafixování rychlosti a nepřefazovat. Dodržovat návod k obsluze, požívat OOPP. Nedoplňovat pohonné hmoty za chodu stroje a s chladným motorem.

Odpovědnost: Pracovník, vedoucí pracovník Předpis: 591/2006, 101/2005, 262/2006
Doklad: Školení na pracovišti Kontrola: 1 x měsíčně
Pravděpodobnost vzniku nehody - četnost: 2 - málo pravděpodobný, ale možný (1 z 10 000) Možné následky ohrožení: 9 - úraz s trvalými následky těžkými

Výsledná hodnota rizika: 18 - možné - zvýšit pozornost

OK Storno

Obr. 5 Věta databáze rizik bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

5 PROGRAM PRO TVORBU PLÁNU BOZP

Program pro tvorbu plánu BOZP jakožto plánu opatření k omezení rizik BOZP vztahujících se ke stavebním procesům, které jsou součástí stavebně technologického síťového grafu – modelu postupu výstavby, pracuje podobně jako program pro tvorbu kontrolních a zkušebních plánů nebo environmentálních plánů které jsou součástí systému CONTEC. Jeho výstupem je vlastní plán BOZP, dále harmonogram plánovaných a provedených kontrol rizik BOZP i operativní evidence provedených kontrol zmíněných rizik. Jeho algoritmus je vytvořen tak, aby vyhovoval potřebám praxe a respektoval přitom nejen ČSN OHSAS 18001 [6], ale i poznatky získané z české i zahraniční literatury, např. [9], [10], [11].

Na základě zpracovaného modelu postupu realizace výstavby je možno prakticky okamžitě automatizovaně vytvořit i plán BOZP pro prevenci a eliminaci rizik bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle ČSN OHSAS 18000 [6]. Tento dokument obsahuje nejen soupis stavebních činností a názvy rizik BOZP, ale i ohrožení, následky, nutná opatření, odpovědného pracovníka, zákon, podle něhož se událost řeší, četnost kontrol zmíněných rizik, pravděpodobnost rizika, možné následky ohrožení a výslednou hodnotu rizika. i počet a termíny prováděných kontrol a další důležité údaje.

Princip automatizované tvorby plánů BOZP spočívá v postupném výběru rizik BOZP příslušných stavebních procesů, které jsou obsaženy v technologickém rozboru a síťovém grafu, z databáze rizik BOZP, výpočet termínů a počtu jejich kontrol v průběhu stavebního procesu a sestavení souboru plánu BOZP. Kontroly bezpečnostních rizik procesů, které nejsou obsaženy v databázi, avšak jsou součástí síťového grafu, je možno zadat interaktivně přes klávesnici vyplněním formuláře o kontrole rizika BOZP, viz obr. 6, kde je uvedena věta plánu BOZP týkající pádu osob do výkopu.

Věta plánu BOZP			
Index činnosti:	101	Klíč databáze:	1100
Měrná jednotka:	M2	Zkratka názvu:	PRIP0
Objem:	0,02 m. j.	Název činnosti:	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE
Cena:	0,00 tisíc Kč	Upřesnění názvu:	Sporka
		Možný začátek:	11.09.15
		Možný konec:	13.09.15
		Přípustný začátek:	11.09.15
		Přípustný konec:	13.09.15
Kód rizika:	0000155	Název rizika:	Úraz el. proudem v případě nebezpečného dotyku s el. zařízením (venkovním el. vedením nn)
Základní údaje Evidence kontrol			
Ohrožení:	Pracovník		
Následky:	Poranění el. proudem, popáleniny		
Opatření:	Před prováděním prací na střeších učinit opatření proti dotyku nebo přiblížení k částem s nebezpečným napětím - elektrických venkovních vedení u střešy nebo nad střešou (ve smyslu požadavků příslušné ČSN)		
Odpovědní:	Pracovník, vedoucí pracovník	Předpis:	50/1978, 101/2005
Doklad:	Školení na pracovišti	Kontrola:	před práci na střeše
	Pravděpodobnost vzniku nehody - četnost:		Možné následky ohrožení:
	2 - málo pravděpodobný, ale možný (1 z 10 000)		8 - úraz s trvalými následky středními
Výsledná hodnota rizika: 4,8 - riziko možno přijmout			
Možný termín první kontroly:	11.09.15	Počet plánovaných kontrol:	1
Přípustný termín první kontroly:	11.09.15	Počet provedených kontrol:	0
Doba činnosti:	1	Dodavatel:	
		  	

Obr. 6 Věta plánu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

Je samozřejmě žádoucí, aby uživatel zkontroloval prvotní automaticky vytvořený dokument a popřípadě vyřadil kontroly rizik, které se při výstavbě daného objektu nevyskytují. Při hromadném vypouštění je možno dát příkaz k vypuštění všech kontrol, které obsahují v názvu rizika zadaný řetězec, popř. k vypuštění všech nenaplněných rizik BOZP. Tím se všechny irelevantní kontroly rizik BOZP vypustí velmi rychle.

Listování automatizovaně vytvořeným plánem BOZP podle síťového grafu je znázorněno na obr. 7. Právě sledovaná kontrola je v listování zvýrazněna. Šedivě jsou vypsány rizika BOZP činností s nulovou dobou. Pokud již byla provedena evidence některých kontrol, na světle modrém pozadí jsou rizika, u kterých jsou již všechny kontroly provedeny a zaevidovány, na červeném pozadí jsou rizika, u kterých má poslední provedená evidovaná kontrola nevyhovující výsledek, na žlutém pozadí jsou rizika, u kterých jsou již některé kontroly zaevidovány, přičemž poslední provedená kontrola byla úspěšná.

Plán BOZP akce č. 1HOR0000 Hořovice, Červený potok, protipov. ochrana						
Soubor Upravit Prohlížet Tisknout Rekonstruovat Aplikace						
Harmonogram kontrol BOZP						
Index	Název činnosti	Upřesnění	Doba	Počet	Hodnota	Název rizika
1	PŘED ZAČÁTKEM STAVBY	Před začátkem	1	1	0.2	Nahlášení na OIP
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	3.0	Propíchnutí, pořežení chodidla např. hřebíky a jinými ostrými předměty
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	3.6	Pád, vyklouznutí nářadí (části) nebo stavebního materiálu
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	1.2	Zranění u nevhodné manipulace s materiálem
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	4.0	Pád, pád do hloubky, naražení, zachycení různých částí
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	3.6	Pád (uklouznutí) v/vně objektu, při vystupování/sestupování
2	VŠECHNY ČINNOSTI	Všechny objekty	51	255	3.6	Propadnutí nebezpečnými otvory - mezerami v podlahách
151	ODSTR. SILNIČ. KONSTRUKCÍ	SO01.1 Úp.koryta	3	15	3.0	Uklouznutí při chůzi po terénu, blátivých zasněžených a t.
151	ODSTR. SILNIČ. KONSTRUKCÍ	SO01.1 Úp.koryta	3	1	1.6	Prochlazení pracovníka v zimním období při práci na ve
151	ODSTR. SILNIČ. KONSTRUKCÍ	SO01.1 Úp.koryta	3	1	1.2	Zranění úderem a pádem ručního nářadí působící kinet
151	ODSTR. SILNIČ. KONSTRUKCÍ	SO01.1 Úp.koryta	3	15	3.2	Zasažení oka odletnou částí střešní, drobnou částí, úlom
201	ODKOPÁVKY A PROKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	1	5	4.0	Zavalení pracovníků ve výkopech sesutou zeminou neza
201	ODKOPÁVKY A PROKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	1	1	4.0	Zasažení el. proudem při narušení a poškození el. kabelč
201	ODKOPÁVKY A PROKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	1	1	3.6	Narušení a poškození plynových potrubí
201	ODKOPÁVKY A PROKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	1	1	1.2	Zranění úderem a pádem ručního nářadí působící kinet
301	HLOUBENÉ VÝKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	3	15	3.6	Pád osob do výkopu z okrajů stěn výkopu v zastavěném
301	HLOUBENÉ VÝKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	3	15	4.0	Působení vody na bezpečnost výkopu
301	HLOUBENÉ VÝKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	3	3	3.2	Sjetí, převrácení vozidla do výkopu
301	HLOUBENÉ VÝKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	3	15	4.0	Zavalení pracovníků ve výkopech sesutou zeminou neza
301	HLOUBENÉ VÝKOPÁVKY	SO01.1 Úp.koryta	3	1	1.2	Zranění úderem a pádem ručního nářadí působící kinet
601	PŘEMÍSTĚNÍ VÝKOPU	SO01.1 Úp.koryta	5	1	4.0	Převrácení rýpadla při zvedání a přemísťování zavěšený
601	PŘEMÍSTĚNÍ VÝKOPU	SO01.1 Úp.koryta	5	5	3.6	Přiražení, přiláčení, přejetí osoby vozidlem či pojezdovým s
752	PAŽENÍ	SO01.1 Úp.koryta	4	1	3.6	Deformace, zřícení systémového pažení nebo jeho částí
752	PAŽENÍ	SO01.1 Úp.koryta	4	20	4.0	Zavalení pracovníků ve výkopech sesutou zeminou neza
752	PAŽENÍ	SO01.1 Úp.koryta	4	20	3.6	Pád osob do výkopu z okrajů stěn výkopu v zastavěném
801	ÚPRAVY PLÁNĚ VYROVNÁNÍM	SO01.1 Úp.koryta	0	0	3.6	Převrácení, ztráta stability, mimo komunikaci, náraz, přev
801	ÚPRAVY PLÁNĚ VYROVNÁNÍM	SO01.1 Úp.koryta	0	0	3.6	Dopravní nehody
851	ČERPÁNÍ VODY	SO01.1 Úp.koryta	16	10	4.0	Působení vody na bezpečnost výkopu
851	ČERPÁNÍ VODY	SO01.1 Úp.koryta	16	1	4.0	Zranění elektrickým proudem

Obr. 7 Listování vytvořeným plánem BOZP

Vytvořený plán BOZP obsahuje návrh kontrol rizik BOZP i u činností, které jsou obsaženy v síťovém grafu, ale mají nulový objem, nulovou cenu a tudíž i nulovou dobu. Kontroly těchto rizik však pochopitelně nejsou součástí výstupních sestav. Výpis části plánu BOZP na obrazovce je na obr. 9. Červeně jsou zobrazeny kontroly rizik BOZP kritických činností, zeleně kontroly rizik u činností s časovou rezervou. V takovémto výpisu jsou uvedeny již kontroly rizik BOZP pouze těch činností, které mají nenulové trvání a skutečně se při stavbě vyskytují. Je možno volit, zda budou zobrazeny kontroly a jejich četnost, ohrožení, následky či nutná opatření k prevenci rizik.

V průběhu výstavby jsou všechny dokumenty stavebně technologického projektu velmi snadno aktualizovatelné podle skutečně dosažené úrovně dokončení částí stavebního díla. Při zpoždění je možné automatizovaně vypočítat opatření, které je třeba zavést, aby původní termín ukončení realizace stavby byl dodržen. Dle aktualizace termínů procesů ze síťového grafu se současně automaticky aktualizují i termíny příslušných kontrol v plánu BOZP.

6 OPERATIVNÍ EVIDENCE A ČASOVÝ PLÁN KONTROL RIZIK BOZP

V programu pro tvorbu plánů BOZP je také možno provádět evidenci kontrol rizik BOZP. Ta se zadává v editačním formuláři, viz obr. 9, na záložce Evidence kontrol. V hlavním poli této záložky je uveden přehled již evidovaných kontrol, které byly k příslušnému riziku BOZP již provedeny. Je vypsáno číslo kontroly, její termín, zkrácený popis, výsledek a pracovník, který výsledek kontroly převzal. Na bílém pozadí jsou zobrazeny kontroly, jejichž výsledek je vyhovující, na žlutém jsou ty, které vyhověly částečně, na červeném jsou kontroly s nevyhovujícím výsledkem. Vlastní evidence kontroly se zadává ve formuláři, který nabízí expertním způsobem vytvořené znění údajů o provedené kontrole, přičemž uživatel může provádět jakékoli úpravy. Číslo dokladu je implicitně odvozeno z indexu činnosti, čísla pořadí rizika BOZP u činnosti a čísla kontroly příslušného rizika.

Plán BOZP akce 0AD40S09 Banka						X
Třídít dle						
↖ ↗ ↕ ↘ ↙ ↔ ? < > ☎ 📅 Výstavba trvá od: 11.9.15 do: 14.2.16 Cena stavby činí: 5,00 tisíc Kč X Storno						
Index Etapa	Název činnosti Dodavatel	Riziko BOZP	Předpis Četnost	Hodnota Počet	Možný tm. Přípustný	
301 0 Sporka	HLOUBENÉ VYKOPÁVKY	Zranění úderem a pádem ručního náradí působící	Ikolení na pracovišti 1 x měsíčně	1,8 1	11.9.15 13.9.15	
501 0 Sporka	PAJENÍ	Deformace, zařícení systémového palení nebo jeho	Ikolení na pracovišti před vstupem do vý	5,4 1	14.9.15 20.9.15	
501 0 Sporka	PAJENÍ	Zavalení pracovníků ve výkopech sesutou zeminou	Ikolení na pracovišti kontinuální	6,0 6	14.9.15 20.9.15	
501 0 Sporka	PAJENÍ	Pád osob do výkopu z okrajů stěn výkopu v zastavěném	Ikolení na pracovišti 1 x denně	5,4 6	14.9.15 20.9.15	
601 0 Sporka	PŘEMÍSTĚNÍ VÝKOPKU	Převrácení rýpadla při zvedání a přemisování zavřených	před manipulací	6,0 1	11.9.15 4.10.15	
601 0 Sporka	PŘEMÍSTĚNÍ VÝKOPKU	Přirazení, přitlačení, přejetí osoby vozidlem či pojízdným	Seznámení s podmínkami 1 x týdně	5,4 1	11.9.15 4.10.15	
701 0 Sporka	NÁSYPY A SKLÁDKY			0,3 1	11.9.15 4.10.15	
802 0 Sporka	POLITÁŘ ZÁKLADŮ	Zranění osob u hutnění a hutnicími stroji	Ikolení na pracovišti 1 x měsíčně	5,4 1	21.9.15 4.10.15	
802 0 Sporka	POLITÁŘ ZÁKLADŮ	Pád po uklouznutí pracovníka při dopravě materiálu kolečkem,	Ikolení na pracovišti 1 x měsíčně	2,7 1	21.9.15 4.10.15	
802 0 Sporka	POLITÁŘ ZÁKLADŮ	Zranění úderem a pádem ručního náradí působící	Ikolení na pracovišti 1 x měsíčně	1,8 1	21.9.15 4.10.15	
802 0 Sporka	POLITÁŘ ZÁKLADŮ	Uklouznutí při chůzi po terénu, blátivých zasněžených a	Ikolení na pracovišti 1 x denně	4,5 6	21.9.15 4.10.15	
802 0 Sporka	POLITÁŘ ZÁKLADŮ	Sesuv svahových výkopů	Ikolení na pracovišti kontinuální	6,0 6	21.9.15 4.10.15	

Obr. 8: Výpis části plánu BOZP na obrazovce

Popis kontroly je odvozen od názvu rizika a předpisů, podle kterých se kontrola má provádět. Automatizovaně vytvořené vyjádření investora je Bez připomínek, výsledek kontroly Vyhovuje. Pokud jsou tyto údaje v pořádku, uživatel pouze vyplní jméno pracovníka, který kontrolu provedl, prověřil a převzal (zástupce investora či koordinátora BOZP). Stisknutím tlačítka OK a tisk dokladu se zadaná evidence zkontroluje, řádně se uloží a vytiskne se doklad o kontrole. Po vytištění tohoto dokladu se automaticky zablokuje vytištěná evidence kontroly, takže ji potom již nelze upravovat nebo vypouštět. Zablokování evidence kontroly rizika BOZP je možno odblokovat pouze po zadání zvláštního hesla.

Při tvorbě plánu BOZP se automaticky vypočítávají podle modelu postupu výstavby a četnosti kontrol rizik i plánované termíny kontrol rizik BOZP. Systém registruje i evidované kontroly v čase. Lze tak vykreslovat časový plán a průběh evidovaných kontrol, které jsou barevně odlišeny. Plánovaný popř. aktualizovaný průběh činnosti je podkreslen obdélníkovými úsečkami. Plánované kontroly rizik BOZP kritických činností jsou vyznačeny silnějšími svislými čárkami červeně, zeleně jsou zobrazeny plánované kontroly u činností s časovou rezervou. Evidované kontroly, které vyhověly, jsou zobrazeny zeleně, nevyhovující kontroly jsou zobrazeny červeně. Pokud proběhly již všechny požadované kontroly a poslední kontrola má vyhovující výsledek, jsou veškeré evidované kontroly zobrazeny světle modře. Časový plán kontrol rizik BOZP je možno nejen prohlížet na obrazovce, viz obr. 9, ale i tisknout na tiskárně či kreslit na plotteru.

Index Dodav.	Název činnosti	Název rizika BOZP	Plán Evid.	2015												2016															
				11 13	14 20	21 27	29 4	5 11	12 18	19 25	26 1	2 8	9 15	16 22	23 29	30 6	7 13	14 20	21 27	28 3	4 10	11 17	18 24	25 31	1 7	2 8	15 14	22 21	23 2		
Před začátkem																															
1	PŘED ZAČÁTKEM STAVBY	Nahlášení na OIP	1																												
REGBOZ	Před začátkem		0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Propichnutí, poezání chodidla	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	nape, heebiky a jinými	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Pád, vyklouznutí náadi(i) částí)	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	nebo stavebního materiálu; volní	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Zranění u nevhodné manipulace s	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	materiálem	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Pád, pád do hloubky, naražení,	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	zachycení různých částí těla po	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Pád(uklouznutí) vlní objektu, při	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	vystupování/sestupování ze	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Propadnutí nebezpečnými otvory -	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	mezerami v podlahách a stínách	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Úrazy následkem zasažení	6																												
REGBOZ	Všechny objekty	pracovníku el. proudem při běžné	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Dotyk osob s živými částmi tj.	6																												
REGBOZ	Všechny objekty	přímý dotyk	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Úraz el proudem - nešetné vytřzení	23																												
REGBOZ	Všechny objekty	přívodní šoury, porušení izolace	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Nemožnost rychlého vypnutí el.	138																												
REGBOZ	Všechny objekty	proudu v palpadí nebezpečí	0																												
2	VŠECHNY EINNOSTI	Zasažení bleskem	6																												
REGBOZ	Všechny objekty		0																												
Sporka																															
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Úder do ruky při nežádoucím	1																												
Sporka		kontaktu ručního náadi (nape.	0																												
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Pád po uklouznutí pracovníka při	1																												
Sporka		dopravě materiálu kolečkem, sjetí	0																												
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Úraz el. proudem v palpadí	1																												
Sporka		nebezpečného dotyku s el.	0																												
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Pád osoby u při výstupu a sestupu	1																												
Sporka		na zvýšená místa práce	0																												
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Zranění při používání ruční	1																												
Sporka		mechanizace a náadi	0																												
101	PŘÍPRAVNÉ A PŘÍDR PRÁCE	Svačování elektrickým obloukem a	1																												
Sporka		plamenem v uzavřených	0																												

Obr. 9: Výpis části časového plánu kontrol rizik BOZP na obrazovce

7 ZÁVĚR

Předložený příspěvek představuje návrh algoritmu řešení agendy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci pomocí mikropočítačů v přímém napojení na metodiku stavebně technologického projektování a tím na proces přípravy stavby. Toto řešení se může stát u stavebních dodavatelských firem součástí systému pro řízení bezpečnosti a ochrany zdraví a celou agendu zrychlit a zjednodušit. Dále jsou uvedeny výsledky práce autorů dosažené v této oblasti, a to návrh registru rizik BOZP a jejich databáze, jakožto datových základů pro automatizovanou tvorbu plánů BOZP. Dále jsou zmíněny i základní principy funkce pro vytvoření programu pro počítačovou tvorbu plánů bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, harmonogramů kontrol rizik BOZP i operativní evidence provedených kontrol, který byl v poslední době vytvořen a začíná se užívat v praxi i ve výuce předmětu Technologie staveb. Popsané programy mohou ulehčit práci jednak projektantům, avšak jsou koncipovány převážně pro využití u investorů (zadavatelů staveb) a zhotovitelů staveb, neboť pojímá plán BOZP jako nedílnou součást stavebně technologického projektu, jakožto část přípravy stavby jak investora, tak i zhotovitele.

Tato problematika zatím u nás ani ve světě nebyla řešena v přímé návaznosti na přípravu staveb, a proto lze očekávat značný význam i zájem o využití výsledných programových produktů zejména u projektantů a zhotovitelů staveb.

8 LITERATURA

- [1] GAŠPARÍK J.: Manažerstvo kvality v stavebnictvě, Vydavatelstvo Jaga Group Bratislava 1999, ISBN 80-88905-13-3
- [2] JARSKÝ Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb, CONTEC Kralupy n. Vlt, 2000
- [3] JARSKÝ Č.: Ke kontrole a zajištění kvality stavební produkce při realizaci staveb, Jakost 98 - sborník přednášek 7. mezinárodní konference 2. - 6. 6. 1998 Ostrava, DTO Ostrava 1998
- [4] JARSKÝ Č., MUSIL F., SVOBODA P., LÍZAL P., MOTYČKA V., ČERNÝ J.: Příprava a realizace staveb, Akademické nakladatelství CERM s. r. o. Brno 2003
- [5] JARSKÝ Č.: K počítačovému modelování realizace výstavby pro investory a dodavatele, In: Časopis Stavebnictví, roč. II, číslo 08/2008, EXPO DATA s. r. o. Brno, str. 74 – 77, ISSN 1802-2030
- [6] KOLEKTIV: Norma ČSN OHSAS 18001, ČSN 2008
- [7] KOZLOVSKÁ M., MESÁROŠ F., ČEPELOVÁ A.: Ako úspešne riadiť malú stavebnú firmu, Eurostav spol. s r. o. Bratislava, 2003
- [8] MAKÝŠ P.: Metodika tvorby časového plánu výstavby pri zohľadnení vplyvu pracovného prostredia, sborník přednášek 11. sekce VII. vědecké konference s medzinárodnou účasťou pri príležitosti 25. výročia založenia Stavebnej fakulty a 50. výročia založenia Technickej univerzity v Košiciach, SvF TU Košice 2002
- [9] MACCOLLUM D. V.: Construction Safety Engineering Principles, McGraw-Hill, 2008, ISBN: 0-07-148244-X
- [10] NFPA 101 - Life Safety Code, 2009 Edition, NFPA 2009
- [11] PATER J., SLÁČAL J., SKLENÁŘ V.: BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci na staveništi, Z+i ČKAIT č. 4/2009

Využití recyklovaných materiálů ve stavebnictví

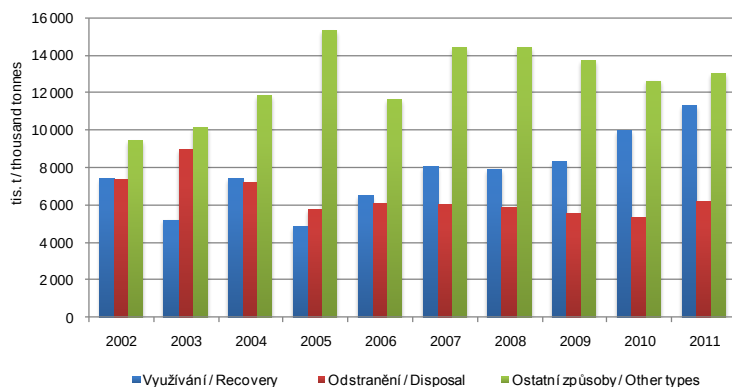
Ing. Eva Hlavová Gazdová^{1,a}, prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., FEng^{2,b},

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a gazdova@fsv.cvut.cz, ^b jarsky@contec.cz

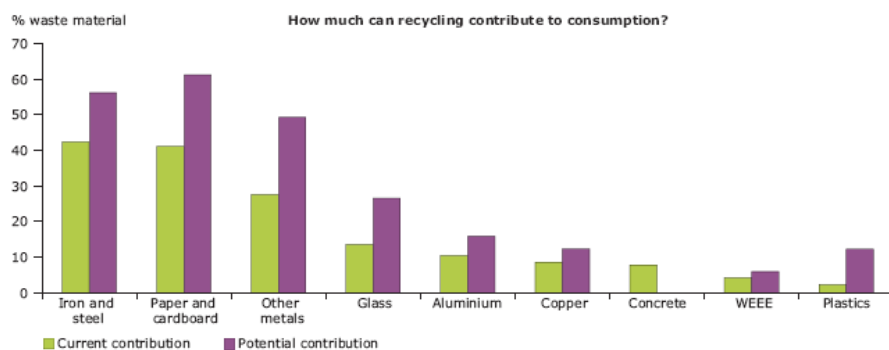
Klíčová slova: Recyklované materiály, mezerovitý beton, drenážní vrstvy

Abstrakt. Stavební a demoliční odpady představují významný zdroj druhotných surovin, a právě toto téma, které je stále potřeba rozvíjet v souvislosti s novými možnostmi využití recyklovaných materiálů pro další stavební činnosti a výroby. V současné době je produkce různých odpadů velmi vysoká a navzdory stále připomínané problematice odpadového hospodářství se nezdá být znovuvyužití materiálů dostatečné. Vzhledem k objemu produkce odpadů ze stavební činnosti je vhodné použití recyklovaných materiálů právě z těchto odpadů podporovat a nalézat nová využití.



Způsob nakládání s odpady v ČR
[zdroj: csú.cz]

Základní druhy recyklátů a možnosti jejich využití



Notes: The calculation of EU consumption is described in detail in ETC/SCP, 2011. The reference year for concrete is 2004.
(*) The current and potential contribution figures are both based on the infrastructure available in 2006. Future changes in collection rates, improved recycling structures and market conditions could significantly influence the potential contribution figures.

Podíl znovuvyžitých materiálů dle druhu v EU 2008
[zdroj: Eurostat data centre on waste]

Cihelný recyklát se u většiny drticích linek získává zrnitostí do cca 80 mm a to nejméně ve třech frakcích 0-16 mm, 16- 32 mm a 32-80 mm, přičemž producenti tohoto materiálu jsou schopni

vytřídit i jiné požadované frakce. Tento recyklát nabízí podstatně širší možnosti využití než je doposud všeobecně známo.

Výroba cihlobetonu. Cihlobeton je možno používat jako výplňové zdivo ve skupině monolitických konstrukcí, dále pro výrobu prefabrikovaných prvků k přípravě vibrolisovaných tvárnic nebo stěnových prvků, jejichž slisování by předem eliminovalo možné dotvarování konstrukce pod zatížením vzhledem k nižší hodnotě statického modulu. Výroba stavebních směsí jako plniva malt pro zdění s využitím frakcí drobných, tedy do 4 mm, a vzdušným či hydraulickým vápnem. Tyto malty jsou výhodnější svým vyšším tepelným odporem než malty s přírodním kamenivem. Dále je možno používat jako pojiva i cement nebo kombinace pro vápenocementové malty. Podle přídatku pojiva se může dosáhnout různých pevností malt od 1 do 10 MPa. Využití ve stabilizovaných podkladech a nestmelených vrstvách vozovek [4].

V poslední době byla také zkoušena výroba nepálených lisovaných cihel rozměrů 300x150x100 mm ze směsi cihelného recyklátu frakce 0-16 mm a hlíny s 10 % příměsí cementu i bez příměsí cementu. Dosahované pevnosti v tlaku po 14 dnech sušení jsou závislé na kvalitě hlíny a dosahovaly až 8 MPa.

Plnivo do betonů. Na základě dosud provedených výzkumných prací a dosažených laboratorních a poloprovozních výsledků je možno konstatovat, že obsah drceného betonu nepříznivě ovlivňuje konzistenci betonové směsi a pro zachování její potřebné konzistence je nutné zvýšit dávku záměsové vody a pevnosti betonu v tlaku jsou ovlivněny použitým recyklátem. Dá se shrnout, že se snižuje objemová hmotnost zatvrdlého betonu a pevnost v tlaku se snižuje o 10-15 %. Také modul pružnosti je nižší o 15-20 %, zvyšuje se součinitel dotvarování až o 50 % a zvyšuje se smršťování a to o 20-40 %.

Využití betonového recyklátu do živičných směsí pro výstavbu a opravy živičných vozovek za předpokladu dodržení receptur a pracovních postupů předepsaných příslušnými normami, jako např. ČSN 73 6121 - "Hutněné asfaltové vrstvy".

Ukazuje se, že s použitím recyklátu do betonových směsí jsou v mnoha zemích nedostatečné zkušenosti. Tak např. v Holandsku je náhrada 50% kameniva recyklátem zcela běžná, v Itálii jsou naproti tomu zkušenosti minimální. Navrhuje se použití 5% recyklátu bez dalších zkoušek. Pro náhrady přesahující 5% se připravují pravidla. Předpokládá se použití drceného betonu jako recyklátu známého původu (nejlépe z vlastní výroby). U větších náhrad než 5% je třeba podrobit beton zkouškám podobně jako při změně vstupních surovin.

Úprava recyklovaného asfaltu je národohospodářským úkolem pro zachování našich přírodních zdrojů. Stejná důležitost je přikládána zachování výhodných cen balených směsí cíleným použitím recyklovaného materiálu.

Bylo prokázáno, že asfaltové recykláty jsou velmi vhodné zejména pro technologie za studena za použití emulzí, případně v kombinaci s cementem, kdy dochází k obalení ekologicky závadných částic a tím ke snížení možnosti znehodnocení odpadních vod a blízkého okolí. Nejvhodnější využití asfaltového recyklátu za studena je bez přidání nového pojiva k recyklátu s použitím pro málo zatížené vozovky, pro spodní podkladní vrstvy a pro zpevnění šterkopískových podsypných vrstev nebo s přidáním hydraulického pojiva (cementu, popř. vápna či strusky) pro provedení nové stmelené podkladní vrstvy. Nebo přidáním emulze k recyklovanému materiálu, vhodné zejména tam, kde staré úpravy obsahují dehtové pojivo a možností je také kombinovaný způsob, kdy k recyklovanému materiálu se přidává emulze i cement, což je vlastně zlepšení předchozího způsobu a firma prokázala, že tento způsob dosáhl nejlepších výsledků a že vlastnosti těchto směsí je prokazatelně možné srovnat se směsmi typu OK (obalované kamenivo) zpracovávány za horka

Zdroj recyklátu	rok	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	skupina odpadu	(kt)	(kt)	(kt)	(kt)	(kt)	(kt)	(kt)
beton, cihly, tašky a keramika	17 01 xx	2 423	2 705	2 789	2 997	2 781	3 648	2 822
asfaltové směsi bez nebezpečných vlastností	17 03 02	475	516	508	632	575	728	740
zemina a kamenivo bez nebezpečných vlastností	17 05 xx	803	1 464	1 136	914	1 383	1 753	2 513
Celkem		3 702	4 686	4 433	4 543	4 739	6 129	6 075

Tabulka zdrojů recyklátu
[Zdroj: MŽP ČR]

Výrobky z recyklovaných plastů

Na trhu se v dnešní době vyskytují firmy, které se zabývají zpracováním a recyklací plastových odpadů z komunálních i průmyslových zdrojů, např. kabelové PVC.

Mezi hlavní zástupce výrobků patří podlahové krytiny, podstavce pro dopravní značení, obrubníky, vodičí prahy, zpomalovací prahy, kabelové mosty, kabelové chráničky a zákrytové desky, ale také recyklovaný polystyren nebo parkové lavičky z recyklovaného plastu. Podlahové desky fungují jako výborná tepelná izolace, vynikají vysokou protiskluzností, chemickou stálostí, nesnadnou hořlavostí, snadnou údržbou, rychlou montáží a demontáží. Příklady použití: zemědělství, kynologie, výrobní a skladovací haly, hokejové a fotbalové stadiony, výstavní areály atd.

Všechny výrobky z oblasti komponentů pro dopravní značení jsou navrženy k zajištění Vašeho maximálního bezpečí v silničním provozu.

V této kategorii naleznete: podstavce pod dopravní značky, patníky, zpomalovací prahy, vodičí prahy, obrubníky, carstopy atd. To vše v různých barevných provedeních.

Výrobky navržené pro ochranu vodičů elektrické energie, plynu a vody jak v na povrchu, tak pod zemí. Výhodou těchto výrobků je vysoká tuhost, chemická stálost, nesnadná hořlavost, snadná údržba, rychlá montáž a demontáž. Výrobky mají příslušenství v podobně různých zataček a křížovatek. [5]

Zatravnovací dlažba z recyklovaného plastu o tloušťce 40–60 mm, která minimalizuje před pokládáním nutné zemní práce o nízká hmotnosti. Ta snižuje náklady na dopravu, pracnost i fyzickou zátěž při vlastní pokládce. Dlažba nenavhlá, proto v létě neodebírání zeleni tolik potřebnou vláhu a zatravněné plochy jsou opravdu zelené. V zimě pak nepřemrzá, ani nepraská. Snadná opracovatelnost umožňuje přesně vytvářet i náročné okrajové tvary, např. kolem kanalizačních šachet, uzávěrů vody, sloupů veřejného osvětlení apod.

Plastové plotovky jsou vyráběny v tradičních tvarech jako masivní profily s přitažlivým vzhledem. Probarvení přímo ve hmotě má mimořádnou odolnost proti povětrnosti a proto se i po létech vzhled profilů zásadně nemění. Využití profilů při výstavbě plotů je po všech stránkách velice výhodné nehnijí, nekorodují, jsou nenasákavé, barevně stálé a nevyžadují proto žádnou údržbu. Profily lze snadno řezat, vrtat a dále upravovat podle potřeby nástroji na kov nebo na dřevo a místa po opracování není zapotřebí díky způsobu probarvení povrchově upravovat.

Bednicí vložky jsou navrženy ze směsného recyklovaného plastu. Osová vzdálenost žebířů zajišťující vylehčení při splnění všech normových kritérií týkajících se optimalizace vyztužení je 300x300 mm. Celková velikost desek vychází z výrobních, transportních a manipulačních podmínek: 1200x900 mm nebo 1200x600 mm. Výška desek 130, 160 nebo 190 mm. Aby bylo možné zajistit výhodnou "stohovatelnost" prvků při přepravě a skladování, neměla by tloušťka stěny přesahovat 15 mm. Desky mohou být vyrobeny jako vyjímatelné bednicí dílce nebo jako "ztracené" bednění zůstávající v konstrukci stropu. V případě vložek ztraceného bednění jsou desky opatřeny

vnitřními distančními žebírky zajišťujícími polohu výztuže s požadovanou minimální krycí vrstvou betonu. Tloušťka nabetonované železobetonové desky se uvažuje 50 mm.

Polystyrenový odpad, který se zpracovává vzniká především jako odpad z obalů, od elektrotechniky, elektroniky, bílé techniky a jako odpad zateplovací techniky. Odpad nemusí být úplně čistý, avšak nesmí obsahovat lepenky, ocelové předměty, velké množství lepidel a tmelů. Například výrobek Ekostyren je speciálně upravená drť pěnového polystyrenu. Ekostyren je snadno míchatelný s vodou, cementem a pískem. Beton je lehce připravitelný ručně, v míchačce nebo domíchávači. Ekostyren není určen jako nosný prvek, ale jako výplňový, tepelně-izolační prvek převážně do vodorovných konstrukcí.

Recyklovaný pěnový polystyren EKO-PP je vyroben z tříděného polystyrenového odpadu s přidáním 50% předpěněného polystyrenu. Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,035$ W/m.K. Sledované vlastnosti jsou shodné s EPS 100 dle ČSN EN 13 163. [4]

Výrobky z recyklované pryže

Sortiment výrobků z recyklované pryže je velmi široký. Rohože jsou zejména používány ve stavebnictví jako protihlukové a antivibrační izolace, dále jako podlahové krytiny ve sportovních halách, na tenisových kurtech a jako stájové rohože pro koně a jiná hospodářská zvířata. Rohože jsou ekologické a jsou hygienicky testovány. Rohože jsou používány ve stavebnictví k snižování zemního hluku a vibrační způsobené kolejovou dopravou. Jsou vkládány do kolejového lože tramvajových a železničních tratí, nebo do podloží budov. Granulátové desky lze využít ve fitness centrech, sálech pro aerobic, v tělocvičnách a to jako podlahovou krytinu nebo jako podložku pod nářadí. Zámková skládaná dlažba granulátová. Povrchová úprava nášlapné plochy je hladká, penízková, nebo čtverečková. Dlažbu lze pokládat do písku, lepit na vyrovnaný podklad z betonu nebo asfaltu. Lepí se zdravotně nezávadným lepidlem OKAMUL PU. Využití jako krytina nášlapných ploch exteriérů, okraje bazénů a koupališť, dětská hřiště, jízďárny. [7]

Dlaždice z recyklovaného betonu pro drenážní vrstvy střech s vegetační úpravou

Jako u všech střešních pláštů, také u střech s vegetační úpravou musí být zřízeno dostatečné odvodnění plochy střechy kvůli přebytečné přirozené srážkové vodě. Drenážní vrstva je společně s hydroizolační vrstvou nejdůležitější část celého systému střech s vegetační úpravou. Jejím úkolem je zadržet co největší množství srážkové vody v drenáži a zároveň přebytečnou vodu odvést do akumulační vrstvy a přes filtrační vrstvu na vrstvu hydroizolace a dále do kanalizačního systému. Musí zajistit rozvedení vody po celé ploše ochranné a akumulační vrstvy a zároveň možnost výparu vlhkosti z ochranné a akumulační vrstvy do substrátu. [2]

Drenážní vrstva byla dříve prováděna pouze z nasypaného drenážního kameniva, které mělo pouze funkci drenážní. Akumulace srážkové vody buď zcela chyběla, což vedlo k nutnosti projektovat náročné zavlažovací systémy a bylo třeba počítat se zvýšenou spotřebou vody na umělé zalévání, nebo byla zajištěna dalšími samostatnými vrstvami, například nasákavými deskami z minerálních vláken nebo vrstvou rašeliny. Pro drenážní vrstvu se nejčastěji používal drobný štěrk nebo keramzit. Rozdělení velikosti zrn a rozložení póru v drenážní vrstvě je v tomto případě řízené. Objem materiálů drenážní vrstvy musí umožňovat akumulaci vody ve středně velkých pórech a odvedení vody přes větší póry. Rozmístění zrn v drenážní vrstvě musí spolehlivě odvést vodu z vegetační vrstvy bez lokálních a plošných přebytků. Tloušťka drenážní vrstvy závisí na druhu vegetace, druhu použitého materiálu, způsobu zhotovení a spádových poměrech. Úprava horního povrchu drenážní vrstvy má být vodorovná po celé ploše. [1]

Možností je využití prefabrikovaných dlaždic z drenážního betonu, na jehož výrobu byl použit recyklát, pro vytvoření vrstvy, která bude materiálovou variantou pro využití v drenážní vrstvě střechy s vegetační úpravou. Při zkouškách konkrétních výrobků byly hodnoceny vlastnosti tohoto betonu, pro jehož plnivo bylo zvoleno cihelného recyklátu a ve druhém případě betonového recyklátu. Částečně byly porovnávány vlastnosti při použití přírodního kameniva tak, jak je užito

pro vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy ve vrstvách vozovek pro celoplošnou drenáž.
[6]

Stav normotvorné činnosti v oblasti jakosti recyklátů

Existence systému posuzování kvality recyklátů pomocí obecně závazných norem a předpisů má zásadní vliv na uplatňování recyklátů v následné stavební výrobě. To ve svých důsledcích vede jednak k jejich širšímu využívání již v projekční fázi, ale také k jejich cenovému přibližování k cenám nerostných surovin obdobných vlastností. Vzrůst cen recyklátů pak vede, jak se již v podmínkách ČR ukázalo, k poklesu cen pro původce stavebních odpadů a tím i dalšímu snížení jejich snahy, zbavit se stavebního odpadu pololegálním či ilegálním způsobem. [3]

Použitá literatura

- [1] Minke G. Dacher begrunen einfach und wirkungsvoll Stufen bei Freiburg 1997
- [2] Žabička a kolektiv Edice stavíme - odvodnění staveb ERA 2005
- [3] Podklady Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice
- [4] Podklady z internetových stránek recyklace.cz
- [5] Podklady společnosti Replast
- [6] Hlavová Gazdová E., Dekonstrukce staveb v trvale udržitelném rozvoji – drenážní beton z recyklovaného kameniva, disertační práce
- [7] Podklady společnosti GummiPraha

Využití betonového recyklátu v asfaltových kompozitech

Ing. Konvalinka Adam ^{1,a}, doc. Ing. Svoboda Pavel, CSc. ^{2,b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^aadam.konvalinka@fsv.cvut.cz, ^bpavel.svoboda@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: Asfaltocementový kompozit, Recyklovaný beton, Pevnost v tlaku a tahu ohybem

Abstrakt. Vysoké dopravní a teplotní zatížení jsou dva kritické aspekty, které ovlivňují kvalitu asfaltových krytů. I díky těmto problémům se využívá asfaltové kostry, která se prolévá cementovou pastou. Vzniká asfaltocementový beton, který díky vysoké pevnosti a vyšší pružnosti odolává vysokým statickým zatížením a změnám teploty. Bohužel důležitým faktorem ojedinělého využití a výskytu tohoto kompozitu je finanční náročnost. Nejnákladnější položkou je využití cementu. Proto se nabízí nahrazení finančně náročného cementu druhotnými surovinami. Složením i předpokladem dodatečné hydratace byl vybrán recyklovaný beton ve formě jemně mletého prášku.

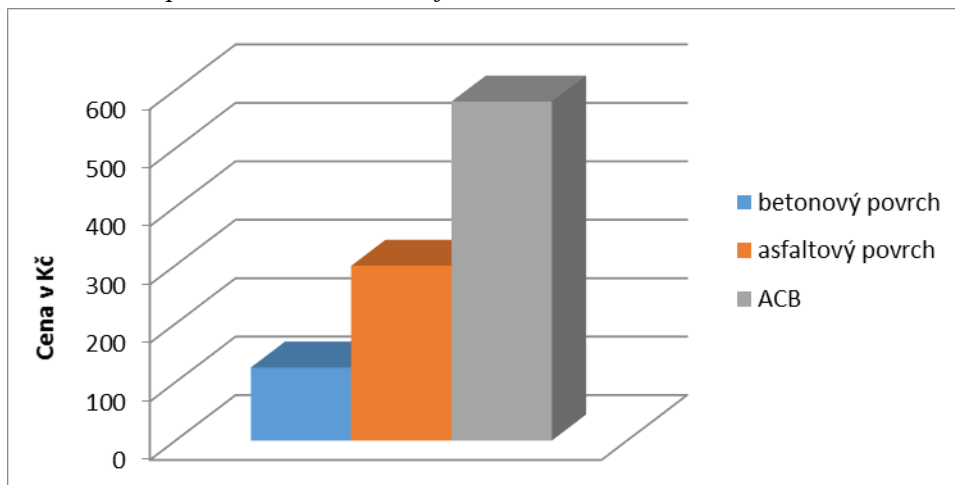
Úvod

Netuhé konstrukce vozovky hůře odolávají statickému zatížení. Typickými poruchami, které se na vozovkách objevují, jsou trvalé deformace ve formě příčných kolejí a lokálních deformací. Asfaltové směsi patří mezi viskoelastické látky, jejich chování je závislé na teplotě a na velikosti zatížení spolu s dobou působení. Typická místa pro vznik příčných, podélných či lokálních nerovností jsou jízdní pruhy s vysokým dopravním zatížením, s pomalou nebo zastavující dopravou, stoupací pruhy, čekací a odbočovací pruhy křižovatek, kanalizované pruhy křižovatek, místa s působením tangenciálních sil. Dále sem patří autobusové zastávky a logistické areály, kde dochází k nakládce a vykládce nákladních vozidel.

Tuhost asfaltové směsi zajišťuje správně navržená kamenná kostra společně s použitým asfaltovým pojivem. Pro zajištění tuhosti směsi i za vysokých teplot se používají asfaltová pojiva nižších gradací nebo modifikovaná pojiva. Použití asfaltových silničních pojiv s nízkou gradací v sobě skrývá riziko vzniku mrazových trhlin za nízkých teplot. Pro snížení rizika vzniku deformací ve všech formách se používá asfaltocementový kompozit. Asfaltocementový beton je polotuhá povrchová vrstva, která se svou tuhostí velmi přibližuje tuhosti betonu, ale je zároveň schopna určité dilatace a pružné deformace. Jedná se o kompozit asfaltu a cementu, kdy se asfaltová kostra s mezerovitostí v rozmezí 18 – 32 % prolévá cementovou směsí s danou viskozitou a tekutostí.

Negativní vlastností asfaltocementových betonů je finanční náročnost. Hlavní podíl na finanční náročnosti má výroba cementu. V grafu 1 je znázorněno porovnání cen asfaltu, prostého betonu a asfaltocementového betonu. Ceny jsou uváděny pro výrobu desky o rozměrech 1000 x 1000 x 20 mm. Možnosti ke snížení ceny asfaltocementového betonu se skrývají ve využití druhotných surovin jako náhrady za cement.

Graf č.1: Cenové porovnání betonu, asfaltu a ACB



Náhrada cementu druhotnými surovinami

Pro náhradu části cementu v cementové směsi byl vybrán betonový recyklát dvojího typu. První typ byl nadrcen z betonových prahců ze železničního svršku, na kterém jsou upevněny kolejnice. Druhý typ byl vyroben nadrcením betonových panelů tvořící letecké dopravní plochy. Důvodem výběru betonového recyklátu byl i předpoklad dodatečné hydratace nezhydratovaných zrn z primárního využití. Složení jednotlivých jemně mletých recyklátů je v tabulce 1.

Tab.č.1: Chemické složení betonových recyklátů provedené metodou XRF

% hmotnosti	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO	celkem
prahce	60,1	12	6,5	14,1	1,5	2,1	2,2	0,4	0,8	0,1	0,1	99,9
runway	51,4	12,9	8,4	18,1	3,6	1,5	2,1	0,6	1,1	0,1	0,1	99,9

Betonový recyklát byl následně zakomponován do složení směsi pro výrobu zkušebních těles. Dle [] musí cementová pasta asfaltocementového betonu vykazat pevnost v tlaku minimálně 25 MPa, pevnost v tahu ohybem 4 MPa. Výsledný kompozit musí vykazat pevnost v tlaku 3,5 MPa.

S přihlédnutím ke snížení finanční náročnosti byly zvoleny hmotnostní náhrady cementu ve třech hodnotách. Pro oba typy recyklátu bylo nahrazeno 30, 40 a 50 % hmotnosti cementu. Složení směsi je v tabulce 2. Pro účely tohoto experimentu byl použit portlandský směsný cement CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R. Ve složení se liší přidáním granulované vysokopecní strusky. Mezi nejdůležitější vlastnosti patří pozvolnější nárůst počáteční pevnosti a pomalejší vývin hydratačního tepla ve srovnání s portlandským cementem. Jako výhodu lze označit velmi dobrou zpracovatelnost. Jako minerální disperzní plnivo byl použit přírodní a uhličitán vápenatý. Díky své nízké ceně zapadá optimálně do požadavků tohoto experimentu. Jako přísady byly použity Stabilan DC-1 a SikaViscoCrete 2700.

Tab.č.2: Složení směsi

1 litr směsi (g)	referenční směs	30 % recyklátu	40 % recyklátu	50 % recyklátu
Písek 01/06	910	910	910	910
CEM II 32,5 R	1040	728	624	520
mikromletý vápenec	2340	2340	2340	2340
Sika ViscoCrete 2700	12	12	12	12
Stabilan DC-1	20	20	20	20
Voda	1000	1000	1000	1000
Betonový recyklát	0	312	416	520

Experiment

Na základě složení směsi byly v laboratoři vyrobeny zkušební vzorky. Pro porovnání v experimentu figuruje i směs referenční, která neobsahuje betonový recyklát. Z každé směsi byly vyrobeny trámečky o rozměrech 40 x 40 x 160 mm. Na těchto trámečkách se provedly zkoušky pevnosti v tahu ohybem a pevnosti v tlaku. Z výsledků zkoušek, které jsou uvedené v tabulce 3, je patrné, že požadavkům normy ČSN nevyhovuje žádná ze zkoušených směsí, vyjma referenční směsi.

Tab. č.3: Výsledky zkoušek pevností v tlaku a tahu ohybem

Směs		Pevnost v tlaku (MPa)	Pevnost v tahu ohybem (MPa)
Požadavky ČSN		25	4
Referenční		24,8	4,12
Pražce	30%	15,33	3,1
	40%	14,6	2,65
	50%	11,78	2,05
Runway	30%	17,65	2,62
	40%	14,33	2,55
	50%	11,64	2,31

Pro kompletnost experimentu byly prolity Marshallova tělesa všemi druhy směsí. Tím vznikly vzorky asfaltocementového betonu, které byly následně zkoušeny pevností v tlaku. Výsledky zkoušek na asfaltocementovém betonu jsou v tabulce 4.

Tab. č.4: Pevnosti v tlaku asfaltocementového kompozitu

Asfaltocementový beton		Pevnost v tlaku (MPa)
Požadavky ČSN		3,5
Asfaltová kostra prázdná		3,64
Referenční směs		5,8
Pražce	30%	5,41
	40%	4,52
	50%	4,32
Runway	30%	5,81
	40%	4,24
	50%	4,18

Závěr

Z výsledku experimentu je patrné, že navržená cementová pasta nevyhovuje normovým požadavkům. Důvodem je příliš vysoké procento náhrady cementu. Při menších hmotnostních podílech náhrad by se mohly pevnosti více přiblížit, nebo dokonce i normové požadavky překonat. Na druhé straně zkoušky výsledných asfaltocementových betonů ve všech hmotnostních podílech

náhrad normu ČSN splňují. Nezbyvá než se zamyslet, zda-li je potřeba zkoušet jednotlivé složky kompozitu. Synergismus je v tomto případě velmi výrazný.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory SGS projektu OHK1-061/15 na Stavební fakultě ČVUT v Praze.

Použitá literatura:

- [1] Konvalinka, A.: Experimentální analýza Asfaltocementového betonu (ACB). Diplomová práce 2013, Fakulta Stavební, ČVUT v Praze.
- [2] Vejmelkova, E., Konvalinka, P., Padevet, P., et al., Mechanical, hygric and thermal properties of cement-based composite with hybrid fiber reinforcement subjected to high temperatures, International Journal of Thermophysics, Volume: 30, Issue: 4, Číslo stránek: 1310-1322, Publikováno: Srpen 2009.
- [3] Vejmelkova, E., Konvalinka, P., Padevet, P., et al., Effect of high temperatures on mechanical and thermal properties of carbon-fiber reinforced cement composite, Cement Wapno Beton, Volume: 13, Issue: 2, Číslo stránek: 66-+, Publikováno: Duben 2008.
- [4] Maca, P., Jandekova, D., Konvalinka, P., The influence of metakaolin addition on the scaling of concrete due to frost action, Cement Wapno Beton, Volume: 19, Issue: 1, Číslo stránek: 1-+, Publikováno: Únor 2014.
- [5] ČSN 73 6127-3: Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 3: Asfaltocementový beton. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [6] Reiterman, P., Keppert, M., Cachova, M., et al., Permeability and basic physical properties of concrete with metakaolin addition, 51st International Scientific Conference on Experimental Stress analysis (EAN 2013), Litomerice, Czech Republic, Experimental Stress analysis 51, Volume: 486, Číslo stránek: 313-318, Publikováno 2014.

Potenciál využití technologie 3D tisku ve stavebnictví a přehled dostupných technologií

Ing. KOVÁŘÍK Michal^{1,a}, doc. Ing. SVOBODA Pavel, CSc.^{2,b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a michal.kovarik@fsv.cvut.cz, ^b pavel.svoboda@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: 3D tisk, robotická technologie, aditivní výroba, stavební mechanizace

Abstrakt. Cílem článku je shrnout nejnovější světové trendy a naznačit směry budoucího vývoje novátorské technologie aditivní výroby – 3D tisku

Úvod

Rozvoj výpočetní techniky a informačních technologií vedl v posledních cca 30 letech k digitalizaci a robotizaci většiny oblastí lidského života i průmyslu. Cca od roku 2011 se začíná mluvit o nástupu další (čtvrté / třetí) průmyslové revoluce [1], [2], [3]. Tato revoluce, spočívající v digitalizaci a automatizaci procesů, širokém využití užití robotů a propojení spotřebních i výrobních zařízení do inteligentních sítí, začala postupně pronikat i do stavebnictví a architektury. Tento proces započal logicky jako první digitalizací v oblasti nehmotných procesů, tj. navrhování - architektury, statiky, tepelné techniky, TZB a dalších oborů a ke zrození odvětví jako je CAD, GIS, FEA a dalších. Výsledkem digitalizace procesu návrhu staveb je fakt, že jsme schopni navrhovat velmi složité a propracované tvary o dříve nevídané tvarové pestrosti a statických vlastnostech, inspirovat se organickými tvary přírody a modelovat chování budov i vnitřních systémů s nimi spojených.

Vrcholem tohoto vývoje je tzv. parametrická architektura, generativní design, generovaná přímo počítačem, na základě skriptu s architektem dopředu nastavenými okrajovými podmínkami (toky lidí, tvarové limity, počet podpor atd.)

Dosud byla realizace podobné architektury velmi technologicky a finančně náročná díky obtížnému převodu digitálního modelu do standardních stavebních technologií.

Řešením je přetransformovat výrobní proces v podobném duchu jako proces návrhu a vyvinout technologie, schopné přímo a přesně interpretovat digitální návrh v reálném světě dle digitálního návrhu bez ohledu na jeho tvarovou složitost. Takový nástroj by byl naplněním snů architektů a projektantů o naprosté volnosti tvorby omezené jen jejich fantazií. Vytvoření takového nástroje přineslo strojírenství ve formě zařízení digitálně řízeného obrábění CNC a zařízení aditivní výroby, tj. 3D tisku. Tento článek se věnuje využití 3D tisku a jeho potenciálu v oblasti stavebnictví.

Co to je 3D tisk

3D tisk nebo také aditivní výroba je proces tvorby tří dimenzionálních pevných objektů z digitálního souboru s použitím aditivního (přidávacího) procesu. Základem je virtuální 3D CAD model, upravený ve speciálním programu zvaném slicer (plátkovač), který virtuálně nařeže virtuální model na stovky až tisíce horizontálních plátků/vrstev. Každá z těchto vrstev může být reprezentována jako tenký plátek horizontálního řezu předmětného objektu. Takto upravený model je poté ve formě .stl souboru odeslán do 3D tiskárny, kde je každý virtuální plátek modelu digitálně zpracován a plátek po plátku, vrstvu po vrstvě, tiskárnou zhmotněn do podoby fyzického třírozměrného objektu. V procesu aditivní výroby je objekt vytvořen pokládáním vrstev materiálu, které vedou v celé sekvenci následných vrstev k vytvoření fyzického objektu.

Na rozdíl od klasického 2D tisku, kde tisk probíhá na rovinný podklad, jako je např. list papíru v případě inkoustového tisku, vzniká ve 3D tisku problém vytvoření podpor, nesoucích předchozí tištěné vrstvy.

Metody a technologie 3D tisku ve strojírenství

Metody dostupné ke konci roku 2015 se liší převážně způsobem tvorby vrstev objektu. Průmyslově používané jsou převážně tyto metody:

SLA - Stereolitografie (Stereolithography)

První vyvinutá technologie 3D tisku. Způsob tisku probíhá nanášením tekutého materiálu na bázi fotocitlivých pryskyřic, vytvrzovaného v místě budoucího modelu fyzikálním zářením. Díky způsobu tisku z roztoku zde nevzniká problém podpor. Tato metoda byla v roce 2015 modifikována použitím separační, kyslíkem propustné desky do technologie CLIP, umožňující několikanásobné zrychlení procesu výroby.

SLS - Selektivní laserové spékání (Selective laser sintering)

Tato technologie, používaná především pro kovy a keramiku, je založena na laserovém spékání práškového materiálu, rozhrnovaného v mikroskopických vrstvách. Tato technologie řeší s výhodou problém podpor, přináší velmi vysokou kvalitu tisku a také možnost tisknout tvary s vnitřní plástvovitou strukturou. Nevýhodou jsou vysoké náklady na práškový materiál a na provoz laserové tiskárny, a také nízká rychlost tisku.

FDM/FFM - Modelování tavným nanášením

(Fused deposition modeling / Fused filament method)

Tato technologie je založena na natavování nebo změkčování materiálu. Používá se především pro plasty a jejich kompozity s ostatními materiály. Výhodou je cena a rychlost tisku, nevýhodou menší kvalita. Problém podpor je zde řešen max. úhlem sklonu stěn modelu (cca 45°, případně použitím druhé trysky, tisknoucí podpory z materiálu, který je po vytištění modelu mechanickou nebo chemickou cestou lehce odstraněn.

Proč zavádět 3D tisk ve stavebnictví?

Klasická výroba byla po staletí doménou řemeslníků se 100% podílem lidské práce a neexistující typizací. Každý výrobek byl unikátem, vyžadujícím značné množství času a ruční práce, což se odráželo ve vysoké ceně většiny výrobků. Během první průmyslové revoluce koncem 18. století došlo k prvnímu nasazení strojů, počátkem 20. století pak během druhé průmyslové revoluce k typizaci a vzniku sériové výroby a tím i zlevnění a skokovému zvýšení dostupnosti širokého spektra výrobků.

Stavebnictví v průběhu druhé poloviny 20. století postupně přejalo tyto progresivní výrobní postupy ve formě prefabrikace, využití strojů a pásové výroby stavebních komponentů a dosáhlo tím zvýšení produktivity práce i kvality výrobků a snížení ceny. S typizací zároveň přišly i související negativní jevy jako např. omezené spektrum sériově vyráběných výrobků, dané nákladností „prototypizace“ a zaváděním nových typů do výroby, vysoká cena zakázkové výroby a obecně ztížená individualizace výrobků, která se projevila například v unifikované výstavbě československých sídlišť a její odlidštěné estetice.

Pro stavební výrobu je díky rozměrům staveb, jejich propojením s pozemkem a dalším faktorům typická jedinečnost každého výrobku - budovy, kde je každá unikátním prototypem, což snižuje možnost využití výhod mechanizace a vyžaduje vysoký podíl ruční práce se všemi negativy z toho vyplývajících. Částečné řešení přinesla prefabrikace s výhodou používaná u novostaveb zvláště hal či výškových staveb, kde se v jednom či druhém rozměru konstrukční prvky opakují a také výroba kompletačních konstrukcí. U rekonstrukcí, proluk a atypických budov jsou tyto výhody zvláště v případě nosných konstrukcí použitelné méně.

Výhodou revoluční technologie 3D tisku a dalších robotických technologií je spojení výhod klasické ruční individualizované výroby s přednostmi průmyslové výroby, založené na typizované strojní produkci. Díky jejich aplikaci se dá očekávat komplexní změna celého přístupu ke stavění a návrhu budov vůbec. 3D tisk má ze svojí podstaty potenciál vyrábět přesnou strojní technologií individualizované výrobky za cenu sériové výroby. Odpadá proces „prototypování“, každý výrobek v řadě tištěný na tiskárně, může být díky této technologii unikátním, tedy originálním. Tato technologie by byla v kombinaci s 3D skenováním s výhodou použitelná v památkové péči pro přesné repliky originálů uměleckých děl a prvků historických budov v případech jejich poškození povětrností nebo znečištěním ovzduší. Díky jejich digitalizaci a technologii přesného kopírování by umožňovala snadné a trvalé zachování těchto artefaktů pro další generace.

3D tisk ve stavebnictví

Tato technologie je zhruba od roku 2000 doposud předmětem výzkumu několika světových pracovišť, kterými jsou prověřovány jednotlivé technologie i materiály, a možnost jejich využití ve funkčních stavebních prvcích [4]. Stav vývoje technologie ilustruje fakt, že ke konci roku 2015 neexistuje komerčně dostupná technologie 3D tisku ani funkční zařízení, které by bylo využíváno v komerčním stavebnictví dodavateli staveb.

Většina týmů, zkoumajících potenciál využití 3D tisku v oblasti architektury a stavebnictví se soustřeďuje na velkoformátový tisk svislých, tlakem namáhaných nosných konstrukcí, kde bylo několika týmy dosaženo velikosti tištěných struktur v řádu metrů. Zatím se nicméně ani jednomu z týmů nepodařilo v rámci technologie 3D tisku uspokojivě vyřešit problém podpor a tahem ohýbané prvky jako jsou stropy, překlady nad otvory, nebo schodiště jsou vkládány dodatečně, případně jsou vyrobeny konvenční technologií.

V průběhu roku 2015 se začínají objevovat i projekty, využívající navařování ocelového drátu a natavování plastových profilů, tvořících prostorovou 3D síťovinu.

Hlavními materiály, používanými v dosud realizovaných projektech jsou:

- Směs na silikátové bázi - rychle tuhnoucí beton nebo materiál charakteru geopolymery
- Plasty a jejich kompozity – např. odbouratelné bioplasty
- Hliněná směs
- Ocel

Co se týká kompletačních konstrukcí, malé dílce lze již nyní částečně tisknout na již fungujících technologiích průmyslového 3D tisku – velikost prvků v decimetrech.

Použitelnými materiály jsou:

- Plast+kompozity (dřevoplast, bronzoplast atd.)
- Kov – ocel, titan
- Keramika

Z důvodu vysoké ceny ve srovnání s konvenčními technologiemi je ve stavebnictví průmyslového 3D tisk zatím využíván jen velmi zřídka, např. na high-end prvky jako jsou luxusní vodovodní baterie.

Přehled základních technologií 3D tisku ve stavebnictví

Rozdělení dle způsobu ukládání materiálu

1. Lineární 3D tisk – obdoba technologie FDM/FFM

- tisk probíhá na zemní podklad, případně na již zhotovené konstrukce
- tisk probíhá lineárně tryškou v horizontálních vrstvách pouze do místa budoucí konstrukce, převážně svisle nebo v malých sklonech od svislice
- pojivo i plnivo dopravováno tryškou už aktivované
- podporou zemní podklad, případně již zhotovené konstrukce
- 100% spotřeba materiálu
- využití speciálních tiskáren i použití upravených průmyslových robotů

2. Plošný 3D tisk – obdoba technologie SLS

- tisk probíhá na zemní podklad, případně na již zhotovené konstrukce
- tisk probíhá nanášením vrstev plniva (pískové matrice) v celé ploše půdorysu, polohu budoucí konstrukce určuje robot souřadnicí, kam nanáší v té které vrstvě pojivo
- pojivo sprejováno na nosnou vrstvu plniva
- písková matrice je po dobu tuhnutí podporou konstrukce a umožňuje tak neomezenou tvarovou flexibilitu – možnost tisku organických tvarů
- po vytvrdnutí je pískový materiál, nezasažený pojivem, mechanicky odstraněn případně vymyt pryč – část tohoto materiálu není znovu použitelná – vzniká odpad
- využití speciálních tiskáren
- dosud nevyřešeno nedostatečné propojení vrstev – zhutnění materiálu

3. Kontinuální natavování profilu - obdoba technologie FDM/FFM

- tisk probíhá na podklad, případně na svislé podpory
- tisk probíhá ze speciálně upravené trysky, vytlačující tavný profil (ocelový drát / tepelně vytvrzovaný kompozit), který je v trysce zahřát, vytlačen z trysky, na vzduchu tuhne a jejím táhlým pohybem vytváří vlákna a z nich síťovinu tvaru, daného virtuálním 3D modelem
- nevyužívá sliceru, ale speciálního SW, obdobného CNC frézování
- použití upravených průmyslových robotů pro robotickou prefabrikaci / CNC frézování

Rozdělení dle mobility tiskárny

2. Stacionární tiskárny

- tiskárna ve formě stolice nebo rámové konstrukce je v průběhu realizace pevně spojena se zemí, pohyblivou částí je hlavice s tryškou / rameno
- potenciál hlavně pro základy, nosné kce, zastřešení
- rozměry tištěných objektů omezeny velikostí tiskové plochy – v řádu metrů

3. Mobilní 3D tiskové roboti

- tisk probíhá ze samostatných, nezávislých robotů, kteří mohou být specializovaní a lze je kombinovat na jednom místě
- potenciál hlavně pro liniové stavby, rozměrné stavby, kompletační konstrukce a dokončovací práce
- tiskovou technologii nutno kombinovat se systémy umělé inteligence – nezbytná koordinace robota v rámci staveniště

- možná koordinace tiskových robotů systémem GPS
- rozměry tištěných objektů nejsou omezeny

Rozdělení dle místa výroby

1) Výroba In situ – na staveništi

- stacionární tiskárny
- mobilní roboti
- stejně jako betonáž na staveništi umožňuje tisk velkorozměrných prvků
- u pozemních staveb vhodné pro základy a svislé nosné konstrukce, výhledově i pro kompletační konstrukce a hrubé dokončovací práce
- výhodné pro liniové stavby
- nutná vyspělá koordinace v rámci staveniště
- oproti konvenčním technologiím výhodou nepřetržitý provoz, omezený jen technologickými přestávkami a povětrnostními vlivy

2) Robotická prefabrikace 3D tiskem a výroba komponentů budov

- především stacionární tiskárny
- v dnešní době největší potenciál - výrobní postup je obdobný ostatní průmyslové výrobě s výrobou v klasických výrobních závodech s montážními linkami a klasické výrobě prefabrikátů
- umožňuje vyrábět veškerý sortiment prvků nosných i kompletačních konstrukcí, nábytku, zařizovacích předmětů, vnějšího mobiliáře atd.
- stejně jako u konvenční prefabrikace výhoda vyšší přesnosti a nulový vliv povětrnosti
- výhodou oproti konvenčním technologiím díky plné automatizaci nepřetržitý provoz
- rozměry prvků omezeny velikostí tiskové plochy a dopravními možnostmi na staveništi

Přehled hlavních světových týmů, řešících technologii 3D tisku ve stavebnictví

Dr. Khosnevis Behrokh, University of South California, USA

Technologie Contour Crafting (CC) [5], [6]..

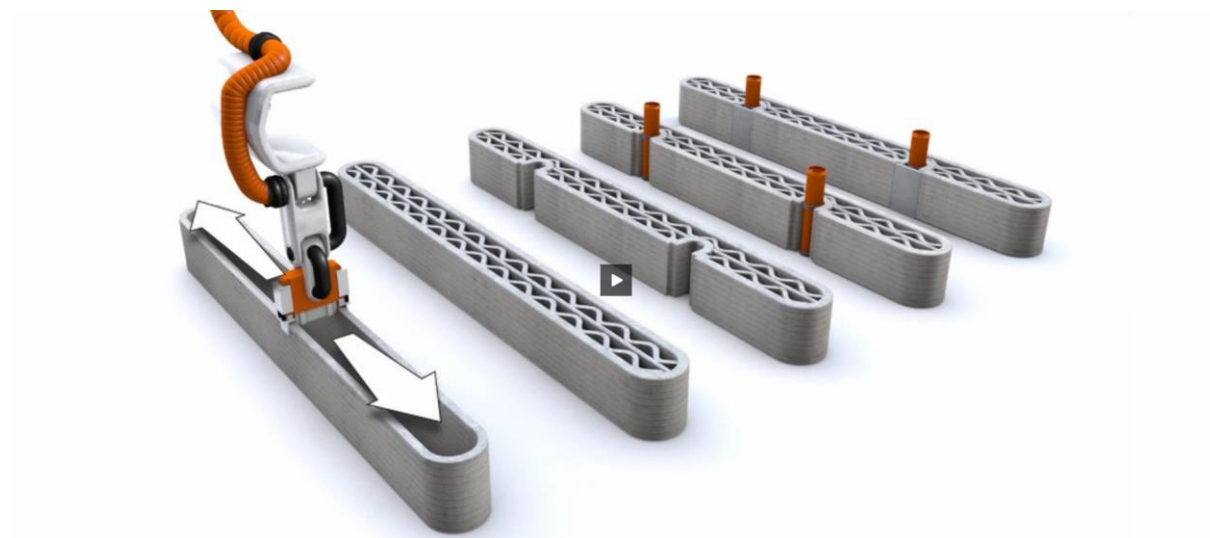
- od roku 1997 vynálezce patentované metody lineárního tisku
- 3D tiskárna ve formě stacionární stolice
- originální hlavice vyhlazuje po vytlačení povrch výsledného prvku
- hlavice umožňuje tisknout zároveň ze tří trysek – výsledná stěna má průřez příhradové konstrukce
- materiálem směs charakteru geopolymeru [7]
- problém podpor řeší robotickou prefabrikací a vkládáním překladů, stropních dílců a prvků zastřešení robotickou rukou, zapojenou do systému 3D tiskárny
- v rámci technologie CC řeší kompletaci celých budov včetně instalací
- spolupracuje s NASA na projektu výstavby základny na jiných vesmírných tělesech [?]

Enrico Dini, Itálie, spol. Monolite UK, Velká Británie

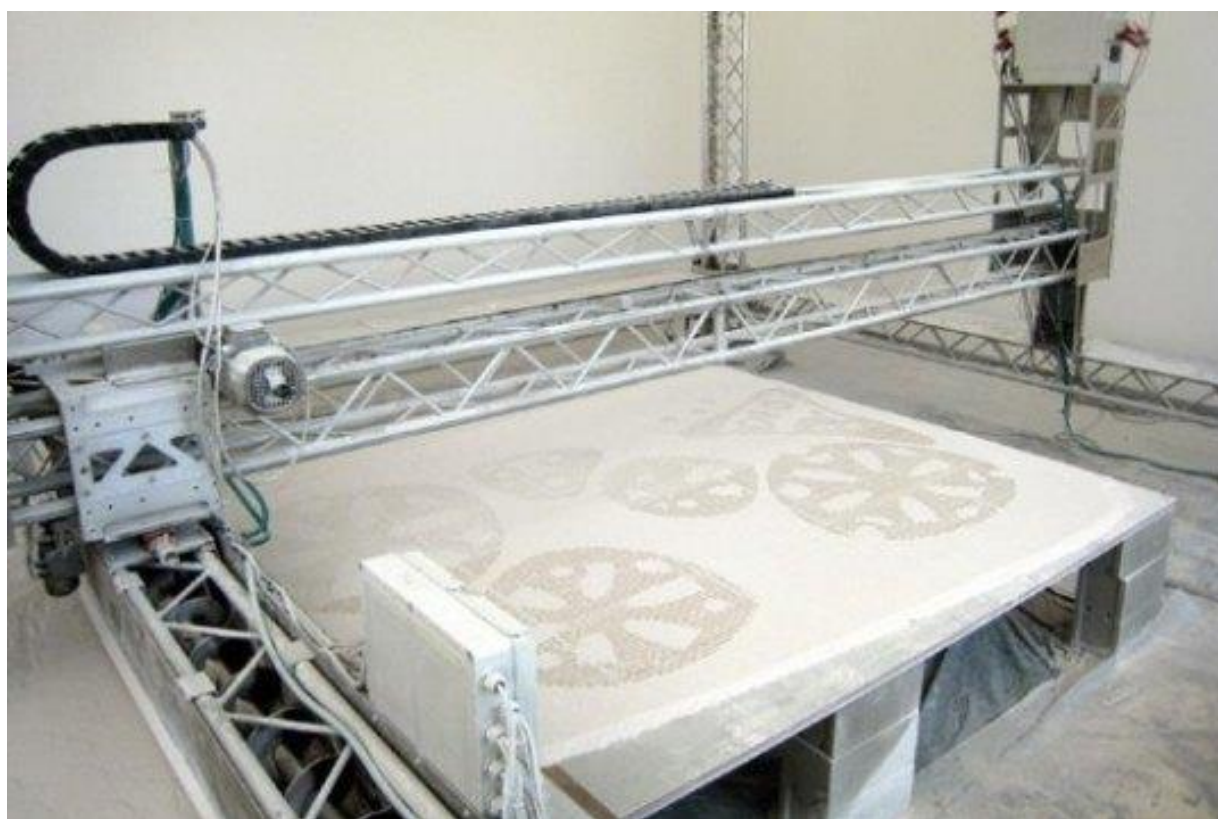
Technologie D-Shape [8]

- od roku 2007 vynálezce patentované metody plošného tisku
- 3D tiskárna ve formě stacionární stolice
- technologie umožňuje tisk organických tvarů – používá se na tisk umělých korálových útesů, velmi příznivě přijímaných přírodními organismy
- plnidlem křemičitý písek, pojivem kompozitní pryskyřice

- technologie dosud podle všeho nedokáže vyřešit u rozměrnějších prvků problém provázání jednotlivých vrstev a únosnosti při zatížení vlastní vahou
- spolupracuje s ESA na projektu výstavby základny na jiných vesmírných tělesech



Obr.1 Vizualizace tiskové hlavy a způsobu tisku stěn technologií Contour Crafting



Obr.2 Tisková stolice D-Shape

Ma Yi He, spol. Winsun New Materials, ČLR [9]

- od roku 2012 výzkum metody lineárního tisku patrně na základě inspirace technologií Contour Crafting
- společnost byla v roce 2015 Dr. Berokhem obviněna z plagiátorství a krádeže patentované technologie Contour Crafting [10]
- 3D tiskárna ve formě stacionární stolice
- originální hlavice neřeší povrch výsledného prvku
- materiálem směs charakteru betonu na cementové bázi s příměsí recyklátu [?]
- technologie založena na prefabrikaci naležato tištěných dílců
- touto technologií firma realizoval výstavbu pětipodlažního objektu v Suzhou
- snaha o komercializaci celé technologie – projekty v SAE, deklarovaný vstup do komerčního stavebnictví

Massimo Moretti, WASP, Itálie [11]

- originální 3D tiskárna ve formě stacionární stolice o třech nohách
- materiálem směs hlíny a přírodních vláken
- problém podpor řešen použitím klenebného systému
- cílem projektu je výstavba dostupného bydlení v rozvojových zemích

Loughborough university + SKANSKA UK+Norman Foster and Partners [12]

- Globální stavební firma Skanska se spojila s architektonickou kanceláří Foster a Partners a inženýry z Loughborough University (LU) za účelem vývoje první komerční 3D tiskárny používající beton na světě. Společnost podepsala s LU, která na projektu pracuje od roku 2007, smlouvu o 18 měsíčním výzkumném konsorciu, zaměřeném na vývoj robotické technologie, schopné tisku nosných betonových 3D komponentů. Konsorcium bude dále zahrnovat výrobce robotů ABB, dodavatele kameniva Buchan Concrete a Lafarge Tarmac.
- 3D tiskárna neznámého typu
- z dostupných dokumentů vyplývá originální konstrukce tištěné stěny
- snaha o vývoj komerčně použitelné technologie pro účely firmy SKANSKA
- spolupracuje s ESA na projektu výstavby základny na jiných vesmírných tělesech

Technická Univerzita v Eindhovenu / spol. ROHACO, Holandsko [13]

- v roce 2015 uveřejnila TU Eindhoven na webu obrázky obří tiskárny o rozměrech 11x5x4m na beton, postavené holandskou firmou ROHACO
- cena má být 650.000 Euro a je dle webových zdrojů ke komerčnímu prodeji

doc. Ronald Rael, Univerzita v Berkeley, doc. Virginia San Fratelo, San Jose State University, spol. Emerging Objects [14]

- originální přístup, zaměřující se na plošný tisk kompletních konstrukcí a designového vybavení a nábytku
- předmětem výzkumu různé materiály a tvary, využívající předností technologie 3D tisku
- projekt House 1.0. v Pekingu, kombinující 3D tištěné kompletní konstrukce a klasické prvky
- projekt duté cihly s plástvovitou vnitřní strukturou, umožňující přirozenou ventilaci v tropických oblastech
- projekt zemětřesení odolného sloupu z prefabrikovaných dílců, inspirovaného inckou architekturou



Obr.3 Organicky tvarovaný příčkový panel Picoroco Block™, Emerging Objects

IAAC (Katalánský institut pokročilé architektury) Barcelona

- několik týmů, řešících originálním způsobem v různých projektech problematiku 3D tisku ve stavebnictví
- projekt Minibuilders kombinující tři typů mobilních minirobotů, tisknoucích směs na silikátové bázi [15]
- projekt Mataerial autorů Laarmana a Novikova využívající průmyslového robota, osazeného hlavicí, umožňující kontinuálního natavování tepelně tvrdného plastového profilu do tvaru prostorové 3D síťoviny [16]
- projekt tiskárny využívající kontinuálního natavování ocelového drátu do tvaru prostorové 3D síťoviny předchůdce projektu mostu v Amsterdamu MX3D [17]

Joris Laarman, spol. MX3D, Amsterdam, Holandsko [18]

- technologie MX3D-Metal kombinuje robotickou ruku průmyslového robota, používanou především v automobilovém průmyslu, se svářečkou k tavení a poté ukládání kovu, který tvoří linie, tištěné vodorovně, svisle nebo ve křivkách bez nutnosti podpurných konstrukcí
- robotická ruka je upravena pro šplhavý pohyb
- tato metoda tisku umožňuje tvořit 3D objekty jakékoliv plochy, nezávisle na sklonu nebo hladkosti. Metoda může být použita k tisku kovů včetně nerez oceli, hliníku, bronzu nebo mědi
- projekt 3D tištěného ocelového mostu v Amsterdamu ve spolupráci s firmou Autodesk, dodavatelem staveb Heijmans a dalšími - dokončení je plánováno na rok 2016

DUS Architects, Holandsko [19]

- Projekt Canal House Amsterdam - prostor pro výzkum a prezentaci 3D tisku ve stavebnictví a užitém designu
- 3D tiskárna KAMERMAKER
- Testování neobvyklých materiálů, biologicky odbouratelné materiály, bioplasty, dřevěný a anorganický odpad atd.

Spol. Voxelman, Philippe Morel ze Studia EZCT Architecture & Design Research v Paříži
[20]

- tiskárna Voxeljet VX4000
- vedlejší produkt vývoje UHPC pro výrobu přesných forem z křemičitého písku
- cílem obejít přesné lití a tisknout rovnou z UHPC na 3D tiskárnách
- použito v památkové péči na zhotovení přesné kopie historického portálu v Berlíně

Možnosti vývoje materiálů 3D tisku

- materiály s progresivními fyzikálně-chemickými vlastnostmi např. na bázi nanotechnologií čistící vzduch v budově
- konstrukce z tekutých krystalů, schopných měnit barvu a průhlednost
- konstrukce s implantovanými regulačními a měřicími systémy budov – inteligentní budovy
- možnost recyklace stávajících odpadů
- možnost použití přírodních materiálů – hlína, dřevní hmota
- 4D materiály, měnící vlastnosti změnou okrajových podmínek (čas, teplota, tahové, seismické napětí atd.)

Závěr

Technologie 3D tisku má v delším horizontu potenciál využití pro výrobu širokého spektra prvků a komponent včetně sendvičových konstrukcí, spojujících v jedné konstrukci více funkcí, včetně instalací. Velmi perspektivní se jeví tisk prefabrikovaných dílců a součástí vybavení budov, druhotně instalovaných v rámci interiérů a exteriérů budov a stavebních objektů. Výhledově se dá předpokládat realizace větších stavebních celků, patrně i celých stavebních objektů na klíč.

Přínos využití technologie 3D tisku bude vedle možnosti realizovat dnes obtížně realizovatelné konstrukce díky použití robotické technologie a jí vyvolaném snížení podílu lidské práce také ve zvýšení bezpečnosti, ekonomičnosti a kvality stavební výroby a také snížení jejího dopadu na životní prostředí.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory katedry technologie staveb, Fakulty stavební, ČVUT v Praze a na základě přípravy projektu realizace 3D tiskárny pro stavební prvky do velikosti 1 m³ podpořené Inovačním centrem ČVUT v Praze

Použitá literatura:

- [1] Rifkin, Jeremy: The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World, New York, Palgrave Macmillan, 2011 ISBN 978-0-230-11521-7
- [2] <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>
- [3] <http://rvur.vlada.cz/clanky/prumysl-40-dalsi-prumyslova-revoluce-na-obzoru>
- [4] <http://www.3dprintingarchitecture.net/?p=601>
- [5] <http://www.contourcrafting.org>
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=QxqROe8tevo>
- [7] <http://www.mechanicalengineeringblog.com/tag/robo-builder/>
- [8] <http://www.d-shape.com>
- [9] <http://yhbm.com/>
- [10] <http://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/>
- [11] <http://www.wasproject.it/w/en/>
- [12] <http://www.freeformconstruction.com/index.php>
- [13] <http://www.3ders.org/articles/20151023-technical-university-eindhoven-takes-massive-concrete-3d-printer-into-production.html>
- [14] <http://www.emergingobjects.com>
- [15] <http://monograph.io/iaac/minibuilders>
- [16] <http://www.dezeen.com/2013/05/17/mataerial-3d-printer-by-petr-novikov-sasa-jokic-and-joris-laarman-studio/>
- [17] <http://www.dezeen.com/2014/02/21/3d-printing-robot-by-joris-laarman-draws-freeform-metal-lines/>
- [18] <http://mx3d.com/about/>
- [19] <http://3dprintcanalhouse.com>
- [20] <http://www.voxeljet.de/en/case-studies/case-studies/printed-memorial/>

Inovace procesu výroby fasádních systémů ETICS

Ing. Josef Kučera^{1,a}, Ing. Miloslava Popenková, CSc.^{2,b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a josef.kucera@fsv.cvut.cz , ^b popenko@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: ETICS, základní vrstva, polypropylenová vlákna

Abstrakt. Inovací procesu se chápe zavádění nových nebo významně zlepšených způsobů výroby a dodávek. Inovace by měla vycházet z potřeby zvyšování efektivnosti a jakosti výrobního procesu, především u činností, které jsou zdrojem mnoha poruch, zejména vlivem špatného technologického provádění. Cílem procesní inovace ale může být i snížení jednotkových nákladů produkce nebo zvýšení kvality produktu.

Inovací fasádních systémů ETICS je posouzení možnosti nahrazení armovací sklotextilní síťoviny polypropylenovými vlákny, která jsou zamíchána se stěrkovou hmotou před samotnou aplikací na nalepený izolant. Podle prováděcích předpisů výrobců a normy **ČSN 73 2901** se vyztužení základní vrstvy smí provádět pouze síťovinou, jiná možnost není definována, což však při praktické aplikaci je příčinou častých pochybení. Zjednodušení tohoto procesu by přineslo nejen snížení nákladů, ale také zkrácení času na realizaci včetně snížení rizika nedodržení technologických předpisů. Pro ověření možnosti využití navržené inovace byla aplikována polypropylenová vlákna.

Polypropylenová vlákna mají následující pozitivní vlastnosti:

- zvýšenou houževnatost a odolnost vůči namáhání tlakem, tahem, ohybem, stříhem a rázem;
- odolnost vůči oděru;
- trvanlivost;
- nízkou měrnou hmotnost;
- snadnou formovatelnost;
- nízkou úroveň elektrostatického náboje;
- odolnost vůči chemikáliím;
- zvýšení odolnosti proti otěru;
- zvýšení odolnosti proti mrazu;
- odolnost vůči dynamickému namáhání.

Naopak za hlavní negativní vlastnosti polypropylenových vláken lze považovat:

- nízké (pomalé) zotavení;
- nízkou tepelnou odolnost (tepelná sráživost);
- malou tuhost.

LABORATORNÍ NORMOVÉ ZKOUŠKY

Cílem zkoušek bylo porovnání klasického vyztužení základní vrstvy, které je požadováno dle technologických předpisů, a základní vrstvy s rozptýlenou výztuží z polypropylenových vláken. Zkoušky byly provedeny na základní vrstvě se sklotextilní síťovinou a pěti různými vzorky s polypropylenovými vlákny podle normového postupu uvedeného v ČSN EN 13499 pro kontaktní zateplovací systém z pěnového polystyrenu.

Polypropylenová vlákna zvolených délek a zvoleného množství byla promíchána s lepicí hmotou a následně nanášena na fasádní polystyren. Na všech vzorcích byla dodržena technologická pravidla pro provádění ETICS firmy Baumit a.s.[1]. Zejména dodržení minimální tloušťky vrstvy a

dostatečné vyvržení vrstvy před zkoušením vzorků v klimatických podmínkách stanovených v normách.

Pro stanovení požadovaných mechanických vlastností výztužné vrstvy byly využity tyto normy:

- ČSN EN 13 494 (727103) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení přídržnosti lepicí hmoty a základní vrstvy k tepelně izolačnímu materiálu tahovou zkouškou; [3]
- ČSN EN 13 495 (727104) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení soudržnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) (zkouška pěnovým blokem); [4]
- ČSN EN 13 497 (727106) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti rázu; [5]
- ČSN EN 13 498 (727107) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti vtlačení. [6]

Veškeré výsledky provedených laboratorních zkoušek byly analyzovány s požadavky na kontaktní zateplovací systémy podle ČSN EN 13 499 (727101) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z pěnového polystyrenu – Specifikace. [7]

Specifikace zkušebních vzorků

Pro laboratorní normové zkoušky základní vrstvy byly připraveny vzorky následující skladby souvrství:

- polystyren EPS-F tl. 60 mm,
- lepidlo Baumit Duo Contact,
- sklotextilní síťovina Baumit Duo Tex nebo polypropylenová vlákna FORTA hmotnosti 50 a 100 g/m² a délek 5, 10, 20 a 40 mm, [8]
- penetrace Baumit UniPrimer a Baumit GranoprTop K 1,5.

Celkem bylo zkoušeno 6 sad vzorků. Zkušební vzorky byly provedeny na polystyrenových deskách a po vytvrnutí následně strojně nařezány na normově požadované vzorky 200x200 mm.



Obr. 1. Nanášení základní vrstvy s PP vlákny



Obr. 2. Vzorek základní vrstvy s PP

Požadavky na výztužnou vrstvu dle norem ČSN EN

Kontaktní zateplovací systém (ETICS) musí být odolný proti kombinaci účinků různých zatížení. Jedná se zejména o vlastní hmotnost, sání větru, teplota, vlhkost, smršťování a zatížení běžným užíváním:

- Přídržnost základní vrstvy k izolantu stanovená dle ČSN EN 13 494 musí být **minimálně 80 kPa**. Žádný z pokusů nesmí být pod touto hodnotou.
- Soudržnost vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů se stanoví dle ČSN EN 13 495 statickou zkouškou pěnovým blokem. Soudržnost se vypočítá z maximální tahové síly.
- Odolnost výztužné vrstvy vůči rázu stanovená dle ČSN EN 13 497. Žádný z minimálně pěti pokusů nesmí být horší než požadavek pro deklarovanou úroveň:

I2 požadavek bez poškození při 2J a úroveň I10 požadavek bez poškození při 10 J.

- Odolnost vzorku vůči vtlačení ocelového trnu do základní vrstvy dle ČSN EN 13 498. Žádný z minimálně pěti pokusů nesmí být horší než požadavek pro deklarovanou úroveň:
PE200 – požadavek > 200 N a úroveň PE500 – požadavek > 500 N.

VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK VZORKŮ S VÝZTUŽNOU VRSTVOU

Zkoušky vzorků podle normami stanovených zkušebních postupů proběhly v akreditované zkušební laboratoři Kloknerova ústavu. Podrobné výsledky jsou uvedeny v protokolech o zkouškách a níže jsou uvedeny jen souhrnné výsledky.

Výsledky přídržnosti lepicí hmoty k tepelněizolačnímu materiálu (ČSN EN 13 494)

Zkoušky přídržnosti základní vrstvy k desce EPS proběhly na vzorcích podle normy ČSN EN 13 494 s výsledky přídržnosti mezi **50 až 105 kPa**. Pouze dva vzorky s polypropylenovými vlákny hmotnosti 50 g/m²/délky 5 mm a hmotnosti 100 g/m²/délky 40 mm nesplnily požadovanou mezní hodnotu 80 kPa.

Výztuž v základní vrstvě (g/m ² / dl. vláken mm)	Průměrné hodnoty přídržnosti (kPa)	Rozmezí hodnot přídržnosti (kPa)
výztužná síť	104,8 ± 1	93,1 - 123,5
PP vlákna 50/5	50,3 ± 1	50,2 - 50,3
PP vlákna 50/10	103,3 ± 1	90,9 - 112,8
PP vlákna 50/20	97,3 ± 1	92,5 - 103,8
PP vlákna 50/40	97,7 ± 1	84,7 - 109,4
PP vlákna 100/40	77,8 ± 1	64,9 - 91,6

Tabulka 1. Shrnutí výsledků průměrných hodnot přídržností základní vrstvy k tepelněizolačnímu materiálu

Výsledky stanovení soudržnosti vnějšího tepelněizolačního kompozitního systému (ETICS) (zkouška pěnovým blokem) (ČSN EN 13 495).

Zkoušky soudržnosti ETICS proběhly na vzorcích podle normy ČSN EN 13 495 s výsledky soudržnosti mezi **16 až 39 kPa**. Nejvyšší hodnou soudržnosti prokázal vzorek s polypropylenovými vlákny 100 g/m²/délky 40 mm.

PP vlákna (g/m ² /dl. mm)	Soudržnost (kPa)	Místo porušení vzorku
50/5	16	30 % stěrka, 70 % polystyren
50/10	19	50 % stěrka, 50 % polystyren
50/20	33	v pěnovém bloku
50/40	28	vytaženy kotvy, v polystyrenu
100/40	35	v pěnovém bloku

Tabulka 2. Shrnutí výsledků soudržnosti základní vrstvy

Výsledky odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti rázu (ČSN EN 13 497).

Odolnost vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů proti rázu se stanoví pomocí ocelové koule dopadající na povrch ETICS. Kvalitativně se hodnotí všechna vzniklá poškození (např. viditelnost výztuže, viditelné odchlípnutí povrchové úpravy nebo základní vrstvy, proražení vyztužené základní vrstvy).

Výsledky zkoušky odolnosti proti rázu proběhly na vzorcích podle normy ČSN EN 13 497 s výsledky, že **všechny vzorky s polypropylenovými vlákny v základní vrstvě splnily odolnost na úroveň I2**, tedy nebyly poškozeny při rázu o síle 2 J.

Výsledky odolnosti vnějšího tepelněizolačního kompozitního systému (ETICS) proti vtlačení (ČSN EN 13 498).

Odolnost proti vtlačení se stanoví na normovém strojním zařízení pro zkoušku odolnosti proti vtlačení do povrchu ETICS. Výsledky zkoušky měly hodnoty max. síly vtlačení mezi **240 až 480 kN**. Nevyšší odolnost byla zaznamenána na vzorcích s polypropylenovými vlákny hmotnosti 50 g/m²/ délky 40 mm a hmotnosti 100g/m²/délky 40 mm. Požadavek na úroveň PE 200 splnily všechny vzorky.

Výztuž v základní vrstvě (g/m ² / dl. vláken mm)	Průměrné hodnoty max. síly vtlačení (kN)	Rozptyl max. hodnot vtlačení (kN)
výztužná síť	483,9 ± 14	417,5 - 555,5
PP vlákna 50/5	278,3 ± 14	206,7 - 348,9
PP vlákna 50/10	239,1 ± 14	186,4 - 264,6
PP vlákna 50/20	270,2 ± 14	207,2 - 337,0
PP vlákna 50/40	349,4 ± 14	312,4 - 397,2
PP vlákna 100/40	320,0 ± 14	259,7 - 381,9

Tabulka 3. Shrnutí výsledků odolnosti základní vrstvy proti vtlačení

Závěrečné shrnutí

Laboratorní zkoušky prokázaly, že při vyztužení základní vrstvy polypropylenovými vlákny je dosaženo srovnatelných výsledků v porovnání s vyztužením sklotextilní síťovinou. Zkoušky dále prokázaly, že základní vrstva s polypropylenovými vlákny splní normové požadavky a je schopna nahradit či doplnit sklotextilní síťovinu. Základní vrstva s polypropylenovými vlákny zjednodušuje technologický postup a eliminuje základní chyby v realizaci ETICS. Přídržnost povrchové úpravy se k armovací stěrce zvyšuje v důsledku spojení polypropylenových vláken a povrchové úpravy.

Použitá literatura

- [1] Baunit: Technologický předpis pro zateplovací systémy, platnost od 1. 4. 2014
- [2] ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS), 2005
- [3] ČSN EN 13494 (727103) Tepelně izolační výrobky pro stavebnictví - Stanovení přídržnosti lepicí hmoty a základní vrstvy k tepelně izolačnímu materiálu tahovou zkouškou, 2003
- [4] ČSN EN 13 495 (727104) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Stanovení soudržnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) (zkouška pěnovým blokem), 2003
- [5] ČSN EN 13497 (727106) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti rázu, 2003
- [6] ČSN EN 13498 (727107) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Stanovení odolnosti vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému (ETICS) proti vtlačení, 2003
- [7] ČSN EN 13499 (727101) Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví - Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) z pěnového polystyrénu – Specifikace, 2004
- [8] Chemická vlákna ze syntetických polymerů [online]. [cit. 2011-12-09]. Dostupný z WWW:
< http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/synteticka_vlakna.pdf >

Aplikace pro výběr, hodnocení a správu subdodávek

Ing. Pavel Mečár^{1, a *}

¹ Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a mecar@syner.cz

Klíčová slova: softwarová aplikace, hodnocení subdodavatelů, databáze subdodavatelů, vícekritériální hodnocení nabídek subdodavatelů

Abstrakt. Tento příspěvek popisuje návrh softwarové aplikace obsahující metodiku hodnocení subdodavatelů a správy subdodavatelské databáze včetně prostředí pro vícekritériální hodnocení subdodavatelských nabídek. Aplikace byla navržena pro podporu výběrových řízení subdodavatelů - obsahující autorem navrženou metodiku hodnocení včetně archivace výsledků, subdodavatelskou databázi, pomůcky pro vícekritériální hodnocení nabídek subdodavatelů a automatizaci tvorby některých dokumentů spojených s procesem výběrových řízení subdodavatelů.

Prohlášení

Jednotlivé statě článku byly uveřejněny v disertační práci Výběr a hodnocení subdodavatelů ve stavebnictví – softwarové pomůcky a elektronická aukce [2] (DP nebyla zatím obhajovaná). V tomto příspěvku jsou uvedeny věrné reprodukce textů a obrázků sloužící pro účely vzdělávacích aktivit Workshopu doktorandů – tzn., nejsou v příspěvku uváděny přímé citace vlastního textu disertační práce v souladu s citační normou.

Úvod

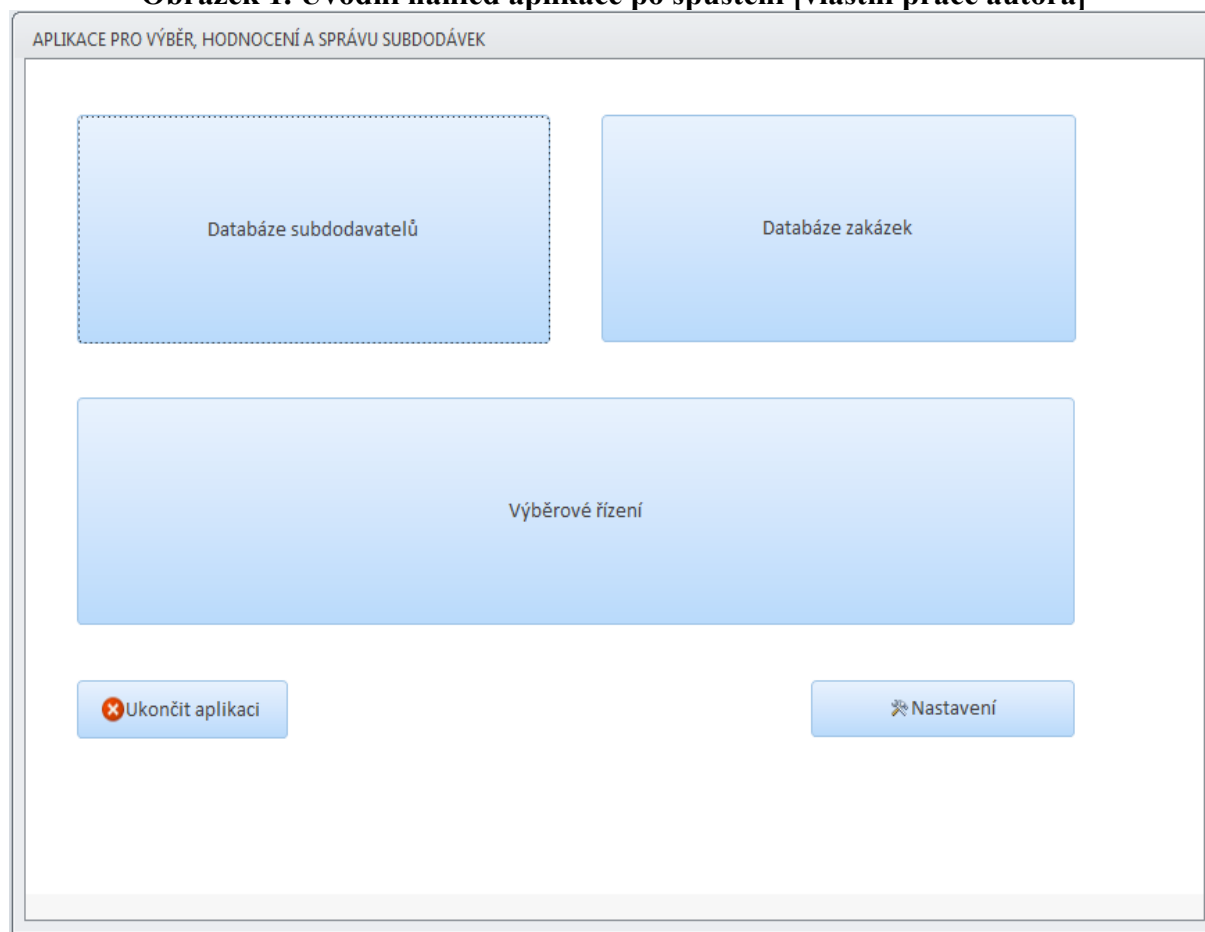
Navrhovaná metodika výběru a hodnocení [1, 2 s. 57 - 85] byla formalizovaná v softwarové aplikaci. Navržené metody a algoritmy pro výpočet hodnocení subdodavatelů, stanovování vah kritérií pro výběr subdodavatelů, jako i stanovování pořadí nabídek je podstatou inferenčního mechanismu aplikace. Inferenční mechanismus je ve vazbě s bází znalostní, která obsahuje údaje o zakázkách a subdodavatelích. Aplikace je navrhovaná na základě předchozího zkoumání v oboru pozemních staveb [2, s. 66 - 75] a proto je primárně určena pro tuto oblast (zejména z důvodu výzkumu reklamačních závad a stanovení rizikových skupin a navazujících indexů v oblasti pozemních staveb). Náhled úvodního zobrazení aplikace je uveden na obr. 1.

Aplikace obsahuje tyto funkční prvky (softwarové pomůcky):

- evidence stavebních zakázek (jméno, číslo, adresa, smluvní cena, pověřené osoby, data zahájení/ukončení),
- evidence subdodavatelů (kontakty, specializace, hodnocení, statusy, indexy, smluvní ceny stavebních zakázek pro společnost),
- hodnocení subdodavatelů a archivace výsledků hodnocení,
- vícekritériální hodnocení nabídek a archivace výsledků výběrových řízení,
- databáze subdodavatelů včetně automatické aktualizace po každém hodnocení subdodavatele,
- automatizace tvorby poptávkových listů,
- automatizace E - mailové poptávky,
- automatizace tvorby zakázkových listů (výstupy výsledků a způsobu hodnocení ve výběrových řízeních),

- automatizace tvorby objednávek a smluv,
- automatizace tvorby dopisů o ukončení výběrových řízení.

Obrázek 1. Úvodní náhled aplikace po spuštění [vlastní práce autora]



V rámci výše uvedených funkčních prvků jsou zapracovány tyto metody a jejich algoritmy:

- Saatyho metoda pro stanovení vah kritérií ve výběrových řízeních,
- Metfesselova alokace (100 bodů) pro stanovení vah hodnotících kritérií subdodavatelů,
- metoda pořadí pro stanovení pořadí variant,
- metoda váženého součtu pro stanovení pořadí variant.

Poznámka: Autor tohoto příspěvku navrhl funkcionalitu aplikace, vizuální stránku aplikace, postupy výběru a hodnocení uplatňované v aplikaci a samotnou náplň pro simulace (data). Samotná aplikace (programovací kód) byla vytvořena na základě objednávky externě.

Aplikace je programovaná v MS Access a MS Excel. Access zajišťuje řešení databáze pomocí jazyku SQL a je v něm logika celé aplikace. Pomocí programovacího jazyka VBA, se dynamicky generují Excelovské listy ve kterých se zobrazují výstupy aplikace – například tabulka subdodavatelů anebo tabulka vícekritériálního hodnocení nabídek. Jazyk SQL zajišťuje vytváření tabulek, propojení tabulek pomocí relací a dotazy nad tabulkami. Uživatelské interface jsou tvořeny v IDE MS Accessu za využití Forms.

Hodnocení a databáze subdodavatelů v softwarové aplikaci

Pro fungování a přehlednost celé aplikace se v prvním kroku vytvoří jednotlivé stavební zakázky, které společnost realizovala. Uložené údaje o zakázkách jsou znalostní bázi aplikace. Uživatel vytvoří novou zakázku vložení údajů do předpřipravené tabulky – viz obrázek 2.

Obrázek 2. Formulář pro vytvoření zakázky [vlastní práce autora]

Vytvoření zakázky

Název	Administrativní budova VANICE
Popis	novostavba administrativního komplexu
Číslo	AB12
Ulice	Zelená 223
Město	Praha 6
PSČ	16000
Smluvní cena	548 000 000,00 Kč
Číslo smlouvy	28/14/2882
Investor	Yonex court a.s.
Datum zahájení zakázky	1.11.2012
Datum předání zhotovené zakázky	5.1.2015
Hlavní stavbyvedoucí	Petr Mašina
Manažer projektu	Filip Liška

Všechny zakázky jsou zaznamenány v databázi zakázek, ve které může uživatel jednoduše listovat, filtrovat údaje a prohlížet archivované data jednotlivých stavebních zakázek. Databáze zakázek je zobrazena na obrázku 3.

Obrázek 3. Seznam zakázek [vlastní práce autora]

Zakázky

Hlavní menu Vytvoření zakázky Zobrazit podrobnosti zakázky

Zakázky podformulář

Označit	Název	Datum zahájen	Datum předání zhotovené zakázky	Smluvní cena
☐	Administrativní budova Vanice	13.3.2014	1.3.2015	548 000 000,00 Kč
☐	Mero Lovosice	16.10.2013	1.10.2015	156 985 000,00 Kč
☒	Telehouse	6.9.2012	1.10.2015	1 580 000 000,00 Kč
☐	Proton Centrum	30.10.2013	25.6.2014	960 500 000,00 Kč
☐	Bytový dom Michelska	27.1.2014	13.8.2015	356 900 000,00 Kč
☐	Základní Škola Petrovice	27.2.2015		158 000 555,00 Kč

Calendar: únor 2015

Záznam: 14 6 z 6 Bez filtru Vyhledávání

Dalším krokem po vytvoření zakázky je vložení subdodavatelů, kteří realizovali příslušnou zakázku do databáze.

Obrázek 4. Formulář pro vytvoření subdodavatele [vlastní práce autora]

Vytvoření subdodavatele

Název: PM mont

Druh společnosti: s.r.o.

Ulice: Na Šanci 8

Město: Praha 6

PSČ: 16000

IČO: 45000140

DIČ: CZ75000001

Specializace: fasády - lehké obvodové pláště

Přidání specializace

Kontaktní osoby

ID: 16

Subdodavatel: PM mont

Jméno: Jakub Briton

Telefon: 732 568 988

Kontakt: j.briton@seznam.cz

Poznámky

Subdodavatele je možné do databáze vkládat i bez přiřazení k zakázce – jako *Nové subdodavatele*. Obrázek 4 zobrazuje formulář pro přidání subdodavatele.

Ve formuláři uživatel vyplňuje údaje do volných polí, popřípadě má k dispozici roletové menu, kde vybírá z předdefinovaných údajů. Zejména se subdodavateli přiřazuje jeho specializace. V případě, že subdodavatel se zaměřuje na vícero stavebních částí, přiřadí se mu víc specializací. V databázi subdodavatelů je pak veden pod každou specializací samostatně a to pro možnost filtrování/vyhledávání subdodavatelů podle specializací do výběrových řízení. Současně je v databázi zaznamenáno hodnocení subdodavatele pro každou specializaci samostatně. To z důvodu různých rizikových skupin specializací a navazujících indexů.

Před samotným hodnocením subdodavatelů provede uživatel nastavení hodnotících kritérií – viz obrázek 5, v souladu s navrženou metodikou v předchozích kapitolách. K jednotlivým kritériím přiřadí uživatel body dle Metfesselove alokace (100 bodů) pro stanovení vah hodnotících kritérií subdodavatelů. Normalizované váhy se přepočtou automaticky dle příslušného vztahu.

Obrázek 5. Nastavení hodnotících kritérií [vlastní práce autora]

Nastavení hodnotících kritérií subdodavatele

Název: Administrativní budova Vanice

HodnoceníKriteria

Kriterium	Body	Váha
Kvalita provedených prací	25	0,25
Smluvní termíny	25	0,25
Smluvní podmínky	20	0,2
BOZP a EMS	10	0,1
Flexibilita dodavatele v průběhu realizace - změny díla	10	0,1
* [včetně]	0	
BOZP a EMS		
Kvalita provedených prací		
Smluvní termíny		
Smluvní podmínky		
Flexibilita dodavatele v průběhu realizace - změny díla		
Odstraňování reklamačních závad		

Suma bodů: 90

Uložit

Po vytvoření zakázek, vložení všech subdodavatelů, kteří na zakázce participovali do databáze, a nastavení hodnotících kritérií provede hodnotitel hodnocení všech subdodavatelů.

Obrázek 6. Formulář hodnocení subdodavatele [vlastní práce autora]

Hodnocení subdodavatele

Výsledné hodnocení: 1,65

Index: 1,03

Status: Velmi dobrý subdodavatel

Hodnotitel: Petr Liška

Upozornění: ☒

Hodnocení subdodavatele

Kriterium	Body	Váha	Hodnocení	Hodnocení za kritérii	Poznámka
Kvalita provedených prací	25	0,25	1	0,25	
Smluvní termíny	25	0,25	2	0,5	
Smluvní podmínky	20	0,2	3	0,6	spory o rozsah díla
BOZP a EMS	10	0,1	1	0,1	
Flexibilita dodavatele v průběhu realizace - změny	10	0,1	1	0,1	

Záznam: 1 z 6

Přepočítat a uložit

Hodnocení se provádí do hodnotícího formuláře – viz obrázek 6, ve kterém hodnotitel známkuje subdodavatele v jednotlivých hodnotících kritériích. Po zadání příslušného hodnocení každého kritéria aplikace provede výpočet dle navržených algoritmů a nastavených parametrů. Aplikace přiřadí hodnocenému subdodavateli celkové hodnocení, index i status subdodavatele.

Na základě výsledného celkového hodnocení se subdodavateli přiřadí index/koefficient. Tyto koeficienty jsou přiřazovány na základě specializace subdodavatele a navazujících rizikových skupin. Vše v souladu s navrženou metodikou [2, kapitola 3.1.4.]

Výsledky hodnocení subdodavatele po skončené zakázce se automaticky přenesou do databáze subdodavatelů. Databáze uchovává všechny relevantní informace o všech subdodavatelích. U těch, kteří pro společnost již zakázky realizovali, se zobrazuje jejich průměrné hodnocení, koeficient/index, součet výši smluvních cen realizovaných pro společnost, počet zakázek realizovaných pro společnost a poznámky.

Obrázek 7. Databáze subdodavatelů [vlastní práce autora]

Návrat do menu

Podrobnosti subdodavatele

Export do VR

Export poptávkového dopisu

Nový subdodavatel

Export poptávky Email

	Označit	Název	Druh společ	Objem zakázek pro společnost	Status	Koeficient subdodavatele	Průměrné hodnocení všech zakázek	Počet zakázek pro společnost	Hodnotitel	Specializace
	☐	Spidek	a.s.	2 561 023,00 Kč	Velmi dobrý subdodavatel	1,02	1,09	2	28:45	monolitické konstrukce
	☐	PM mont	s.r.o.	544 000,00 Kč	Dobrý subdodavatel	1,05	2	1	11	fasády - lehké obvodové
	☐	Liapar	s.r.o.	3 658 000,00 Kč	Velmi dobrý subdodavatel	1,03	1,4	1	25	zakládání
	☐	Montall	s.r.o.	123 560,00 Kč	Dobrý subdodavatel	1,04	2,2	1	15	sádrokartony
	☐	Zaratelekros	s.r.o.	458 000,00 Kč	Výborný subdodavatel	1	1	1	25	vzduchotechnika
	☐	Holban	osvč	123 485 200,00 Kč	Výrazné výhrady	1,09	3,3	3	12:25:36	fasády - lehké obvodové
	☐	Bekret	a.s.	58 984 800,00 Kč	Velmi dobrý subdodavatel	1,03	1,4	5	9:8:25:30:14	vytápění
	☐	CL- Eltik	s.r.o.	36 500 000,00 Kč	Velmi dobrý subdodavatel	1,03	1,3	4	8:15:12:3	vzduchotechnika
	☐	Doripetra	a.s.	2 568 900,00 Kč	Nevyhovující subdodavatel	1,11	4	1	8	monolitické konstrukce
	☐	Eliprom	s.r.o.	399 800,00 Kč	Výrazné výhrady	1,1	3,1	1	14	slaboproudé elektroinstal
	☐	Grandmont	s.r.o.	15 459 625,00 Kč	Výborný subdodavatel	1	1	2	2:8	silnoproudé elektroinstal
	☐	Zoplo	osvč	368 457,00 Kč	Nevyhovující subdodavatel	1,14	4,2	1	7	dveře dřevu
	☐	Center	a.s.	158 000,00 Kč	Výborný subdodavatel	1	1	1	6	bazény
	☐	Raventa	osvč	598 000,00 Kč	Výrazné výhrady	1,09	3,4	1	23	fasády - lehké obvodové
	☐	Ormus	a.s.	981 453,00 Kč	Výborný subdodavatel	1	1	4	1:3:9:12	instalace plynu
	☐	Natra	s.r.o.	783 524,00 Kč	Výrazné výhrady	1,09	3,7	1	9	fasády - lehké obvodové
	☐	Pokorný	osvč	1 264 734,00 Kč	Velmi dobrý subdodavatel	1,03	1,2	2	6:7	drátkobeton

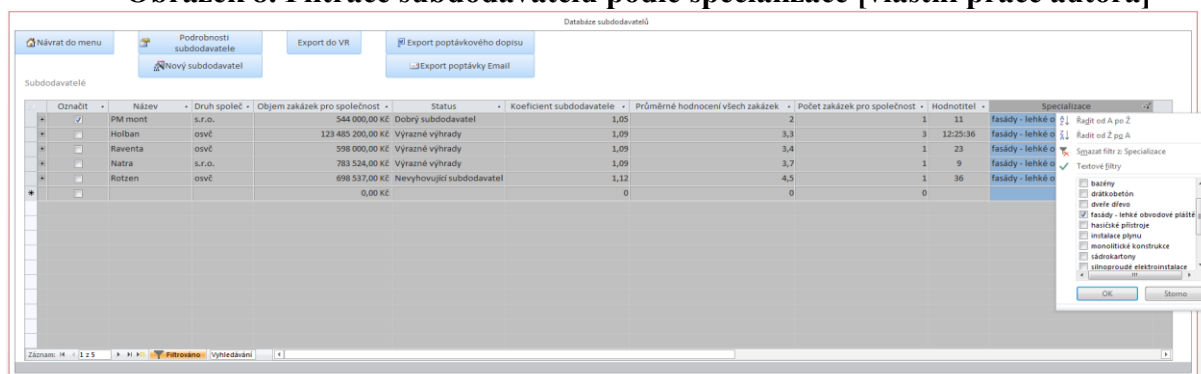
Záznam: 1 z 19

V databázi může uživatel libovolně filtrovat, vyhledávat, popřípadě získávat další potřebné informace o subdodavatelích přímo od jiných zaměstnanců, kteří s daným subdodavatelem spolupracovali.

Výběrové řízení subdodavatelů v softwarové aplikaci

Uživatel, v prvním kroku zahájení výběrového řízení, vytipuje potenciální subdodavatele pomocí filtrace v databázi subdodavatelů. Filtrace použitá v náhledu na obrázku 8, je podle specializace subdodavatelů, v tomto případě fasády – lehké obvodové pláště.

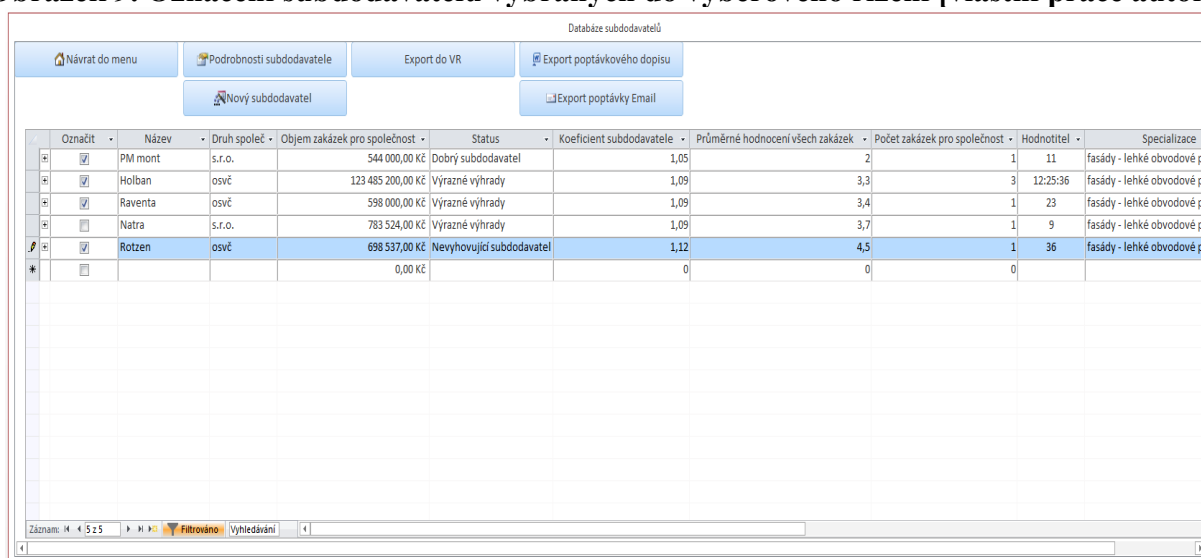
Obrázek 8. Filtrace subdodavatelů podle specializace [vlastní práce autora]



Aplikace umožňuje export poptávkových dopisů a rozeslání na označené subdodavatele (označení zaškrtnutím anebo pomocí myši a klávesy Shift). Součástí informací v poptávkových dopisech je nastavení výběrového řízení – tzn. určení kritérií výběru a stanovení vah jednotlivých kritérií.

V dalším kroku uživatel vytipované subdodavatele označí a exportuje je do prostředí vícekritériálního hodnocení subdodavatelů.

Obrázek 9. Označení subdodavatelů vybraných do výběrového řízení [vlastní práce autora]



Samotnému procesu vícekritériálního hodnocení nabídek v aplikaci předchází samotné nastavení, jelikož u každého výběru mohou být kritéria i váhy rozdílné. V navrhované metodice jsem se zaměřoval zejména na zohlednění kvality (zkušeností) subdodavatele jako jediného kritéria kromě ceny. V některých případech výběrových řízení ale nerozhoduje jenom cena, ale důležitější jsou jiné kritéria – například délka výstavby, popřípadě záruky atp. Zvýšením nároků na jiné kritéria se toto projeví ve výši nabízené ceny. V takových případech je nutné přizpůsobit vícekritériální hodnocení a to v aplikaci reprezentuje její nastavení.

Nastavení aplikace probíhá ve třech krocích.

- 1) *Nastavení kritérií* – uživatel do předpřipraveného formuláře zadá formou výběru z roletového MENU kritéria, popřípadě manuálně doplní další název kritéria. V druhé části formuláře, vzhledem k stanoveným metodám stanovení pořadí variant, uživatel zaškrtně ty kritéria, při kterých je lepší nižší hodnota. U neoznačených platí vyšší hodnota je lepší.

Obrázek 10. Nastavení kritérií v aplikaci [vlastní práce autora]

The screenshot shows the 'Nastavení výběrového řízení' application window. The 'Nastavení kritérií' tab is active. On the left, there are five dropdown menus for 'Kritérium 1' through 'Kritérium 5'. 'Kritérium 1' is set to 'Cena', 'Kritérium 2' to 'Záruka', and 'Kritérium 5' to 'Termín dodání'. On the right, there is a table with two columns: 'Název kritéria' and 'Nižší je lepší'. The table contains three rows: 'Cena' (checked), 'Záruka' (unchecked), and 'Termín dodání' (checked). A blue arrow button is at the bottom right.

- 2) *Ohodnocení kritérií* – uživatel sám anebo za pomoci expertní skupiny určí preference každého kritéria vůči jinému kritériu formou přímého zadání hodnoty do Saatyho matice. Uživatel vkládá hodnoty na základě deskriptorů uvedených vedle tabulky a hodnotou určuje míru důležitosti jednoho kritéria před druhým. Po zadání hodnot aplikace na základě naprogramovaných algoritmů automaticky spočte geometrický průměr kritérií a normovanou váhu.

Obrázek 11. Určení vah hodnotících kritérií nabídek [vlastní práce autora]

The screenshot shows the 'Nastavení výběrového řízení' application window with the 'Ohodnocení kritérií' tab active. It features a Saaty matrix table for comparing criteria (Cena, Záruka, Termín dodání) with a dropdown menu for selecting values (1, 3, 5, 7, 9, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 0). To the right, there is a table titled 'Intenzita relativních důležitostí' with two columns: 'Intenzita relativních důležitostí' and 'Definice důležitosti'. The table contains five rows: 1 (stejná), 3 (slabá), 5 (silná), 7 (prvotřídní), and 9 (absolutní). Below this table is a button 'Přepočítat průměry' and two navigation arrows.

- 3) *Nastavení hodnotící metody* – Aplikace obsahuje dvě metody stanovení pořadí variant. Metodu pořadí a metodu váženého součtu (Weighted sum product – WSA).

Obrázek 12. Výběr metody pro stanovení pořadí variant [vlastní práce autora]

The screenshot shows a web application window titled 'Nastavení výběrového řízení'. It has four tabs: 'Nastavení kritérií', 'Ohodnocení kritérií', 'Nastavení hodnotící metody' (which is active), and 'Souhrn'. In the active tab, there are two blue buttons: 'Metoda pořadí' and 'Metoda váženého součtu'. At the bottom right, there are two navigation buttons: a dashed blue button with a left arrow and a solid blue button with a right arrow.

Uživatel vybere jednu z metod a šipkou se přesune na finální tabulku nastavení vícekriteriálního hodnocení nabídek.

Obrázek 13. Souhrn nastavení vícekriteriálního hodnocení nabídek subdodavatelů [vlastní práce autora]

The screenshot shows the same web application window, but now the 'Souhrn' tab is active. It displays a summary of the settings. On the left, under the heading 'Souhrny', there are three rows of labels and input fields: 'Cena' with the value '0,545454545454546', 'Záruka' with the value '0,363636363636364', and 'Termín dodání' with the value '0,0909090909090909'. Below these are two empty input fields. On the right, under the heading 'Metoda výpočtu', there is a dropdown menu showing 'Metoda pořadí'. At the bottom right, the navigation buttons are updated: the left arrow button is still dashed blue, but the right arrow button is now solid blue and contains a small icon of a document with a checkmark.

Po kontrole uživatel vybere ikonu pro odsouhlasení nastavení. Aplikace automaticky zobrazí hodnotící tabulku *Výběrového řízení* s přednastavenými hodnotami a metodami.

Obrázek 14. Výsledky výběrového řízení [vlastní práce autora]

Výběrové řízení

Název: Administrativní budova Vanice
Specializace: fasády - lehké obvodové pláště
Obchodní cena: 88548000

Nastavení VR

Název	Označit	Cena	Index	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4	Kritérium 5	Pořadí
PM mont	☐	88555555	1,03	0	60	10	0	0	5
Holban	☐	87555222	1,04	0	60	9	0	0	3
Natra	☐	88444111	1,06	0	60	8	0	0	2
Raventa	☐	85000000	1,04	0	90	10	0	0	4
Zoplo	☐	92555666	1,04	0	60	10	0	0	5
GrandMont	☒	84000000	1,04	0	90	8	0	0	1

Záznam: 14 6 z 6 Bez filtru Vyhledávání

Vítěz: GrandMont
Hodnotitel: Petr Liška

Přepočítat

Po obdržení nabídek od poptaných subdodavatelů, hodnotitel doplní údaje do přednastavené tabulky. V uvedeném případě doplní nabízenou cenu, délku záruky a délku výstavby. Index a indexovanou cenu do výběrového řízení doplní aplikace automaticky dle výsledků hodnocení subdodavatelů a navržené metodiky. Systém na základě nastavených algoritmů vyhodnotí zadané údaje a určí pořadí uchazečů.

Literatura

- [1] MEČÁR, P. Proposal of Subcontractor's Evaluation Methodology after the Realisation of the Construction Project. In: Applied Mechanics and Materials. 2015, Vol. 796, pp. 119-124 ISSN 1660-9336.
- [2] MEČÁR, P. Výběr a hodnocení subdodavatelů ve stavebnictví – softwarové pomůcky a elektronická aukce. Praha: ČVUT 2015. Disertační práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technologie staveb (práce je v době publikace tohoto příspěvku podaná k obhajobě – zatím neobhajovaná).

Chemical and Mechanical properties of the fly ash from coal combustion

POLACEK Jaromir^{1, a*}, SULC Rostislav^{1, b}, and FORMACEK Petr^{1, c}

¹ CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Technology, Czech Republic

^ajaromir.polacek@fsv.cvut.cz, ^brostislav.sulc@fsv.cvut.cz, ^cpetr.formacek@fsv.cvut.cz

Keywords: fly ash, fly ash fluidized, physical properties, chemical properties, coal combustion

Abstract. Environmental impacts and sustainable development are two words, which are mentioned every day. The responsibility of our generation is growing up. People consider about the new ways of using materials. Some of them were waste in the recent past. In present time people think about the possibilities how the waste could be reduced, recycled, reused or recovered. In this paper are presented the chemical and physical properties of different coal ash. In the research were tested the XRD analyse, the quantity of Free CaO, the granulometry, volume stability, loose bulk density and shake down loose bulk density.

Introduction

This article describes the characteristic properties of the fly ash from coal combustion and it is a part of comprehensive research which is exploring new ways of using fly ash from coal combustion for construction materials. This part of research finds the physical and chemical properties of each type of fly ash from coal combustion (fluid fly ash).

Powdery fly ash has been studied longer than fly ash produced during fluid coal combustion (fluid-fly ash). Powder fly ash is usually used in civil engineering especially in production of construction materials. It has a very positive impact for the environment. The problem is that the fluid-fly ash has a worse quality and different properties. The properties are based on the method of producing fluid-fly ash.

In the Czech Republic are used black coal and brown coal for production of energy in the power plant. The basic raw material is the first influencing aspect for final properties of fly ash. Table 1 shows the compound content in each type of coal.

Table 1 Chemical compounds content in brown and black coal [5]

Chemical Compound	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
Black Coal [%]	50-57	25-30	3.5-8	0-1	2-4	1.5-3	2.5-5	0.2-2	0.5-1.2
Brown Coal [%]	43-60	19-34	3-6	1-7	4-6	0-2	0-2	0.5-1	0-5

The second influencing aspect for final properties of fly ash is the way of combusting. In present time are three methods for coal combustion. These methods are divided by the fireplace by the method of combustion: grid fireplace, powdered fireplace and fluid fireplace. Combustion on the grid is not usually used in present time and the fly ash from this type of combustion is not included in our research. The remaining two methods of combustion are usually used in present time. The powdered fireplace is very common in the Czech power plants, because there can be used the various quality coal (black, brown, coal with admixtures). The fluid fireplace has a lot of advantages. There can be used the various quality coal, the fuel circulate in the system and it is perfectly combusted, low emissions of NO_x and SO₂ is reduced during combustion. The lime is used for reducing SO₂. Table 2 shows the average value of chemical composition of fly ash depending on the method of combusting.

Table 2 Average value of chemical composition of fly ash depending on the method of combusting [5]

Chemical Compound	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Rest
Powder fly ash [%]	52.22	28.01	3.09	1.38	2.37	9.66	0.6	0.51	1.59	5.9
Fluid-fly ash [%]	42.34	19.44	18.2	2.49	1.55	5.79	5.26	0.37	1.41	10.7

The research was focused on the properties of fluid fly ash and powdered fly ash.

Sampling of coal ash

The first step of this research is comparing the same type of fly ash which was produced in different date. Properties were compared of powder fly ash (powder FA), fluid fly ash (fluid FA), fluid coal ash from fireplace (fluid FP), mixed fluid coal ash from Fluid FA and Fluid FA (fluid MIX 1) and mixed fluid coal ash from Fluid FA and Fluid FP (fluid MIX 2) from different silos. The used methods were taken over from standards. Some method, which standards describe, was modified because of better evaluation of fly ash.

Used fly ash was collected from powerplant Počerady (EPC), Tušimice (ETU) and Tisová (ETI). The following table shows used fly ashes and place of origin:

Table 3 Samples of fly ash

Place of origin	Type of coal ash	Date of sampling	Number of samples
Počerady	Powder FA	2013, 2014	4
Tušimice	Powder FA	2013, 2014	3
Tisová K9	Powder FA	2014	2
Tisová K11+K12	Fluid FA	2013, 2014	8
Tisová K11+K12	Fluid FP	2013, 2014	8
Tisová K11+K12	Fluid MIX 1	2013, 2014	5
Tisová K11+K12	Fluid MIX 2	2013, 2014	5

There were researched following properties:

- Chemical properties
- Specific weight (ČSN 72 2071, ČSN 72 2080, ČSN EN 1097-7)
- Loose bulk density and Shake down loose bulk density (ČSN 72 2071, ČSN 72 2080)
- Content of free CaO
- Granulometry
- Volume Stability

Chemical properties and content of free CaO

Chemical properties. Chemical properties of coal ash were analyzed with XRD analyse ARL 9400 XP. The average of all values shows Table 4. Table 4 shows the chemical compounds which were found in each type of coal ash:

Table 4 Chemical composition of coal ash

Chemical Compound	w [%]				
	Powder FA	Fluid FA	Fluid FP	Fluid MIX 2	Fluid MIX 1
Al ₂ O ₃	34.46	30.13	27.41	28.84	30.00
SiO ₂	49.03	35.94	32.78	34.30	36.00
SO ₃	0.48	5.91	7.31	7.69	5.29
CaO	2.04	13.95	21.29	16.51	14.74
Fe ₂ O ₃	7.20	5.41	3.43	4.56	6.10
TiO ₂	3.06	6.25	5.83	5.96	5.38

The biggest differences are in quantity of SiO₂ and CaO. The difference in SO₃ between powder fly ash and fluid fly ash is caused by reducing of sulphur in fireplace. The powder fly ash produced in powdered boiler have negligible amount of CaO. On the other hand the value of CaO in fluid fly ash is 6.5% on an average. The quantity of CaO is significant aspect for categorization of fly ash.

Free CaO. Further research was focused on the quantity of CaO which is not chemically bonded and can affect the properties of material – Free CaO. The quantity of Free CaO in fly ash was tested only in fluid fly ash produced in Tisova. Table 5 shows the quantity of free CaO in coal ash from Tisova depending on the type of fly ash.

Table 5 Quantity of free CaO

Type of coal ash	Free CaO [%]
Powder FA	0.93
Fluid FA Silo K12	7.61
Fluid FP Silo K12	8.87
Fluid MIX 1 Silo K12+K11	5.83
Fluid MIX 2 Silo K12+K11	6.94

The free CaO was detected in each type of fly ash. Fluid FP Silo K12 contains the most quantity of free CaO whereas Fluid MIX 2 contains the least quantity of free CaO. The Standard ČSN EN 450-1 allows a maximum 1.6 % [6] of Free CaO in fly ash which can be used for concrete. The standard does not describe the reason of this measure.

Physical properties of coal ash

Granulometry. The further part of research was determining of the size of particles in each type of fly ash. This property was detected with Particle Sizer Analyssete 22 NanoTec in University of Chemistry and Technology Prague (UTC Prague). This instrument uses the liquid method – the samples are placed into some liquid. The high-temperature fly ashes were mixed with water whereas the fluid fly ashes were mixed with isopropanol. Isopropanol was used due to free CaO.

Table 6 and

Table 7 summarize the values for high-temperature fly ash and fluid fly ash depending on the silos of origin.

Table 6 Granulometry – Powder FA

Type of coal ash	Počerady Silo A	Počerady 1	Počerady 2	Tušimice 1	Tušimice 2	Tušimice 3	Tisová K9
d _{63,8} [μm]	42.96	41.04	32.91	51.77	14.02	4.24	35.76
d ₅₀ [μm]	28.94	27.69	20.73	36.39	8.80	3.05	24.63

Table 7 Granulometry – Fluid FA, Fluid FP, Fluid MIX 1, Fluid MIX 2

Type of ash	Fluid FA K11	Fluid FP K11	Fluid FA K12	Fluid FP K12	Fluid MIX 2	Fluid MIX 1
d _{63,8} [μm]	36.75	252.59	36.37	191.82	28.90	26.69
d ₅₀ [μm]	27.11	208.46	23.05	160.66	15.25	16.14

Powder FA are coarse-grained particulars than fluid ashes. Fluid MIX 1 and Fluid MIX 2 are more small-grained than powder FA.

Volume stability. The measuring of volume stability is usually doing with standards ČSN 72 2071 [1] and ČSN 72 2080 [2]. The methods mentioned in those standards are not objective due to type of material. The chosen method (Le Chatelier) is supported on the standard ČSN 196-3 + A1. This standard is usually used for grout. For comparing there were tested the mixture of cement and coal ash in ration 25:75. All samples were not mixed by the rules written in standard and volume stability was tested after that. All samples were compared by the ČSN 450-1 [6]. ČSN 450-1 allows the maximum change 11 mm [6]. **Table 8** shows the values for each type of tested fly ash.

Table 8 Volume stability

Type of coal ash	Starting value [mm]	Volume stability [mm]
Fly ash	17.5	1.0
Fluid FP	36.3	8.7
Fluid FA	13.9	1.2
Fluid MIX 1	13.2	0.8
Fluid MIX 2	26.3	3.4

The worst value of volume stability is reached with Fluid FP which contains the largest amount of CaO and also has the biggest d₅₀. This type of coal ash has the biggest initial expansion. Fluid MIX 2 is the second worst type of coal ash due to volume stability. It is caused by presence of fluid FP ash in Fluid MIX 2. Fluid FA reached the value 1.2 mm. It was unexpected value because of quantity of free CaO in Fluid FA (see Table 5). All samples comply with requirement of ČSN EN 450-1 which is 11 mm [6].

Specific weight. This parameter was tested according to requirements of ČSN 72 2071 [1] and ČSN 72 2080 [2]. The pycnometer was in accordance with ČSN EN 1097-7 []. **Table 9** shows the specific weight according to type of coal ash

Table 9 Specific weight

Type of coal Ash	Specific weight [g/cm ³]
Powder FA	2.388
Fluid FP	2.979
Fluid FA	2.815
Fluid MIX 1	3.384
Fluid MIX 2	3.050

The lowest specific weight, which is in standard interval, has Powder FA. Values of Fluid FP and Fluid FA are bigger than Powder FA. Specific weight of Fluid MIX 2 is bigger than average of each particular coal ash. Nonstandard specific weight was detected in Fluid MIX 1. It is caused by the way of transport during formation of this type of ash.

Loose bulk density. Loose bulk density was made according to requirement of ČSN 72 2080 [2]. Table 10 shows the values loose bulk density and shake loose bulk density of each type of coal ash.

Table 10 Loose bulk density and Shake down loose bulk density

Type of coal ash	Loose bulk density [g/cm ³]	Shake down loose bulk density [g/cm ³]
Powder FA	0.779	0.997
Fluid FP	1.008	1.150
Fluid FA	0.530	0.723
Fluid MIX 1	0.519	0.678
Fluid MIX 2	0.921	1.158

Fluid MIX 1 and Fluid FA have lower value of loose bulk density than Powder FA. Fluid FP has the loose bulk density twofold. Fluid MIX 2 has the value similar to Fluid FP. Fluid MIX 2 has the biggest difference between loose bulk density and shake down loose bulk density. Powder FA reached the next best values. Fluid FP reached the worst value in difference.

Summary

According to the published results of the all published in this paper, the properties of fluid fly ash are comparable with the powdered fly ash. Results have shown that the properties of each type of the coal ash do not depend on the place of origin and the date of sampling. These facts confirmed the possibilities of the use in the industry. The quality of the final materials should be guaranteed. The results will be used for the further research.

Acknowledgment

The present work could be implemented thanks to the financial support of SGS13/164/OHK1/3T/11 „Composite materials based on ternary binder”, project FR-TI4/582 in program TIP MPO and company ČEZ Energetic products s.r.o. and the project “Support for improving teams in research and development and the development of intersectoral mobility at Czech Technical University in Prague” OP VK CZ.1.07/2.3.00/30.0034, which allowed for funding of Dr. Šulc's postdoctoral research.“

References

- [1] ČSN 72 2071. Popílek pro stavební účely - Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 31 s. Třídící znak 72 2071.
- [2] ČSN 72 2080. Fluidní popel a fluidní popílek pro stavební účely - Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 33 s. Třídící znak 72 2080.
- [3] ČSN EN 451-1. Metoda zkoušení popílku - Část 1: Stanovení obsahu volného oxidu vápenatého. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 33 s. Třídící znak 72 2061.
- [4] RŮŽIČKOVÁ, Z., J. SRB a M. MAYEROVÁ. Popílky - Jejich úprava a Využití. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1983.

[5] MEDVECOVÁ, Jaroslava a Petr MUŽÍK. *Nová surovina – fluidní popílek z tepelné elektrárny Hodonín* [online]. Brno: VUT v Brně, ©2014 [cit. 2014-03-06]. Publish on the URL: http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/04_Fyzikalni%20a%20stavebne%20materialove%20inzenyrstvi/4_01_Fyzikalni%20a%20chemicke%20vlastnosti%20stavebnich%20hmot/Medvecova_Jaroslava2.pdf

[6] ČSN EN 450-1. *Popílek do betonu - Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. 27 s. Třídící znak 72 2064.

Technologie a doba provádění ocelových konstrukcí

SVOBODOVÁ Kateřina^{1, a *}, JARSKÝ Čeněk^{2, b}

^{1, 2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^asvobodova.katerina@gmail.com, ^bjarsky@contec.com

Klíčová slova: Ocelové konstrukce, technologie staveb, stanovení ceny ocelových konstrukcí, databáze činností ve výstavbě, software pro přípravu staveb

Abstrakt. Článek představuje část disertační práce autorky, jejímž předmětem je vytvoření podkladu pro co nejpřesnější odhadování ceny a doby provádění ocelových konstrukcí. Příspěvek informuje o současném stavu problematiky stanovování ceny a doby realizace ocelových konstrukcí, o důležitosti důsledné přípravy staveb, o významu ocelových konstrukcí ve stavebnictví. Text obsahuje kroky, které jsou nutné k dosažení požadovaného výstupu a jeho předpokládanou formu. Ve stručnosti je představen software, na kterém autoři pracují. Je také uveden přínos, který budou mít získané poznatky, jejichž část bude využita při vývoji softwaru.

1. Úvod

1.1 Představení autorů. Autorkou článku je studentka doktorského studia na katedře technologie staveb, která se ve své disertační práci zabývá standardizací ve stavebnictví s oblastí zájmu v oboru ocelových konstrukcí. Prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., Feng je školitelem autorky. Je to zkušený profesionál v oboru technologie staveb. Zabývá se využitím výpočetní techniky v přípravě a řízení realizace staveb. Je například autorem expertního programového systému CONTEC pro přípravu a řízení stavební výroby [2].

1.2 Ocelové konstrukce. Využití oceli v České republice je podstatně nižší než v jiných vyspělých zemích. Přitom výroba oceli je zde na vysoké úrovni a ocel se vyznačuje mnoha přednostmi, které ji staví mezi nejdůležitější stavební materiály. Ocel má vysokou pevnost vzhledem k hmotnosti. Je velmi adaptabilní, lze dosáhnout téměř jakéhokoli tvaru. Je až z 90% recyklovatelná a tedy zapadá do systému udržitelnosti. Vyznačuje se rychlou montáží. Umožňuje průmyslovou výrobu, automatizaci, nepodléhá nutnosti montáže v určité sezóně.

V poslední době klesá cena šrotu a železné rudy. Dle predikce pro rok 2015 až 2020 bude tento trend pokračovat a cena oceli bude kopírovat vývoj cen vstupních materiálů. Navíc výhled na rok 2016 ukazuje, že by se zjevná spotřeba ocelářských výrobků v ČR, Německu, Polsku a dalších evropských zemích měla přiblížit poslednímu maximu z roku 2007. Výroba oceli v ČR má také po krizových letech 2008 až 2012 vzrůstající tendenci. Od krizového roku 2012 se meziročně postupně zvyšuje procento, které z celkové produkce oceli spotřebovává stavebnictví. EK přijala v roce 2013 dokument průmyslové politiky, jehož cílem bylo zvrátit klesající podíl průmyslu a z 15 % HDP dosáhnout v roce 2020 hodnoty 20 %. Bylo přijato heslo „nevytvářejme průmyslové muzeum v Evropě“.[6]

V ČR by měla být snaha o zvyšování poptávky, trh je orientován proexportně a potenciál oceli tak zde není plně využit. Z výše zmíněných důvodů je obor ocelových konstrukcí oborem, kterému by měla být věnována pozornost.

1.3 Stanovení ceny a doby realizace ocelových konstrukcí. U většiny stavebních projektů je volba hlavního materiálu a tvaru konstrukce rozhodnuta v rané fázi procesu návrhu na základě malého množství informací s ohledem na dostupné finance a požadované parametry. Jakmile je

zvolen hlavní materiál a tvar, je již málo pravděpodobné, že se v budoucnu bude navržená konstrukce zásadně měnit, neboť by to mělo vliv na velkou řadu dalších významných s typem konstrukce souvisejících prvků. [1]

Pro úspěšný návrh je nutné vycházet z předpokládané ceny, technologie provádění a doby realizace, která se co nejvíce blíží realitě. Je však velmi těžké na počátku odhadnout tyto hodnoty, neboť ještě není hotový projekt a neznáme tak mnohdy velmi podstatná fakta, která výsledek ovlivní.

Při odhadování ceny a doby realizace ocelových konstrukcí se vychází z historických dat nebo je spoléháno na odborný odhad. Historickými daty disponuje malá část společností, větší část neumí informace z již realizovaných projektů správně zhodnotit, neumí s nimi pracovat, a proto se spoléhá na odborný odhad svých zaměstnanců. Projekty jsou však často velmi rozmanité a do procesu vstupují stále nové významné faktory, které výsledné parametry velmi ovlivní. Pro realistický odhad je tedy nutná dlouholetá zkušenost s velkým množstvím rozmanitých projektů.

První odhad navíc často provádí rozpočtář, projektant nebo dokonce architekt. Tyto osoby často nemají s výrobou a montáží ocelových konstrukcí žádné zkušenosti, vycházejí z různých studií a ceníků, a vždy používají stejný postup bez ohledu na parametry konstrukce. Odborník do procesu vstupuje až v době, kdy je hotový projekt, a to už je na větší změny pozdě.

Cílem autorky je vytvořit podklady pro co nejpřesnější odhadování hmotnosti, ceny a doby realizace budoucí ocelové konstrukce a současné vytipování všech faktorů majících na tyto parametry vliv, s určením důležitosti faktorů pro prvotní a další fáze procesu návrhu. Podobné studie v různých podrobnostech již byly vytvořeny v zahraničí [3], většinou však byla výsledkem pouze průměrná cena na jednotku, která je vztažena na daný trh a nelze ji využívat pro oceňování konstrukcí v České Republice.

2. Postup zpracování podkladů pro co nejpřesnější odhadování hmotnosti, ceny a doby realizace projektované ocelové konstrukce

V první fázi byl rozeslán dotazník zástupcům firem, které vyrábí a montují ocelové konstrukce. Hlavním účelem dotazníku je zjištění způsobu stanovení nabídkové ceny, harmonogramu a formy případné databáze hotových projektů. Pro datovou základnu autorka shromažďuje následující podklady:

- Výkresové dokumentace projektů
- Rozpočty projektů
- Časové snímky, videozáznamy výroby a montáže
- Informace asociací ocelových konstrukcí
- Další dostupné informace

Až bude k dispozici dostatečné množství projektů, jsou v plánu následující kroky:

- Rozdělení konstrukcí
- Rozdělení prvků konstrukcí
- Stanovení průměrné hmotnosti prvků na měrnou jednotku konstrukce
- Stanovení průměrné doby výroby a montáže
- Stanovení přepočtových koeficientů
- Shrnutí poznatků do přehledných tabulek
- Vytvoření návodu pro přesnější výpočet ceny a doby provádění pro pozdější stadia projektu

2.1 Rozdělení konstrukcí. Konstrukce budou rozděleny do kategorií, dle účelu, typu, počtu podlaží, složitosti konstrukce, a dalších parametrů podstatných pro stanovení průměrných cen a hmotnosti prvků konstrukce na měrnou jednotku. Samostatnou kategorií tak budou tvořit například: lávky, mosty, rozhledny, haly, schodiště, apod.

2.2 Rozdělení prvků konstrukcí. Ocelové konstrukce budou rozděleny na prvky dle účelu, typu, a dalších parametrů podstatných pro stanovení pracnosti na měrnou jednotku. Prvky budou rozděleny do kategorií, jako jsou například: nosné rámy, spoje, svary, táhla, opláštění apod.

2.3 Stanovení průměrné hmotnosti prvků na měrnou jednotku konstrukce. U každé kategorie konstrukce bude stanovena průměrná hmotnost jednotlivých prvků na měrnou jednotku (např.: m² podlahové plochy, m³).

2.4 Stanovení průměrné doby výroby a montáže. Bude stanovena průměrná doba provádění a cena výroby a montáže prvků konstrukcí v závislosti na faktorech, které tyto parametry ovlivňují. Výroba je většinou prováděna v hale, proto není ovlivněna tolik typem výsledné konstrukce, pouze použitou technologií a zvolenými výrobními procesy. Montáž je již ovlivněna mnoha dalšími faktory, jako je umístění stavby, výška montáže, použitá technologie montáže, počasí, dostupnost apod.

2.5 Stanovení přepočtových koeficientů. Výše zmíněné faktory budou vytipovány a bude určena jejich priorita a vliv na cenu a dobu provádění. Následně budou stanoveny koeficienty, které umožní průměrné hodnoty upravit v závislosti na působení jednotlivých faktorů.

2.6 Shrnutí poznatků do přehledných tabulek. Veškeré poznatky budou shrnuty do přehledných návrhových tabulek, které umožní uživateli stanovit předpokládanou cenu a dobu provádění v závislosti na typu konstrukce, vybrané technologii, umístění stavby apod.

2.7 Vytvoření návodu pro přesnější výpočet ceny a doby provádění pro pozdější stádia projektu. V průběhu zpracovávání podkladů budou podrobně rozebrány a vytipovány faktory mající vliv na výslednou cenu a dobu realizace díla. Nabyté poznatky budou shrnuty do návodu, který by měl být užitečný nejen v prvotní fázi, ale i v dalších fázích projektu, kdy se postupně odkrývají další, předem neznámé skutečnosti.

3. Využití získaných dat jako poznatků při vývoji autory vyvíjeného softwaru.

Autoři tohoto příspěvku pracují spolu s Ing. Janem Čermákem na grantu [3], jehož předmětem je vývoj počítačového systému pro modelování časové a technologické struktury vybraných činností ve výstavbě [4,5]. Software by měl sloužit jako nástroj pro společnosti k udržování databáze prováděných činností. Každý subjekt by si tak mohl vytvářet svou databázi, a nemusel by se tak tolik spoléhat na databáze vydávané specializovanými softwary, které mají následující nevýhody.

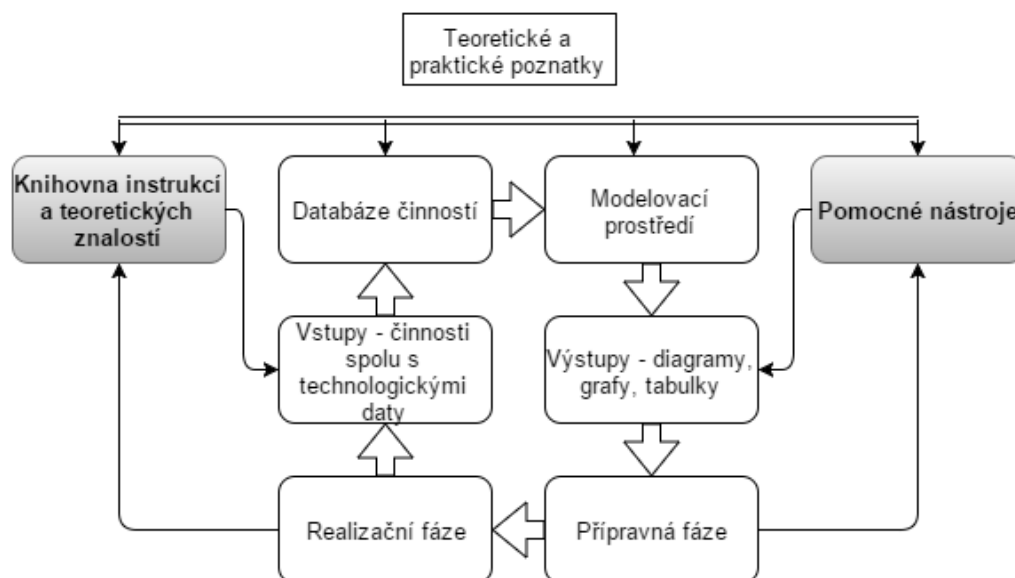
V některých oborech obsahují malé množství položek, které nedostačuje při zpracovávání technologických dokumentů. Jednotlivé údaje jsou získávány statisticky pro všechny typy staveb, bez ohledu na rozsah, účel, okolní podmínky apod. Pouze v několika málo případech je toto řešeno příplatky za např. malý rozsah, které jsou však velmi obecné a problém často neřeší. Díky opravdu velkému množství položek v databázi není v silách vydávající společnosti databázi řádně aktualizovat, proto se u většiny položek meziročně mění pouze cena, a to plošně přepočtovým koeficientem. U jednotlivých položek není uvedeno, za jakých podmínek a na jaké stavbě či stavbách byly údaje získávány, proto není možné údaje odborně pozměnit pro jiné podmínky.

Tyto nevýhody jistě neznamenají, že by databáze neměly žádný přínos. Jsou jistě velmi užitečné při vytváření kontrolních rozpočtů pro investory, slepých rozpočtů určených pro ocenění potencionálními dodavateli, při tvorbě soupisu prací, prvních harmonogramů apod. Přinášejí do stavebnictví jistý standard, díky kterému se sjednocuje podoba technologických dokumentů. Hodí se však především pro typické stavební činnosti, mezi které ocelové konstrukce nepatří.

Ocelové konstrukce jsou často atypické, a právě v tomto oboru najdeme v dostupných databázích velmi málo položek, ač tyto konstrukce často tvoří jednu z nosných položek celého projektu. Z toho důvodu jsou ideálním oborem pro využití autory navrhovaného softwaru.

Poznatky, které autorka nabyde při analýze a zpracování výše zmíněných shromažďovaných dat, autorka využije při vývoji výše zmíněného softwaru. Tabulkové návrhové podklady, které při práci na projektu vzniknou, budou přidány do knihovny instrukcí a teoretických znalostí, kterou

bude software obsahovat. Také výše zmíněné přepočtové koeficienty budou využity při vytváření pomocných nástrojů. V diagramu znázorňujícím strukturu softwaru jsou tučně vyznačeny části, které budou obsahovat zmíněné výstupy. (viz Obr. 1)



Obr. 1 Diagram znázorňující strukturu softwaru [4,5]

4. Závěr

Jak bylo zmíněno v úvodu, je v zájmu České Republiky rozvíjet obor ocelových konstrukcí a snažit se o větší využití vyrobené oceli přímo v ČR. Obor stavebnictví je největší odběratelské odvětví ocelářského průmyslu, odběr se pohybuje kolem 35% celkové spotřeby oceli. [6] Pokud se má zvýšit odběr ve stavebnictví, musí být rozvíjeny přístupy, které zjednoduší a zpřesní proces návrhu, a tím sníží chybovost v odhadech. Úspěšná realizace je přímo závislá na dobré prvotní analýze situace a daných investorských možnostech, což přímo souvisí s odhadem ceny budoucího díla. Analýza projektů přinese mnoho poznatků, výstupy analýzy a vyvíjený software, zrychlí a usnadní pro úspěšný projekt důležitou přípravu. Poznatky budou také přínosné pro účely výuky a přípravu budoucích odborníků v oboru přípravy staveb.

Citovaná literatura

- [1] Cost of structural steelwork. SteelConstruction.info: The free encyclopedia for UK steel construction information [online]. England, 2015 [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: http://www.steelconstruction.info/Cost_of_structural_steelwork
- [2] JARSKÝ, Čeněk. 2000. Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb. Kralupy n. Vltavou: CONTEC
- [3] SVOBODOVÁ, Kateřina, Jan ČERMÁK a Čeněk JARSKÝ. Počítačový systém pro modelování časové a technologické struktury vybraných činností ve výstavbě: SGS15/009/OHK1/1T/11
- [4] SVOBODOVÁ, Kateřina, Čeněk JARSKÝ. Modeling of time and technological structure of chosen activities during a construction. Interdisciplinarity in Theory and Practice. 2015, vol. 3, no. 7, p. 232-236. ISSN 2344-2409
- [5] SVOBODOVÁ, Kateřina, Jan ČERMÁK a Čeněk JARSKÝ. On Modelling of chosen activities during a construction. In Safety and Durability of Buildings and Structures. Curich: Trans Tech Publications, 2015, p. 91-98. ISSN 1660-9336. ISBN 978-3-03835-617-2

Plíživé změny užívání staveb a jejich vliv na památkové objekty

Roman Šubrt

sdužení Energy Consulting, Alešova 332/21, 370 01 České Budějovice

roman@e-c.cz

Klíčová slova: Tepelný most, zhlaví stropních trámů, vlhkost vzduchu, větrání hniloba, kondenzace vodní páry, změna užívání budovy, zateplování budov

Abstrakt. Budovy, na rozdíl od většiny ostatních historických předmětů, neustále slouží svému účelu, a sice pobytu lidí. Avšak dochází u nich k významným změnám v užití, což může mít významný vliv na jejich zachování. Tyto změny jsou závislé na způsobu života, a proto je logické, že v posledních 50 letech dochází k podstatným změnám, které si však neuvědomujeme. To má nepříznivý vliv zejména na dřevěné stropní trámy.

Úvod

Památkově chráněná území - památkové rezervace, památkové zóny, ochranná pásma se velmi často týkají budov, které je nutné chránit tak, aby byly zachovány. Zpravidla se však jedná pouze o zachování vlastní budovy a nikoliv provozu v ní. Ostatně těžko lze někoho nutit, aby žil tak, jak se žilo třeba v 19. století. A tak v domech byla postupně zavedena tekoucí voda, elektřina a v posledních několika desetiletích i bezobslužné vytápění, obvykle plynové etážové či pomocí elektrických akumulčních kamen. Došlo tedy k podstatné změně užívání budovy, která má velký vliv na její trvanlivost a je potřeba se tomuto problému věnovat.

1. Historicky dané mikroklima

Na základě různých indicií (viz. např. malby Starých mistrů) a výpočtů lze přibližně odhadnout mikroklima v bytech domů v 19. století a dříve.

1. Budovy byly vytápěny na výrazně nižší teplotu, než je tomu nyní. Toto dokumentuje např. obraz z konce 17. stol. Blednicková dáma, autor Samuel van Hoogstraten, který znázorňuje poměrně bohaté obyvatele v jejich bytě, viz. obr. 1. Z oblečení, které mají na sobě, je patrné, že teplota interiéru bude maximálně +18 °C, spíše však výrazně méně. Obdobně oblečené jsou osoby na mnoha dalších obrazech.
2. V bytech byla výrazně nižší vlhkost vzduchu, než je v současné době. To bylo dáno jednak tím, že v bytech nebyl zdroj vody, tedy jakékoliv mytí či sprchování nemohlo být přílišným zdrojem vlhkosti, stejně tak jako praní či sušení prádla, které se odehrávalo mimo obytný prostor v místech k tomu určených. K relativní vlhkosti vzduchu se lze dobrat buď odhadem, nebo výpočtem.

Obr. 1: Blednicková dáma, Samuel van Hoogstraten



2. Výpočet relativní vlhkosti vzduchu v interiéru

Výpočet je proveden na modelové místnosti, která má pro potřeby výpočtu následující vlastnosti:

Jde o místnost uprostřed objektu, tedy z pěti stran obklopenou vytápěným prostorem (tři stěny, strop, podlaha). Velikost místnosti je půdorysně 3,6 x 5,4 m, světlá výška 3,6 m. Dveře vedoucí do chodby mají rozměr 0,9 x 2,1 m. Okna do exteriéru jsou dvě a každé má rozměr 1,2 x 2,1 m.

Místnost je obývána třemi osobami s produkcí vodní páry 42 g na osobu a hodinu. Dále je zde průměrný zdroj další vlhkosti vaření a zcela občasné mytí. Tento zdroj lze odhadnout na cca 30 g vodní páry za hod.

Celkový zdroj vlhkosti je tedy 156 g vodní páry za hod.

Větrání:

Předpokládané větrání je pomocí komínového tahu, neboť v době, kdy byly dřevěné stropy realizovány, bylo vytápění téměř výlučně pomocí lokálních kamen, na kterých se i vařilo. Proto lze předpokládat vytápění dřevem či uhlím s přebytkem vzduchu cca 10ti násobným a účinností 80 %. (V praxi pravděpodobně bude přebytek vzduchu ještě větší, dále není uvažované žádné větrání infiltrací.)

Vzorová místnost má přibližnou tepelnou ztrátu 1,65 kW při teplotě interiéru +20 °C a teplotě exteriéru -15 °C.

Výhřevnost dřeva je mezi 3,3 až 5 kWh/kg paliva.

Množství vzduchu potřebného na spalování je tedy cca 30 m³/hod v závislosti na přebytku kyslíku ve spalínách.

Výpočet koncentrace plynů v ovzduší pak lze provést podle rovnice:

$$dy_1/dt = - r/V * y_1 + r/V * y_2 + 1/V * y_3$$

kde:

r je rychlost proudění,

V je objem vyšetřovaného objektu,

y₁ je koncentrace uvnitř vyšetřovaného objektu,

y₂ je znečištění přiváděné výměnou vzduchu,

y₃ je znečištění z vnitřního zdroje.

Výsledek výpočtu:

Pro absolutní vlhkost vzduchu v exteriéru 1,3 g vodní páry na m³ vzduchu se dostáváme na výpočtovou hodnotu absolutní vlhkosti vzduchu v interiéru 6,5 g vodní páry na m³ vzduchu. Tomu odpovídá relativní vlhkost vzduchu při teplotě interiéru $\theta_{ai} = +20\text{ °C}$ $\varphi_a = 35\text{ %}$. Následně pak teplota rosného bodu 4,1 °C. Přitom pro výpočtové parametry vzduchu 21 °C a relativní vlhkost vzduchu 50 % je teplota rosného bodu 10,2 °C.

Z uvedeného vyplývá, že pouhou změnou způsobu vytápění dochází ke zvýšení relativní vlhkosti vzduchu a tím i ke zvýšení teploty rosného bodu.

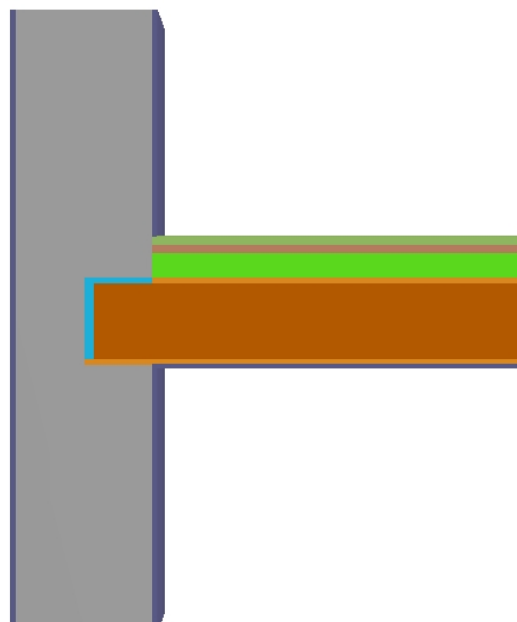
3. Důsledky

Možné důsledky předchozího závěru jsou dokumentovány na zhlaví stropních trámů, tedy na koncích dřevěných trámů v místě uložení.

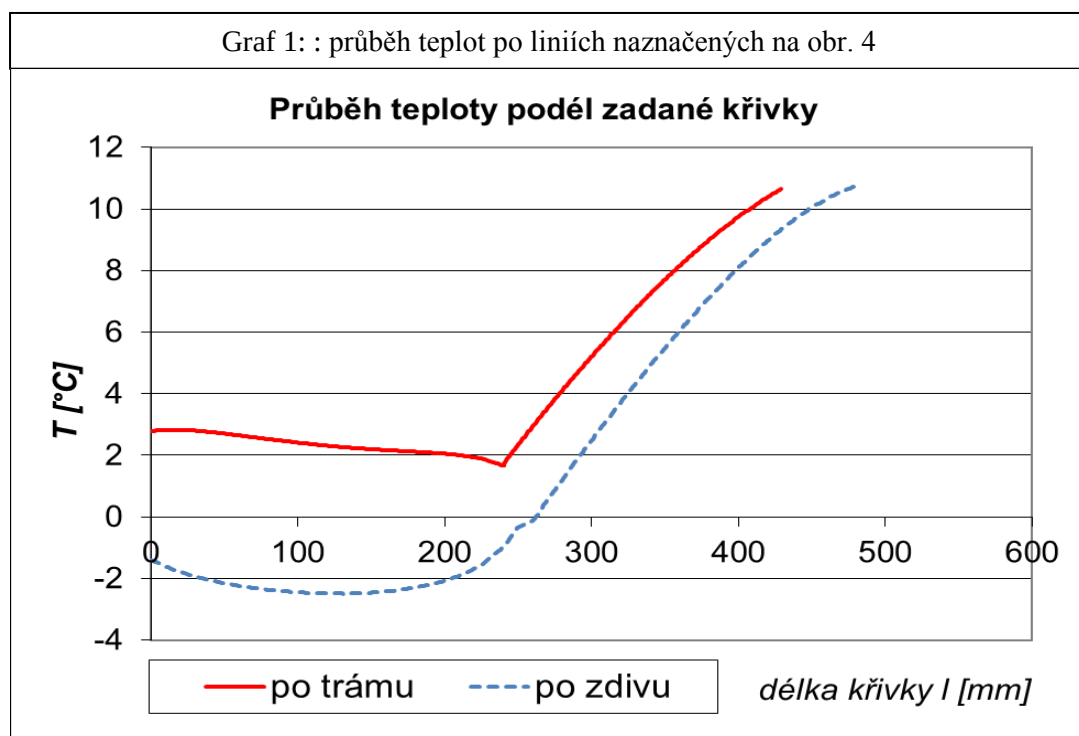
Na obr. 2 je znázorněn uvažovaný stavební detail. Z pohledu kondenzace vodní páry na zhlaví dřevěných trámů je velmi důležitá mezera okolo zhlaví trámů. Dle zednických předpisů měla být 2 – 3 cm široká okolo celého zhlaví trámu. To proto, že pokud došlo k mírné kondenzaci vodní páry v tomto místě, zkondenzovala vodní pára na zdivu. Vzduch se v mezeře mírně vysušil a nedocházelo ke kondenzaci vodní páry na dřevěném trámu.

Pokud tento stavební detail podrobíme výpočtu teplotního pole, tak zjistíme rozložení teplot ve zdivu i na trámu. Výpočet teplotního pole byl proveden v trojrozměrném modelu a výsledky jsou na obrázcích 3 a 4 a v grafu 1. Na obr. 3 je teplotní simulace rozložení teplot ve stacionárním stavu – řez stropním trámem. Na obr. 4 je teplotní simulace rozložení teplot ve stacionárním stavu – axonometrie s vyznačením místa, kde je teplota vynesena v následném grafu. V grafu 1 je pak průběh teplot po liniích naznačených na obr. 4.

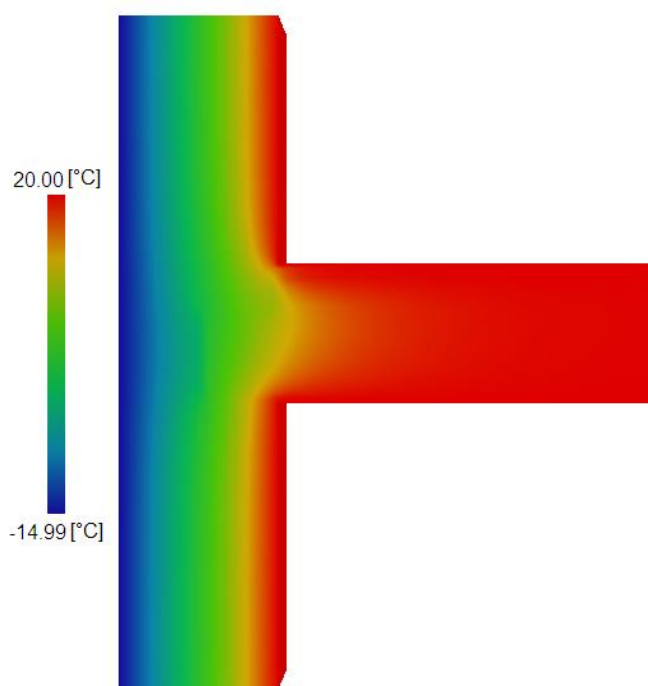
Obr. 2: schéma řešeného detailu



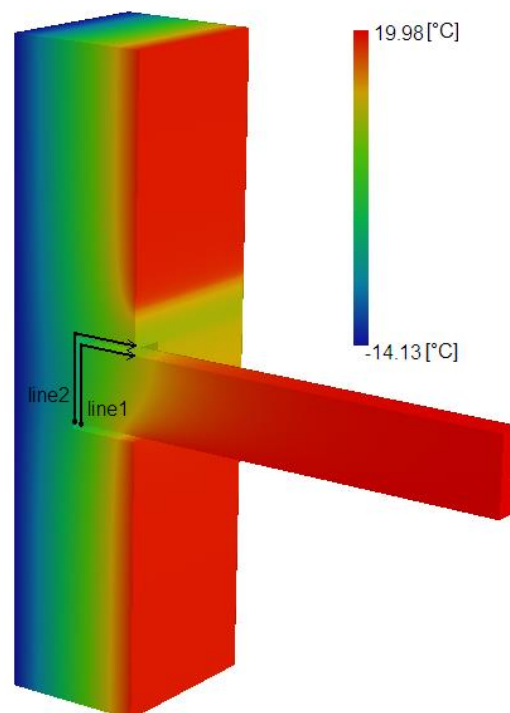
Graf 1: : průběh teplot po liniích naznačených na obr. 4



Obr. 3: teplotní simulace rozložení teplot ve stacionárním stavu, řez



Obr. 4: teplotní simulace rozložení teplot ve stacionárním stavu, axonometrie



Je patrné, že při uvažování stacionárního stavu, je povrchová teplota jak trámu $1,7\text{ °C}$, tak i zdiva $-2,5\text{ °C}$ hluboko pod teplotou rosného bodu „normálního“ prostředí v interiéru obytných budov, který je $10,2\text{ °C}$. Rozdíl tedy činí u trámu $8,5\text{ °C}$ a u zdiva dokonce $12,7\text{ °C}$. Pokud bychom však uvažovali prostředí s nižší relativní vlhkostí odpovídající výpočtům pro lokální vytápění, tedy $4,1\text{ °C}$, rozdíl již není tak znatelný a je u trámu $2,4\text{ °C}$ a u zdiva $6,6\text{ °C}$.

Jak již bylo uvedeno výše výpočet je prováděn pro stacionární průběh teploty a pro extrémní mrazy. Skutečnost tedy bude mírně odlišná a lze předpokládat, že pro nízkou relativní vlhkost vzduchu bude kondenzace vodní páry mírná nebo žádná a dojde k velmi rychlému vyschnutí detailu bez rizika napadení hnilobou.

Při vyšší relativní vlhkosti vzduchu ale dojde k masivnější kondenzaci vodní páry a významnému zvýšení vlhkosti dřeva s rizikem následné hniloby. To ostatně v praxi prokázaly případy mnoha domů v celé ČR (v Praze např. v ulicích M. Cibulkové, Krymská, Belgická, Moskevská...), kdy se koncem 80. let musely masivně podchyťovat stropní trámy právě kvůli uhnívání zhlaví. Toto uhnívání bylo přímým důsledkem změny vytápění v 60. letech 20. stol., kdy se hromadně osazovaly buď etážové kotle, nebo elektrické akumulární vytápění a následně v 70. letech se v rámci energetické krize instalovalo těsnění do oken.

4. Závěry

Pro bezproblémové užívání domů s dřevěnými stropními trámy je proto nutné respektovat jednu z následujících možností užívání:

- ponechat užívání domů v původním stavu, tedy používat lokální vytápění a zároveň omezit zdroj vlhkosti v místnostech na původní podobu (toto řešení je přijatelné pro muzea a podobné instituce, kde lze zajistit lokální vytápění jako podporu autentičnosti interiéru)
- používat řízené nucené větrání s čidly reagujícími na relativní vlhkost vzduchu, přitom maximální přípustná relativní vlhkost vzduchu v zimním období je 35 % při teplotě interiéru $+21\text{ °C}$

- zajistit dostatečnou teplotu zhlaví stropních trámů tepelnou izolací z exteriéru. Toto řešení je nejjednodušší a nejefektivnější, a proto je nejvhodnější všude tam, kde je lze akceptovat (světlíky, dvorní nezdobné fasády apod.)
- zajistit dostatečnou teplotu zhlaví stropních trámů dodatečným zdrojem tepla (lze použít buď elektrické topné kabely, nebo vhodně volit rozvody ústředního vytápění)
- zajistit dostatečně intenzivní proudění u zhlaví stropních trámů (toto lze zajistit např. u stropů bez podbití vhodně zvoleným vytápěním, popř. větráním tak, aby vzduch mohl okolo stropních trámů v místě uložení dostatečně proudit)

POZOR! Zateplování z interiéru může celou situaci ještě více zhoršit. V případě použití zateplení z interiéru, které je vzhledem k mnoha souvislostem nepoměrně náročnější a tím i dražší, je nutné se podrobně zabývat nejen tímto druhem detailů, ale všech detailů, kde dochází k napojení jakékoliv konstrukce (i vnitřní). Zároveň je nutné posoudit dům podrobněji i staticky, neboť při zateplení z interiéru je obvodová stěna výrazně více namáhána teplotními dilatacemi. (Při zateplení z exteriéru naopak dochází k poklesu tohoto namáhání.)

A na závěr snad jen drobná poznámka, ukazující, že problém uhnívání zhlaví stropních trámů nezačal až ve 20. stol., ale mnohem dříve. Pokud by stropy byly bez spodního bednění a omítky, tedy zespodu by byly přiznané stropní trámy a na nich prkna, je riziko kondenzace vodní páry ještě menší, neboť dochází k proudění vzduchu okolo uložení stropních trámů. Podbití s následnou omítkou však bylo zavedeno předpisem již za vlády Marie Terezie jako protipožární opatření. V té době se totiž velmi často používal otevřený oheň, ať již v podobě loučí a svíček k osvětlení, nebo v krbech na vytápění, popř. v kuchyních na vaření a zavedení nespalných povrchů uvnitř budov mělo eliminovat riziko ničivých požárů.

Použitá literatura

- [1] Krofta, J., Lisková, J., Řapek, J., Přikryl, A., Švarc, B. Stavitelství, II. díl. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954.
- [2] Starý, St. Příručka pro tesaře. Praha: Společenstvo stavitelů pro obvod obchodní a živnostenské komory v Praze, 1930.
- [3] Kolektiv. Malířské umění od A do Z (Dějiny malířského umění od počátků civilizace). v originále: Schilderkunsten A-Z. Praha: REBO 2011
- [4] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov – Část 1 až 4
- [5] Šubrt, R.: Tepelné izolace domů a bytů. Grada Publishing, Praha 1998
- [6] Šubrt, R., Volf, M.: Stavební detaily-tepelné mosty. Grada Publishing, Praha 2002
- [7] Šubrt, R., Zvánovcová, P., Škopek, M.: KATALOG TEPELNÝCH MOSTŮ 1 – Běžné detaily. Energy Consulting Service s.r.o., České Budějovice 2008

Metodika kontroly projektové dokumentace

Ing. Martin Tuháček^{1,a}, doc. Ing. Svoboda Pavel, CSc.^{2,b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a martin.tuhacek@fsv.cvut.cz, ^b pavel.svoboda@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: Projektová dokumentace, kontrola projektové dokumentace, metodika kontroly projektové dokumentace, vady projektové dokumentace.

Abstrakt. Tématem článku je problematika metodiky kontroly projektové dokumentace. V článku se dotýkám legislativního vývoje stavebních předpisů vztahujících se k projektové dokumentaci na území dnešní České republiky. Na základě současné platné legislativy shrnuji, jaká by měla být projektová dokumentace a co by měla obsahovat. Tím definuji první stupeň kontroly z pohledu úplnosti a správnosti projektové dokumentace. Další stupeň kontroly projektové dokumentace, jehož princip se snažím v následujícím textu uvést, vychází z myšlenky neustálého zlepšování kvality stavebních prací. Na základě analytických metod reklamovaných vad jsou definovány rizikové oblasti a procesy, které mají větší či menší část své příčiny v projektové dokumentaci. Opakovanou analýzou těchto vad v čase vznikají a jsou upravovány podklady pro kontrolu projektové dokumentace. Takto vytvořené podklady jsou například databáze nevhodných materiálů, databáze nevhodných postupů, kontrolní formuláře, check-listy, poučné listy nebo závěry znaleckých posudků.

Úvod

Projektová dokumentace je základním podkladem pro stavební činnost. Prostupuje celým životním cyklem projektu. Na počátku se jedná o studii, která má za úkol zajistit splnění základních očekávání od projektu. Když studie obstojí, přichází na řadu další stupeň projektové dokumentace, dokumentace pro územní rozhodnutí. Pokud jsou všechny požadavky splněny a dokumentace postoupí do další fáze, tak vznikne dokumentace pro stavební povolení. Je-li výše uvedená dokumentace schválena úřadem, tak má objekt již definovanou svou budoucí podobu a vznikají další typy dokumentací, které původní dokumentace dále upřesňují a rozpracovávají. Dalším stupněm projektové dokumentace je dokumentace pro provedení stavby, dílenská dokumentace, dokumentace klientských změn. Po dokončení stavby vzniká dokumentace skutečného provedení, kterou vlastník objektu uchovává po celou dobu její životnosti. V neposlední řadě vzniká, nebo by alespoň měla vznikat, dokumentace provozní, která zahrnuje plán revizí, kontrol a často opomíjený návod na užívání objektu. Dokumentací, která je poslední v životním cyklu stavby, je dokumentace bouracích prací - demolice objektu.

Jak v čase vznikají jednotlivé stupně projektové dokumentace, postupuje realizace projektu, tak rostou náklady na celý projekt. Opačným směrem v čase jde možnost výsledné náklady ovlivnit. V tomto článku se zabývám projektovou dokumentací, která se nejvíce dotýká samotné realizace a se kterou nejčastěji přichází zhotovitel stavby do styku. Za předpokladu, že jsou předchozí stupně navrženy správně, tak dokumentace pro provedení stavby je tou dokumentací, které značnou měrou rozhoduje o výsledné kvalitě a provedení celého díla.

Bohužel je častým omylem zažítý předpoklad, že projektová dokumentace splňuje veškeré ze základních požadavků, které na ni klade stavební zákon a je tedy v pořádku. Zkušenost z praxe však ukazuje, že projektová dokumentace taková nebývá. I přes tuto skutečnost nebo snad právě proto se velmi často vyskytuje ve smlouvách o dílo formulace, že zhotovitel se seznámil z projektovou dokumentací, že tato dokumentace je správná a pokud taková není, tak má na tuto skutečnost upozornit před podpisem smlouvy. Pokud tak neučiní, jdou veškeré nedostatky k tíži zhotovitele.

Nutno konstatovat, že i přes výše uvedené formulace ve smlouvách a rizika s nimi spojená, zhotovitelé často kontrolu projektové dokumentace zanedbávají, pokud ji vůbec provádějí. Zástupným problémem často bývají náklady na technické pracovníky přípravy, kteří se musí kontrolou dokumentace zabývat, má-li být tato kontrola smysluplná. Skutečností však zůstává, že kvalitní kontrola projektové dokumentace může ve výsledku ušetřit značné náklady při samotném provádění stavby, tak i náklady, které by vznikly v důsledku odstraňování vad v záruční době. Kontrola projektové dokumentace může být zároveň vhodný směr pro případný value engineering, který může být v rámci podání nabídky značnou konkurenční výhodou. Jak však takovou kontrolu projektové dokumentace provádět a na co se při takové kontrole zaměřit, aby byla efektivní? Jak získávat podněty pro kontrolu projektové dokumentace? Jak se poučit z minulých chyb a využít znalost jejich příčin při kontrole projektové dokumentace? Na tyto a další otázky ke kontrole projektové dokumentace se pokusí odpovědět tato práce. [1, 2]

Vývoj legislativy k projektové dokumentaci

Novodobou historii v oblasti stavebního práva na území naší republiky můžeme rozdělit do pěti období. První období začíná rokem 1886 a trvá do čtyřicátých let dvacátého století. Následující období lze označit jako poválečné a je ukončeno rokem 1958. Třetí období můžeme omezit lety 1958 až 1976 a bylo ukončeno vydáním stavebního zákona číslo 50/1976 Sb. Navazuje čtvrté období trvající do roku 2006. Od 1. 1. 2007 začal platit Stavební zákon číslo 183/2006 Sb. Od jeho začátku až do současnosti můžeme toto období označit jako páté.

V prvním období platilo na území Čech, Moravy a Slezska celkem pět stavebních řádů. Tyto původní stavební řády obsahovali základní principy a pravidla povolování a ohlašování staveb a stavebních úprav, stejně tak jako zásady pro dohled nad nimi. Již v těchto stavebních řádech se kromě běžných právních záležitostí řešila problematika stavebních materiálů, stavebních konstrukcí a staveb samotných. Druhé období se vyznačuje poměrně krátkým časovým intervalem. V tomto poválečném období bylo prvotním zájmem obnovit objekty poničené válkou. Významným milníkem je zákon číslo č. 280/1949 Sb., o územním plánování a výstavbě obcí. Ten zrušil v předchozím období užívaných pět stavebních řádů a sjednotil tak stavební předpisy pro celé území republiky. Významný milník z pohledu popisované problematiky projektové dokumentace je v tomto období vyhláška ministerstva stavebního průmyslu č. 709/1950 Ú. l. (Úřední list), o podrobnějších předpisech pro pozemní stavby. Díky této vyhlášce se ze zákona oddělily technické požadavky na stavby. Co se týká projektové dokumentace, začala ke konci tohoto období platit vyhláška 42/1957 Ú. l. o dokumentaci průmyslových a bytových staveb. Z pohledu dokumentace staveb platila v tomto období vyhláška 152/1959 Ú. l. o dokumentaci staveb. Čtvrté období začíná platností zákona č. 50/1976 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), který byl dvaadvacetkrát novelizován. Jak již název zákona napovídá, tak oproti minulému období, došlo ke sloučení záležitostí územního plánování a stavebního řádu do jednoho zákona. Tento zákon na sebe vázal také různé prováděcí vyhlášky. Uvedu například vyhlášku č. 83/1976 Sb. o obecných technických požadavcích nebo následující č. 137/1998 Sb. o obecných technických požadavcích. Vyhláška 163/1973 Sb. o dokumentaci staveb se dočkala několika novelizací a po politických změnách v roce 1989 vyšla vyhláška 43/1990 Sb. o projektové přípravě staveb. Zatím poslední období začalo 1. 1. 2007, kdy začal platit zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Tento zákon sebou přinesl i nové vyhlášky. Hlavní z vyhlášek pro účely tohoto článku je vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb a vyhláška 62/2013, kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. Nejde ovšem neuvést vyhlášku č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby (ve znění 20/2012 Sb.). Na území Hl. města Prahy pak vyhláška č. 26/1999 HMP, která byla platná do 1. 10. 2014 a následně nahrazeny Pražskými stavebními předpisy. [3]

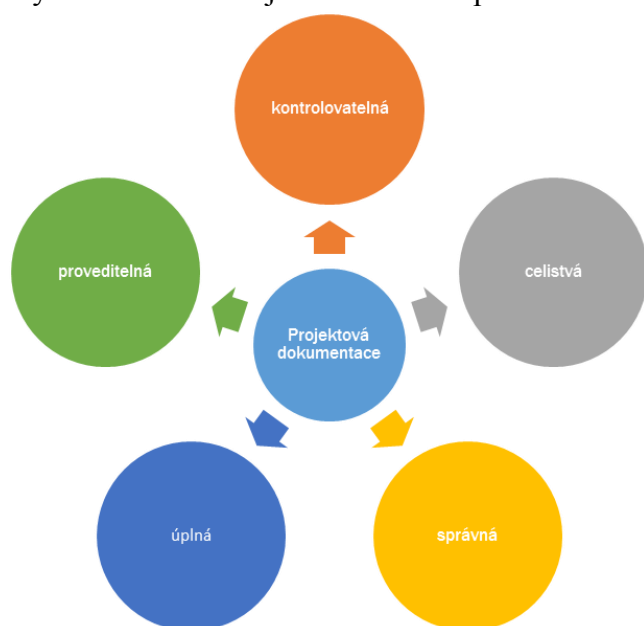
Současný stav legislativy ve vazbě na kontrolu projektové dokumentace

V současné době platí stavební zákon č. 183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcí vyhláška č. 62/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb.

Pokud chceme projektovou dokumentaci kontrolovat, tak bychom měli najít kde je projektová dokumentace definovaná. Asi nejpřesnější odpověď získáme nahlédnutím do § 159 stavebního zákona, který se zabývá projektovou činností ve výstavbě a ve svém druhém odstavci popisuje, za co projektant odpovídá ve vztahu k projektové dokumentaci. Zde si dovolím výše uvedené odcitovat:

„Projektant odpovídá za správnost, celistvost, úplnost a bezpečnost stavby provedené podle jím zpracované projektové dokumentace a proveditelnost stavby podle této dokumentace, jakož i za technickou a ekonomickou úroveň projektu technologického zařízení, včetně vlivů na životní prostředí. Je povinen dbát právních předpisů a obecných požadavků na výstavbu vztahujících se ke konkrétnímu stavebnímu záměru a působit v součinnosti s příslušnými dotčenými orgány. Statické, popřípadě jiné výpočty musí být vypracovány tak, aby byly kontrolovatelné. Není-li projektant způsobilý některou část projektové dokumentace zpracovat sám, je povinen k jejímu zpracování přizvat osobu s oprávněním pro příslušný obor nebo specializaci, která odpovídá za jí zpracovaný návrh. Odpovědnost projektanta za projektovou dokumentaci stavby jako celku tím není dotčena.“

Výše uvedené shrnuje níže uvedené přehledné schéma.



Obr. 1 – Schéma vlastností, které musí projektová dokumentace splnit.

Úplnost projektové dokumentace

Úplnost projektové dokumentace je dána vyhláškou číslo 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb ve znění vyhlášky 62/2013 Sb. resp. jejich přílohami, které definují obsahové náležitosti pro jednotlivé stupně projektové dokumentace. Prováděcí vyhláška č. 62/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb, zavedla jednotné členění projektové dokumentace ve všech jejích stupních. Dokumentace je členěna do pěti skupin a jsou označeny písmeny A, B, C, D, E. Jednotlivé části se pouze s dalšími stupni projektové dokumentace rozrůstají, jak se zpřesňuje jejich obsah. Podrobný obsah jednotlivých příloh není předmětem tohoto článku a případný zájemce si je může snadno vyhledat.

Pro kontrolu úplnosti projektové dokumentace postačí check-list, který se sestaví dle příslušné přílohy výše uvedené vyhlášky. Check-list bude sestaven podle stupně projektové dokumentace, který je aktuálně kontrolován.

Přesto, že se tato kontrola může jevit jako zcela zbytečná, tak výstup celkových vad z pohledu úplnosti dokazuje, že počet vad projektové dokumentace v tomto směru není zanedbatelný.

Závěrem kontroly úplnosti je tedy seznam částí, které v kontrolované projektové dokumentaci chybí. Tento seznam nám poslouží jako podklad, pro vyjednávání s autorem kontrolované části projektové dokumentace, s cílem jejího doplnění.

Správnost projektové dokumentace

Kontrola správnosti projektové dokumentace je již obsáhlejší kontrolou, která v sobě zahrnuje jistou dávku zkušeností a vyšší stupeň odborných znalostí dané oblasti. Stejně tak jako u kontroly úplnosti projektové dokumentace, tak i zde budeme vycházet z příslušné prováděcí vyhlášky k zákonu č. 183/2006 Sb. Pokud se budeme na kontrolu projektové dokumentace koukat z pohledu celorepublikové působnosti, tak se budeme řídit vyhláškou č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby.

Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby ve své třetí části, Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb. § 8 Základní požadavky:

Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou:

- a) mechanická odolnost a stabilita,
- b) požární bezpečnost,
- c) ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- d) ochrana proti hluku,
- e) bezpečnost při užívání,
- f) úspora energie a tepelná ochrana

Jak již bylo uvedeno, tento stupeň kontroly vyžaduje určitou míru zkušeností a příslušné znalosti v daných oblastech. Zde tedy podle rozsahu dokumentace přicházejí ke slovu příslušní specialisté na kontrolované oblasti včetně použití konkrétních norem a vyhlášek. Podrobnější rozebrání kontroly z pohledu správnosti by vydalo na samostatný článek, a proto se jím zde dále zabývat nebudu.

Kontrolovatelnost projektové dokumentace

Zákon 183/2006 Sb. ve druhém odstavci § 159 říká, že „*Statické, popřípadě jiné výpočty musí být vypracovány tak, aby byly kontrolovatelné.*“ V praxi se často setkáte s tím, že se výpočtové části, omezí pouze na konstatování výsledku a postrádají jakékoliv vstupní údaje, ze kterých zpracovatel vychází. Takové podklady nezbyvá než odmítnout a vyžádat si kompletní výpočtovou část kontrolované oblasti.

Je potřeba zmínit, že výše uvedené se často týká konstrukční části projektu. Bohužel je smutnou skutečností, že statické části projektů trpí stále častějšími nedostatky, což je důkazem nutnosti vyžádání si kompletní projektové dokumentace, aby byla její kontrola možná.

Dle povahy a rozsahu výpočtových částí je nutné přizvat specialistu, který bude schopen předložené výpočtové části zkontrolovat a vyslovit kvalifikovaný závěr.

Celistvost projektové dokumentace

Projektová dokumentace musí být celistvá a obsahovat veškeré náležitosti, které jsou pro daný záměr nutné. Tyto části pak spolu musejí být koordinované. Koordinace jednotlivých profesí je značně komplikovaná záležitost a z praxe lze konstatovat, že se jedná o záležitost velice často podceňovanou. V oblasti technických zařízení budov se jedná velice často o zanedbanou nebo nedostatečnou koordinaci rozvodů v instalačních šachtách a v hlavních trasách instalací, kdy při

zanedbání návrhu a podcenění kontroly může při následné realizaci díla dojít k neřešitelným kolizím nebo takovým kolizím, které lze vyřešit pouze za vynaložení značných nákladů.

Určitou naději v oblasti koordinace představuje trojrozměrné projektování. Jako ideální se v tomto případě jeví využití informačních modelů budov BIM (Building Information Modeling).

Proveditelnost projektové dokumentace

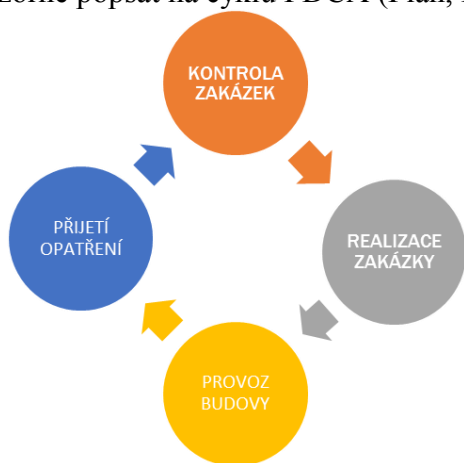
To, že jsme obdrželi projektovou dokumentaci, podle které má být realizován nový objekt nebo úprava stávajícího objektu bohužel ještě neznamená, že je zamýšlený záměr podle předané projektové dokumentace skutečně proveditelný.

Ověřit, zda je dokumentace proveditelná ovšem vyžaduje od pracovníka provádějícího kontrolu projektové dokumentace jistou zkušenost. Neproveditelná projektová dokumentace dává vzniknout množství vad, které do budoucna mohou pro stavební společnost znamenat značné náklady na jejich odstranění v rámci reklamačního řízení.

Při kontrole projektové dokumentace z pohledu proveditelnosti se lze poučit z vad již realizovaných objektů a tyto, často draze získané zkušenosti, uplatnit zpětně při kontrole nových projektů. Této problematice bych se chtěl v rámci tohoto článku primárně věnovat.

Analýza reklamovaných vad

Nekvalita projektové dokumentace zakládá příčinu ke vzniku budoucích vad realizovaných objektů. Při uvažování nad sestavením metodiky kontroly projektové dokumentace byl důležitým faktorem princip neustálého zlepšování kvality. Za tímto účelem může dobře posloužit analyzování vad, které byly uplatněny v rámci reklamačního řízení. Celý princip neustálého zlepšování lze názorně popsat na cyklu PDCA (Plan, Do, Check, Act).



Obr. 2 - schéma cyklu PDCA

Pro analýzu dat byla použita databáze reklamovaných vad, která je v požadované podrobnosti vedena po dobu pěti let. Pro výběr rizikových oblastí byla definována kritéria. Parametry výběru byly následující:

	Parametr výběru
1.kritérium	Náklad na vadu > 10 000 Kč
2.kritérium	Četnost výskytu > 70 stejných výskytů
3.kritérium	Celkové náklady na vadu > 200 000 Kč

Tab. 1 – tabulka parametrů výběru

Následně byly skupiny vad seřazeny podle shody s definovanými parametry výběru. Nejvýše se umístily ty, které prokázaly shodu ve všech třech kritériích. Dále byly řazeny ty skupiny vad, které se shodovaly alespoň ve dvou zadaných kritériích.

	Skupiny vad vykazující největší shodu dle zadaných kritérií
1	HVS (Izolace proti vodě a vlhkosti (HI) - vrchní stavba
2	PUV (Povrchové úpravy - vnější
3	HSS (Izolace proti vodě a vlhkosti (HI)
4	VYO (Výplně otvorů (okna, dveře a výkladce))
5	PO (Povrchové úpravy - vnitřní (omítky))

Tab. 2 – tabulka skupin vad vykazující největší shodu dle zadaných kritérií

Ve vybraných skupinách vad byly zároveň seřazeny ty vady, které se vykazovaly nejvyšší četnosti výskytu. Tím jsem získal materiál pro podrobnější analýzu. Za účelem této analýzy byla zvolena metoda, která využívá diagram příčin a následků. Diagram příčin a následků poskytuje strukturované zachycení možných příčin, které by mohli vést k následku. V aplikaci na řešenou problematiku se tedy jedná o analýzu nedostatků, opomenutí, tedy příčin, které mohli vést ke vzniku vady, tedy následku. Tato analýza nabízí přehledný způsob zobrazení možných příčin a jejich vazbu na řešenou závadu. Pro tento typ analýzy je vhodné utvořit tým, který na definování možných příčin spolupracuje. Spojením více pracovníků tak vznikne prostor pro využití širších zkušeností a řešená problematika tak získá vyšší vypovídající hodnotu.

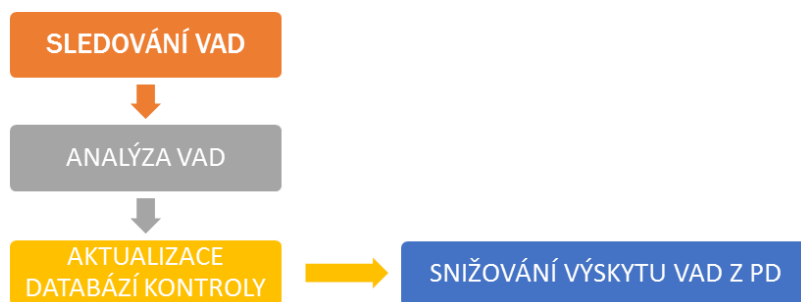
Po té, co jsme si konkrétní vadu rozebral pomocí diagramu příčin a následků, tak přichází další krok v podobě analýzy pomocí metody FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Pomocí této metody dojde k hodnocení výše definovaných rizik a určení jejich rizikovosti. Na základě této analýzy si nastavíme priority, kterým vadám se přednostně věnovat a nastavit potřebná opatření.

Při hodnocení rizika pomocí metody FMEA vstupují do posouzení tři faktory. Jedná se o význam, četnost výskytu a odhalitelnost vady, resp. její příčiny. Každý ze tří uvedených faktorů je hodnocen na stupnici 1 až 10, kdy udělené hodnocení lze vnímat jako trestné body. Součinem získaných třech hodnot získáme tzv. rizikové číslo. Rizikové číslo nabývá hodnot od 1 do 1000. Čím je tedy hodnota rizikového čísla vyšší, tím větší pozornost si hodnocené riziko zaslouží a mělo by být přednostně přijato příslušné opatření v kontrole nových projektových dokumentací.

$$\text{Rizikové číslo} = \text{Význam} \times \text{Výskyt} \times \text{Odhalitelnost} \quad (1)$$

Kritickou hodnotou rizikového čísla, od kterého bychom měli věnovat pozornost nastavení opatření, je v literatuře označováno číslo 125. Tato hodnota odpovídá průměrnému hodnocení všech dílčích kritérií. Nesmíme ovšem opomenout ani kombinace, jejichž rizikové číslo nedosáhne uvedené hodnoty rizikového čísla. Můžeme se například setkat i s případy, že význam a odhalitelnost bude ohodnoceno číslem 1, ale četnost výskytu bude označena číslem 10. I takový výsledek si vyžádá přijetí opatření. Důsledný přístup a zkušenost hodnotitele je zde tedy nezastupitelná.

Po vyhodnocení analýzy metodou FMEA přichází ke slovu přijetí opatření. Opatření spočívá v doplnění nově se vyskytujících vad a zjištěných skutečností do check-listu určeného pro kontrolu dané technologie, procesu. V případě rizikových materiálů a technologií pak na seznam rizikových technologií a materiálů. U poruch, které vykazují vyšší míru výskytu je vhodné, v rámci stavební společnosti, přistoupit ke zpracování poučného listu, který danou problematiku rozpracuje a vysvětlí komplexněji. Na základě uvedených podkladů lze důslednou kontrolou projektové dokumentace významně přispět ke snižování výskytu vad u dokončených projektů. [4, 5]



Obr. 3 - schéma principu snižování vad z projektové dokumentace

Závěr

V článku je shrnuta metodika kontroly projektové dokumentace. Princip kontroly se opírá o platnou prováděcí vyhlášku Stavebního zákona č. 62/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb a ve smyslu proveditelnosti pak o vyhlášku č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Ve smyslu proveditelnosti stavby dle předložené projektové dokumentace a ve smyslu neustálého zlepšování kvality pak článek ukazuje cestu kontroly pomocí analýzy reklamovaných vad. Na základě výsledků analýzy pak zavádí princip zapojení zjištěných skutečností do systému kontroly projektové dokumentace pomocí check-listů, kontrolních formulářů, databází rizikových materiálů, technologií a postupů. Při důsledném dodržování nastavených systémů kontroly projektové dokumentace lze významnou měrou předejít ke snižování výskytu vad na realizovaných projektech.

Seznam použité literatury

- [1] FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 408 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.
- [2] OLERÍNY, Milan. Řízení stavebních projektů: claimový management. Vyd. 1. V Praze: C. H. Beck, 2005, 204 s. ISBN 80-7179-888-6.
- [3] EBEL, Martin. Dějiny českého stavebního práva. Vyd. 1. Praha: ABF, 2007, 255 s. ISBN 978-80-86905-21-1.
- [4] VEBER, Jaromír. Řízení jakosti a ochrana spotřebitele. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2007, 201 s. ISBN 978-80-247-1782-1.
- [5] PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, xii, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.

Seznam použitých vzorců:

- (1) PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, xii, 244 s. ISBN 80-7226-543-1. str. 87

Seznam použitých právních předpisů:

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění Vyhlášky č. 20/2012 Sb.

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb ve znění vyhlášky 62/2013 Sb. a jejich příloh

K matematickému modelování a optimalizaci stavebních procesů

Vyacheslav Usmanov^{1, a}, Čeněk Jarský^{2, b}

^{1,2} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a vyacheslav.usmanov@fsv.cvut.cz, ^b jarsky@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: Matematický model, optimalizace stavebních procesů, minimum pracnosti a nákladů, analýza nákladů, technologické hranice, pracovní fronta, pracovní režim, stavebně technologický síťový graf, nákladová funkce, stochastické modelování, strojní sestavy, teorie hromadné obsluhy, vliv na životní prostředí, metoda Monte Carlo

Abstrakt. V současné praxi stavební podniky nestíhají provádět při tvorbě nabídek podrobnější časově náročné optimalizační propočty. Nabídka se proto zpravidla soustředí na cenu zakázky, která musí odpovídat situaci na stavebním trhu, a optimalizační kroky se provádějí až po získání zakázky. Výzkumná práce je věnována vytvoření technologicko-matematického modelu a nalezení metod vedoucích k optimalizaci stavebních procesů (minimalizaci pracnosti a nákladů, spotřeby pohonných hmot, doby výstavby, dopadu na životní prostředí, atd.) na internetové bázi.

Úvod

Moderní stavební technologie jsou výsledkem syntézy různých odvětví vědy (matematika, fyzika, chemie, ekonomika atd.). Proto modelování a optimalizace stavebních procesů jsou naprosto nezbytné pro zkvalitnění výstupů stavební výroby a musí se zakládat na časem prověřených metodách a postupech. Zabudování složitých různorodých stavebních činností (např. služby, práce, energie nebo materiály) do matematicko-technologického modelu vyžaduje znalost určitých technických možností, matematických metod a výstižných algoritmů. Je zřejmé, že stavební projektant nenese menší podíl na zodpovědnosti než zhotovitel stavebního díla. Chyby, nepřesnosti nebo neefektivní posloupnost stavebních procesů ve stavebně-technologickém projektu se mohou promítnout do celé doby životního cyklu budovy. Projektant ovlivňuje hned na začátku, dříve než je stavba zahájena a začnou být vynakládány prostředky a úsilí, kompletní průběh výstavby a odpovídá nejen za bezchybný stavební proces, ale i za optimální návrh rozložení materiálových, finančních a pracovních zdrojů. Chyby a nepřesnosti se navíc mohou opakovat během stavební výroby i vícekrát.

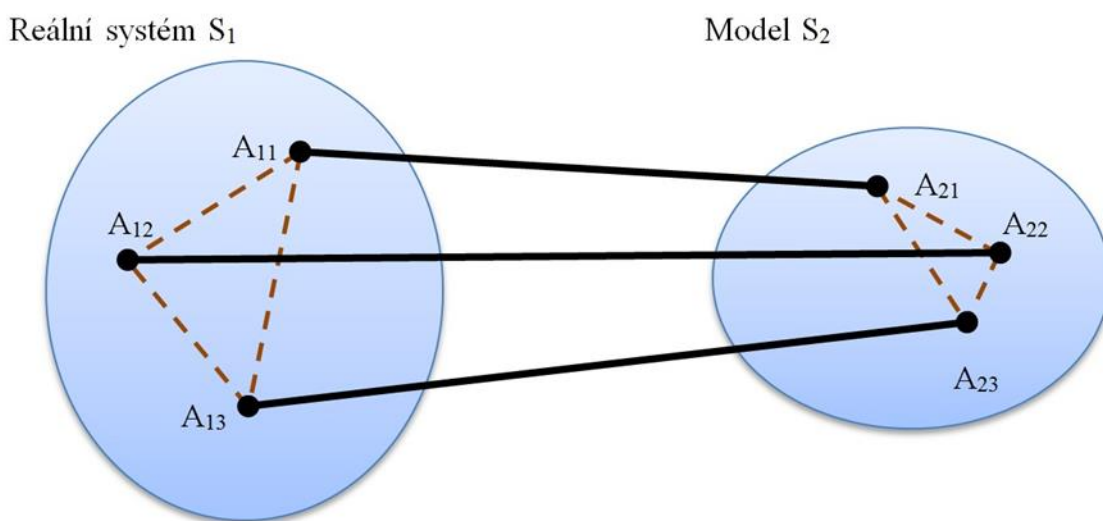
Bez použití odborného software pro modelování stavebních procesů není možné provádět optimalizační kroky, zvyšovat efektivitu stavební výroby a snižovat negativní dopady stavby na okolní životní prostředí. V současnosti projektant už nevystačí pouze se zkušenostmi, teoretickými znalostmi, dobrou intuicí a jednoduchým odhadem, který nikdy nemůže být optimálním v tak složitém systému. V dnešní době v oblasti stavebního sektoru chybí automatizovaný systém, který by za pomoci výpočetní techniky a matematických algoritmů provedl optimální návrh stavebních procesů, což bylo hlavním podnětem k volbě tématu práce.

S využitím teorie hromadné obsluhy (teorie front), stochastického modelování pomocí metody Monte Carlo a metody multikriteriálního rozhodnutí byl vyvinut takový model, který vede k nalezení optimální strojní sestavy podle různých hledisek nebo jejich kombinace. Funkční flexibilní matematický model je postaven na internetové bázi, čímž je zajištěn nepřetržitý přístup k systému. Matematicko-technologické metody a jejich aplikace do systému jsou předmětem výzkumu a jsou velmi aktuální, mají vysokou vědeckou a praktickou hodnotu. Byly zkoumány základní klíčové vlastnosti a charakteristiky stavební výroby, kterými jsou minimální pracnost a náklady, optimální doba provádění stavby, maximalizace zisku stavebního podniku, optimální spotřeba PHM, minimalizace poruchových stavů a minimalizace dopadů stavební výroby na životní prostředí. Některé klíčové parametry stavební výroby by mohly být zohledněny při soutěži a volbě zhotovitele

pro státní zakázky během procesu výběrového řízení. Vzhledem k omezeným zdrojům surovin, energie a pracovních sil matematické modelování a optimalizace stavební výroby získávají stále větší a větší význam. Vědecký obor stavební výroby a stavební podniky si denně kladou otázky týkající se zlepšení kvality stavebního díla, snížení spotřeby zdrojů a zmenšení dopadů na životní prostředí.

5. Modelování a simulace stavebních procesů

Stavební výroba je velmi komplikované spojení různorodých technologických procesů. Jednotlivé procesy jsou navzájem různě propojené a fungují v rámci svých individuálních limitů za určitých podmínek. Je zřejmé, že systém stavební výroby nemůže být přesně do detailu popsán a převeden do počítačové podoby kvůli své sofistikované podobě. Tento systém musíme zjednodušit přesně do té míry, aby byla umožněna jeho snadná implementace do matematického modelu, ale zároveň aby přesnost zobrazení ovlivnila výsledky modelování jen s určitou malou přípustnou odchylkou. Existuje mnoho různých způsobů matematického modelování stavebně-technologických procesů. Obecně se dá předpokládat, že ke každému procesu je možné sestavit nekonečné množství matematických modelů. Každý model bude jednoznačně popisovat vstupní a výstupní parametry, omezující podmínky a kritéria optimalizace. Dle definice, model je zobrazení určitého objektu nebo systému z určitého úhlu pohledu [1]. Každý matematický model zkoumaný v této práci je izomorfní zobrazení fyzického reálného objektu při působení určitých abstrakcí, které model zjednodušují a upřednostňují některé vlastnosti a parametry (viz obr. 1). U izomorfních systémů zobrazení prvků jednoho systému do druhého je vzájemně jednoznačné, počet uzlů, hran a jejich stupňů je shodný, což plně splňuje úkol správného modelování stavebních technologických procesů.



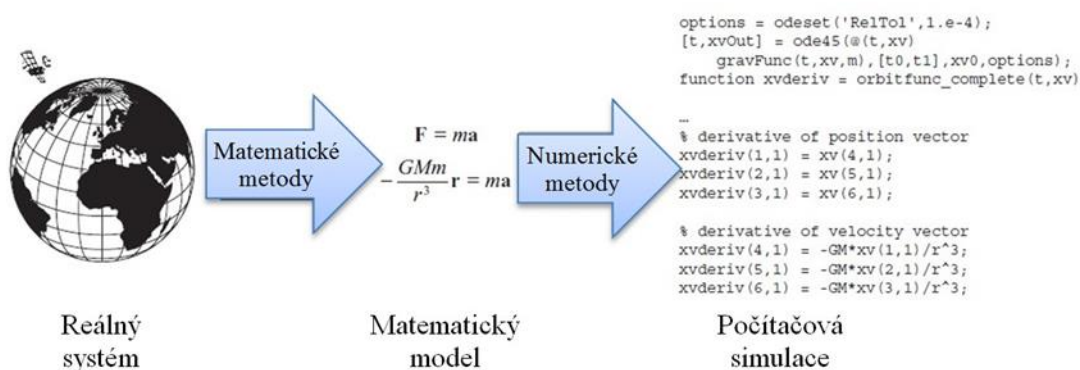
Obr. 1: Izomorfní zobrazení

Modelování stavebních procesů má dva důležité aspekty. První aspekt je formálně matematický, který přesně popisuje objekty vstupující do systému (vazby, omezující podmínky). Jakýkoliv formální systém je zjednodušením (ideální představa) skutečného reálného objektu, z čehož plyne, že pro modelování je nezbytný druhý aspekt – interpretace. Nebo jinak řečeno, musíme předem definovat způsoby přechodu mezi reálným objektem a modelem (vstup $\rightarrow$ model) a mezi modelem a výsledkem modelování (model $\rightarrow$ vstup). Pokud budeme mít k dispozici velké množství matematických modelů stejného technologického procesu, bude před projektantem, resp. zhotovitelem, stát otázka správné volby. Bellmanův princip optimality [2, str. 11] zní: „Optimální strategie má vlastnost, že při jakýchkoliv počátečních podmínkách a jakémkoliv počátečním rozhodnutí, musí zbývající rozhodnutí tvořit optimální strategii vzhledem ke stavu, který nastal v

důsledku prvního rozhodnutí“. Tento princip se používá při dynamickém programování a s jistou mírou spolehlivosti se dá použít i pro vícekritériální rozhodování při výběru optimální strojní sestavy.

Všechny modely se dají rozdělit na fyzické a matematické. Fyzický model popisuje procesy, probíhající v objektu, s pomocí analogických funkcí, které plně definují chování systému na základě teorie podobnosti [3]. Technologické stavební procesy jsou velmi komplikované a analytické popsání jejich chování je skoro nemožné. Matematické modelování v porovnání s fyzickým je více obecné a zjednodušené. Obvykle matematický model popisuje závislosti mezi vstupními a výstupními parametry s jeho omezeními a limitními podmínkami. Matematické modely také můžeme rozdělit na determinované a statické (pravděpodobnostní). Statický model zkoumá procesy, kde závislost mezi vstupy i výstupy se těžko popisuje analyticky. Pro účely optimalizace strojních stavebních sestav bylo rozhodnuto sestavit matematický pravděpodobnostní model a použít vhodnou matematickou metodu modelování a simulace. Například, zákonitost mezi kolísáním teploty a poruchou stroje se nedá popsat vzorcem a můžeme ji zabudovat do modelu jen na základě experimentu, pozorování a následné simulace. Projektant nesmí ale zapomenout, že musí být zachován princip identity: reálný objekt a sestavený matematický model musí splnit stejný cíl a respektovat stejné podmínky [4].

Pro správné fungování celého systému musí být dodržena korektní strategie modelování a simulace [1, str. 101], viz obr. 2.

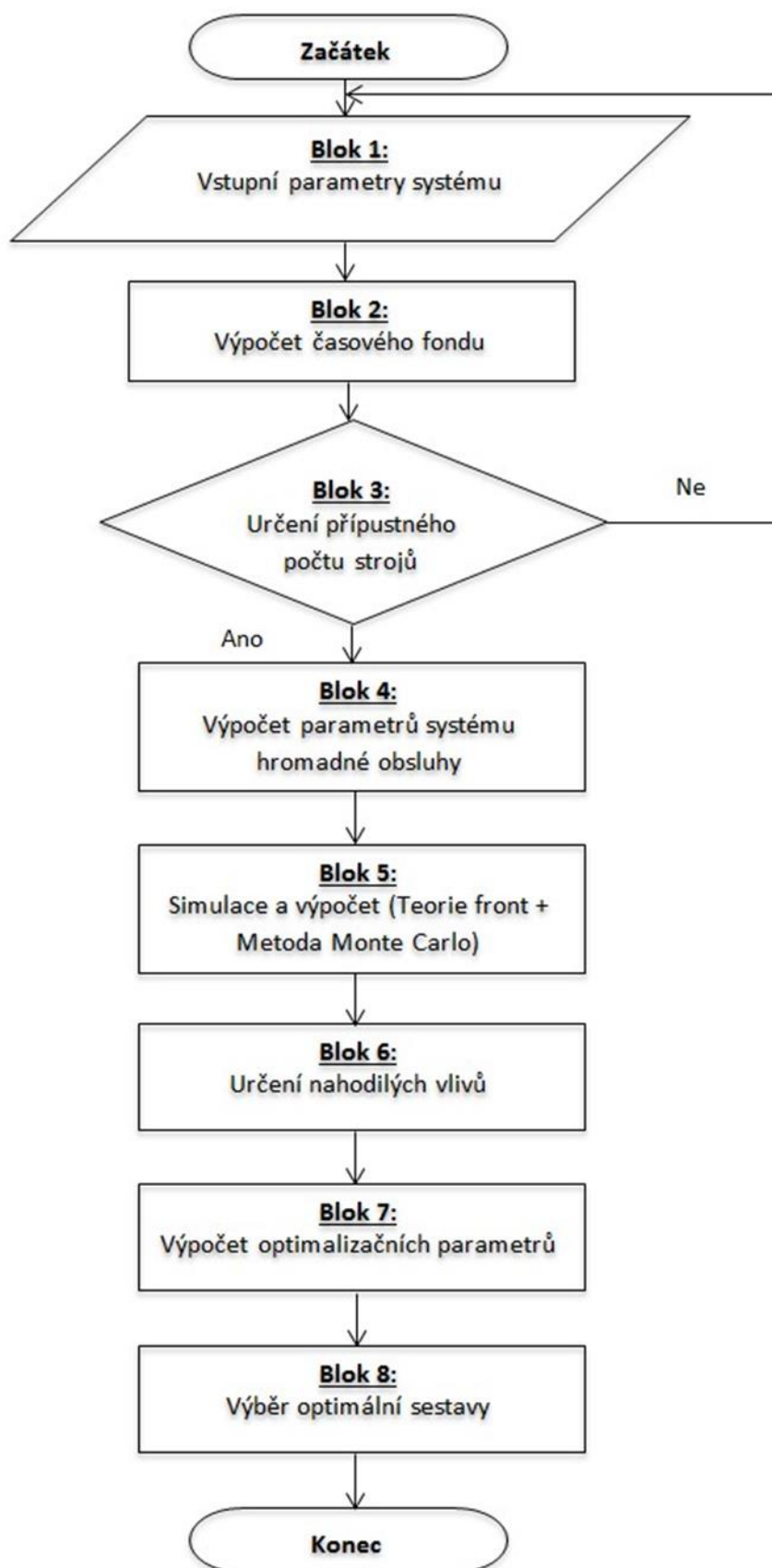


Obr. 2: Základní strategie modelování a simulace [1, upravený]

Obrázek 3 zobrazuje zjednodušené blokové schéma optimalizačního algoritmu bez podrobných výpočtů a simulací. V bloku 1 budou nastaveny počáteční podmínky a vstupní parametry modelu:

- obecné údaje (název objektu, kontaktní údaje, atd.);
- parametry úkolu (výkazy výměr, objemy, důležité termíny dle smlouvy o dílo);
- varianty obsluhujících strojů (linka obsluhy) a varianty obsluhovaných strojů (zákazník);
- matematické parametry systému (Kendallova klasifikace systému hromadné obsluhy, rozdělení náhodných velečin, počet iterací);
- nastavení optimalizačních parametrů (váhy koeficientů);
- určení nahodilých parametrů.

V bloku 2 bude proveden výpočet časového fondu (termíny zahájení, ukončení, počet směn a požadovaná délka prací). Také bude proveden odhad přípustné chyby algoritmu.



Obr. 3: Zjednodušené blokové schéma optimalizačního algoritmu

V bloku 3 systém jednoznačně určí maximální a minimální přípustný počet linek obsluhy a zákazníků.

V bloku 4 bude proveden výpočet parametrů systému hromadné obsluhy pro každou přípustnou variantu strojních sestav. Počet přípustných variant bude eliminován při zachování podmínky existence stacionárního režimu: $\rho < 1$ [6].

Blok 5 reprezentuje simulaci a výpočet pomocí teorie hromadné obsluhy a metody Monte Carlo. Pro každou přípustnou variantu se provede matematická simulace pro časové rozmezí $[t_0, t_{max}]$ s konstantním časovým krokem $h = 1$ min. Počet přípustných variant se zase zredukuje za podmínky splnění úkolu.

Blok 6 zobrazuje vliv nahodilých faktorů, resp. ovlivnění výkonu strojů a následné prodloužení doby splnění úkolu a nárůst nákladů.

V bloku 7 bude proveden výpočet optimalizačních parametrů pro každou přípustnou variantu.

V posledním bloku 8 je představen výsledek a výběr optimální sestavy.

6. Systém optimalizace stavebních procesů na internetové bázi

S využitím teorie hromadné obsluhy (teorie front) a stochastického modelování pomocí metody Monte Carlo [5] byl nalezen model s odpovídajícím chováním, který vedl k nalezení optimální strojní sestavy (mechanizační prostředky). Model je postaven na internetové bázi. Zajímají nás klíčové charakteristiky, kterými jsou minimální pracnost a náklady, optimální doba provádění stavby, maximalizace zisku stavebního podniku, optimální spotřeba PHM a minimalizace dopadů stavební výroby na životní prostředí [7]. Dále je uveden výsledek práce dosažený v této oblasti (viz obr. 4):

- technologicko-matematický model stavební výroby v simulačním SW Matlab Simulink;
- internetová aplikace pro modelování a optimalizaci strojních sestav;
- databáze katalogu strojních sestav.



Obr. 4: Internetová aplikace pro modelování a optimalizaci strojních sestav

7. Praktický příklad aplikace navrhnutého systému

Každý teoretický poznatek musí být ověřen v praxi. Teorie nebo vědecký výzkum nabývají na hodnotě jen v případě dalšího uplatnění ve skutečném světě. Ověření funkčnosti vyvinutého matematického modelu pro optimalizaci stavebních sestav bylo provedeno na skutečném velkém stavebním objektu: ČVUT – Nová budova Dejvice (NBD).

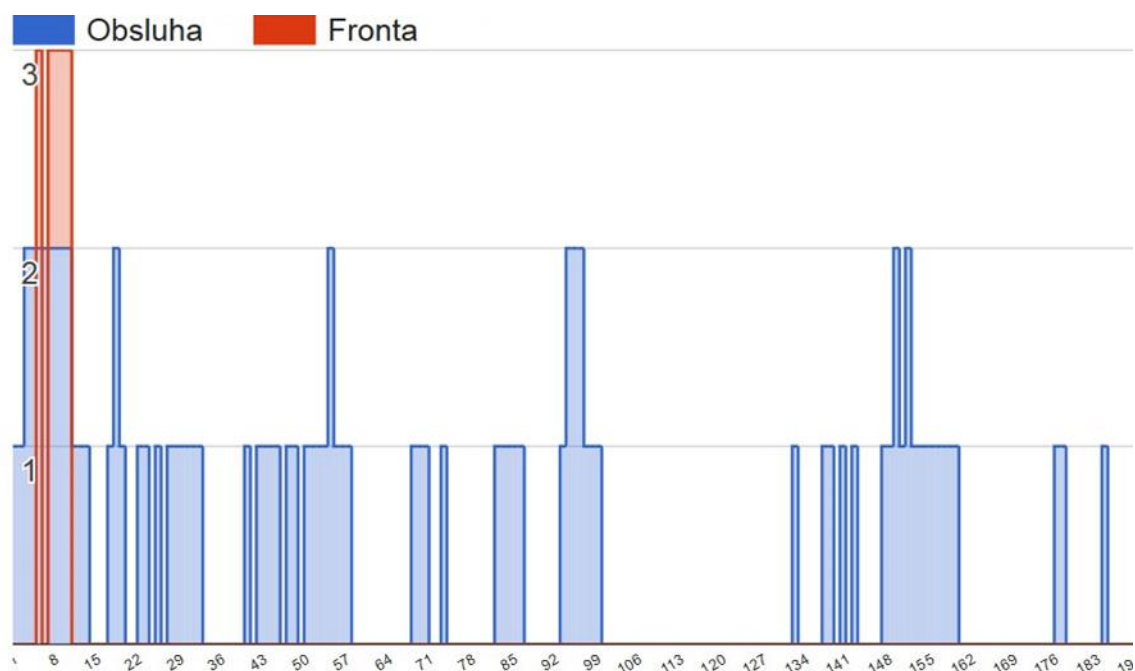
Základní skutečná měření se prováděla dle poskytnutého časosběru (viz obr. 5, ukázka záznamu kamer). Časosběr se prováděl s pomocí dvou kamer, umístěných vně stavebního objektu, v termínu od 1. do 30. září 2009. Sekvence časosběru byla 1:900, což znamená, že 1 vteřina záznamu obsahuje 15 minut skutečného děje na stavebním objektu. Každá kamera natáčela 30 snímků za vteřinu v rozlišení 704×576 px, což odpovídá DVD kvalitě. V tom případě časové rozmezí na 1 snímek odpovídá 30 vteřinám. Záznam časosběru obsahuje také datum, čas a název kamery.



Obr. 5: Ukázka záznamu kamer

Po zavedení skutečných údajů do vytvořeného matematického modelu bylo zjištěno, že použitím optimalizačních metod by bylo dosaženo lepších výsledků: snížení doby čekání ve frontě a zároveň by se snížil prostoj obsluhujících strojů. Ve výsledku by došlo ke zkrácení doby výstavby objektu, snížení celkových nákladů na stavební dílo, snížení produkce CO₂ a spotřeby paliva. Kdyby práce probíhaly podle optimalizačního algoritmu, jejich efektivita by bývala mohla být vyšší odhadem o 2–3%. Odhad byl zpracován na základě analýzy časosběru a ukázkového modelování systému. Je ale třeba vzít na vědomí, že navrhovaný model neeliminuje všechny problémy a stavebník, resp. zhotovitel musí počítat s různými individuálními omezeními a zvláštním nastavením parametrů pro každou stavbu (minimální pracovní plocha, klimatické podmínky, dopravní situace v okolí stavby, disponibilní počet strojních sestav).

Na obrázku 6 je zachycená simulace délky fronty a obsluhy stavebních sestav za pomoci vyvinutého systému.

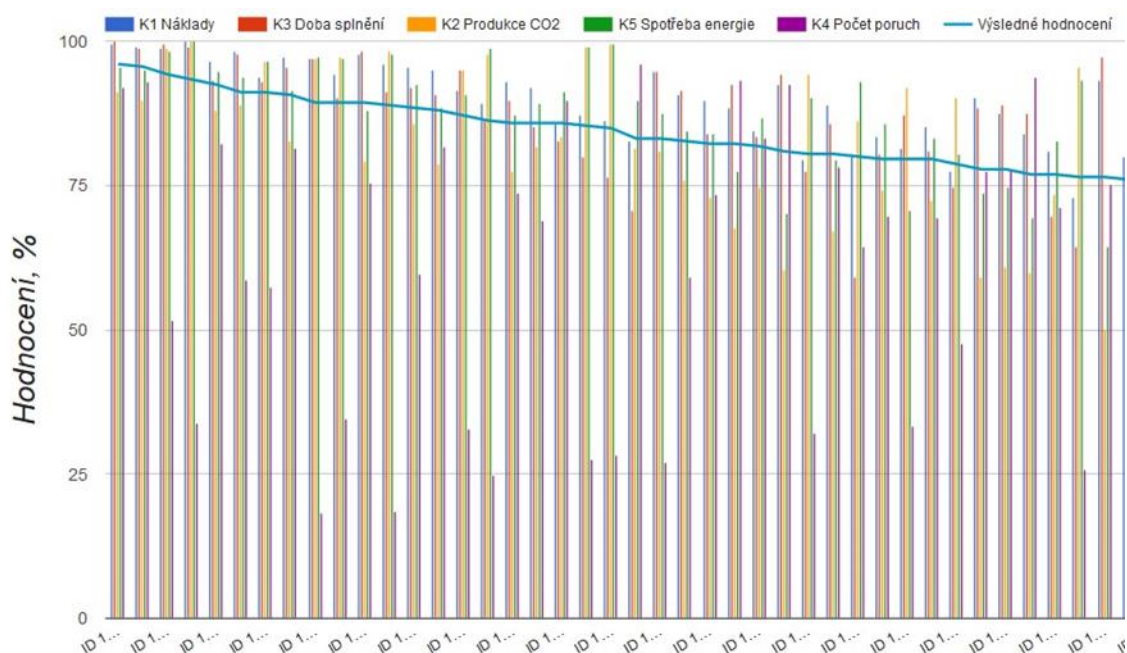


Obr. 6: Simulace délky fronty a obsluhy

Tab. 1: Výběr optimální sestavy

ID	Obsluha Zákazník	K1 Náklady	K3 Doba splnění	K2 Produkce CO ₂	K5 Spotřeba energie	K4 Počet poruch	Výsledné hodnocení
19420	Pásové rypadlo, 66t, 302kW (počet: 2) Kloubový dempr, 22.2t, 225kW (počet: 15)	99,56 %	100,00 %	91,11 %	95,56 %	92,00 %	96,00 %
19416	Pásové rypadlo, 66t, 302kW (počet: 2) Kloubový dempr, 22.2t, 225kW (počet: 13)	99,11 %	98,67 %	89,78 %	95,11 %	92,89 %	95,56 %
19510	Pásové rypadlo, 66t, 302kW (počet: 2) Pevný dempr, 46t, 534kW (počet: 5)	98,67 %	99,56 %	98,67 %	98,22 %	51,56 %	94,22 %
19491	Minirypadlo, 8.3t, 48.5kW (počet: 4) Pevný dempr, 46t, 534kW (počet: 4)	100,00 %	99,11 %	100,00 %	100,00 %	33,78 %	93,33 %
19443	Minirypadlo, 8.3t, 48.5kW (počet: 4) Sklápěče jednostranný, Tatra 8x8 / Korba Tatra (počet: 9)	96,44 %	93,33 %	88,00 %	94,67 %	82,22 %	92,44 %
19388	Pásové rypadlo, 17.6t, 85kW (počet: 3) Kloubový dempr, 22.2t, 225kW (počet: 12)	98,22 %	97,78 %	88,89 %	93,78 %	58,67 %	91,11 %
19508	Pásové rypadlo, 66t, 302kW (počet: 2) Pevný dempr, 46t, 534kW (počet: 4)	93,78 %	92,89 %	96,44 %	96,44 %	57,33 %	91,11 %
19445	Minirypadlo, 8.3t, 48.5kW (počet: 4)	97,33 %	95,56 %	82,67 %	91,56 %	81,33 %	90,67 %

V tabulce 1 je zobrazen výběr optimální sestavy. Optimální sestava se vybírá dle váhy optimalizačních parametrů. Pro každou přípustnou variantu se vypočítá hodnotící parametr od 0 do 100%. Nejlepší varianta je ta, která obdrží nejvyšší procentní ohodnocení. Výsledné hodnocení získáme součtem hodnotících parametrů vynásobených váhou optimalizačních parametrů. Výběr optimální sestavy je také znázorněn v grafické podobě na obr. 7. Výslednou tabulku je možné seřadit dle optimalizačních parametrů: celkové hodnocení, náklady, doba splnění, produkce CO₂, spotřeba paliva, počet poruch.



Obr. 7: Hodnocení sestav

Souhrn a závěry

V předložené výzkumné práci je uveden postup, který by měl ukázat, že technicky a matematicky, s řadou zjednodušení, se dá namodelovat celý komplexní stavební proces obsahující stovky dílčích stavebních procesů, a následně provádět různé druhy výpočtů a změn pro efektivní operativní i dlouhodobé plánování stavby. Výsledky této výzkumné práce je již v této fázi možno použít v praxi a ve výukovém procesu. Vývoj algoritmu se stává stále aktuálnější záležitostí vzhledem k neustále se zvyšující konkurenci a růstu cen za materiály, pracovní činnosti a energie v oblasti stavebnictví. Použití optimalizačního modelu na stavbě dokáže nejen snížit náklady a dobu výstavby stavebního díla, ale i zmenšit negativní dopad stavby na životní prostředí.

Matematické modelování ve speciálním simulačním softwaru a za použití počítačů ukázalo použitelnost teorie hromadné obsluhy a metody Monte Carlo pro stavební procesy. Zavedením dalších parametrů do systému lze matematický model ještě více přiblížit průběhu skutečného stavebního procesu na stavbě. Do modelu lze zahrnout různé náhodné vlivy včetně klimatických a geografických podmínek, optimalizační parametry, technické údaje strojních sestav a matematické hodnoty použitých metod.

Na základě výsledku simulace a vyvinuté webové aplikace, manažer stavby, resp. zhotovitel, může zdůvodnit rozhodnutí výběru optimální strojní sestavy dle různých kritérií. Matematická simulace ukazuje, že některé varianty strojních sestav nedokážou splnit úkol za daných podmínek, některé nebudou optimální z hlediska nákladů nebo jiných parametrů, a některé budou vybrány podle optimalizačních parametrů (z hlediska nákladů na splnění stavebního úkolu, vlivů na životní prostředí, optimalizace doby výstavby objektu, počtu poruch, redukce spotřeby pohonných hmot).

Vkládání údajů do matematického modelu se z hlediska uživatele provádí v jednoduchém formátu webové aplikace prostřednictvím sítě Internet. Kapacita a výkon moderní počítačové techniky umožňují zmodelovat proces během relativně krátké doby. Veškeré údaje jsou ukládány na zabezpečený vzdálený server a jsou přístupné i pro jiné modely. Simulační software a webová aplikace umožňují zobrazit výsledek modelování v grafickém nebo tabulkovém formátu nebo dovolují exportovat údaje do dalších programů a systémů.

Použití teorie front umožňuje zavést do systému dobu čekání obsluhujících prvků a přiblížit matematický model ke skutečnému pracovnímu úkolu v terénu. Díky metodě Monte Carlo mohou být stavební procesy náročné a nákladné na čas a prostředky zefektivněny použitím matematické simulace opakujících se jevů.

Výsledky byly ověřeny v praxi v průběhu výstavby významného tavebního objektu – Fakulty architektury ČVUT v Praze, kde se prováděl časoprostorový sběr dat pohybu stavebních strojů na staveništi. Použití dané výzkumné aplikace umožňuje dosáhnout buď úspory celkových nákladů na stavební dílo, nebo minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí. Za povšimnutí stojí, že pro lokálního soukromého zhotovitele stavby minimalizace nákladů bude vždy v rozporu s minimalizací dopadů na životní prostředí. Z globálního hlediska ale celkový přínos zavedení podobných optimalizačních metod a programů je velmi významný.

I když byly dosaženy určité kladné výsledky, tuto vědeckou práci je nutno chápat jako počáteční krok ve vývoji speciálního optimalizačního softwaru. Matematický model je nutno dále vyvíjet a zpřesňováním přibližovat ke skutečným technologickým procesům. Dále je nutno ověřit výsledky práce na dalších stavebních objektech pro důkaz univerzálnosti modelu.

Použitá literatura

- [1] SOKOLOWSKI, J.A., BANKS, C.M.: Modeling and simulation fundamentals. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010. 427 s. ISBN 978-0-470-48674-0.
- [2] KLVANA, J. Modelování 20: Operační výzkum. 3. vyd. 246 s. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03263-9.
- [3] SVÍTEK, M., BORKA, J., VLČEK M.: Modelování systémů a procesů. Praha: ČVUT v Praze, 2001. 135 s. ISBN 80-01-02361-3.
- [4] NOSKIEVIČ, P.: Modelování a identifikace systémů. Ostrava: Montanex a.s. Ostrava, 1999. 275 s. ISBN 80-7225-030-2.
- [5] FABIAN, F., KLUIBER, Z.: Metoda Monte Carlo a možnosti jejího uplatnění. Praha: PROSPEKTRUM spol. s.r.o., 1998. 152 s. ISBN 80-7175-058-1.
- [6] STARR, S., ORLOV, R.: Simulation Technology 2007 (SIMTECH 2007). Phalanx, September 1999, pp. 26–35.
- [7] JARSKÝ, Č., MUSIL, F., SVOBODA, P.: Příprava a realizace staveb (Technologie staveb II), CERM, Brno 2003, ISBN 80-7204-282-3.

CHRL v POPbetonech

Ing. Tomáš Váchal, A.T.^{1, a *}, Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.^{2, b},
doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.^{3, c}

^{1,2,3} Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166
29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a tomas.vachal@fsv.cvut.cz, ^b rostislav.sulc@fsv.cvut.cz, ^c pavel.svoboda@fsv.cvut.cz

Klíčová slova: geopolymery, alkalicky aktivované materiály, provzdušnění

Abstrakt. Článek popisuje odolnosti proti CHRL betonů na bázi úletových popílku, které jsou alkalicky aktivovány. V příspěvku jsou popsána odolnost proti působení povětrnostních vlivů a odolnost proti namáhání nesilovými účinky. V příspěvku jsou popsány závislosti odolnosti proti CHRL na provzdušnění čerstvém POPbetonu. Jsou zde popsány vlastnosti POPbetonu jako je spacing factor, pevnost v tlaku a obsah vzduchu v čerstvé směsi.

Úvod

V tomto příspěvku bude použito postupu aktivace popílku popsaným Šulcem a Svobodou [1] a Váchalem a Svobodou [2]. Postup přípravy vzorků, výroby a zpracování betonové směsi byl převzat a je používán jako standardní postup výroby alkalicky aktivovaných směsí POPbeton®. V tomto příspěvku bude popsána závislost temperování na výsledné mechanické vlastnosti směsi. Aktivaci úletového popílku bude provedena pomocí temperování. U betonové směsi bude použit popílek o velikosti středního zrna ověřený při pokusech s mletím Šulcem a Svobodou [3].

Výroba vzorků – technologie výroby

Pro porovnávací zkoušky byl použit popílek z teplárny v Opatovicích, který je používán v programu POPbetonu® jako standardní pojivo. Jako plnivo bylo použito kamenivo ze tří frakcí (0/4 Dobříň, 4/8 Zbraslav a 8/16 Zbraslav). Aktivátorem popílku bylo vodní sklo sodné a hydroxid sodný. Vytvořená záměs byla plněna do forem a vibrována po dobu 1 min. Měření pevností bylo prováděno na tělesech 100 x 100 x 100 mm v hydraulickém lisu. Pro zkoušení POPbetonu byly navrženy série s konstantním množstvím reologické vody. Celkový vodní součinitel (poměr mezi množstvím vody a množstvím popílku) byl 0,4128, pokud se započítají „pevné“ části vodního skla a NaOH, pak byl 0,3393.

V průběhu míchání je do betonu vneseno určité množství vzduchu. Toto množství závisí na typu míchačky, objemem míchaného betonu, konzistencí betonu a době míchání.

Na vzorcích byla měřena tlaková pevnost po 7, 14, 28, 60 a 90 dnech.

Princip fungování provzdušněných betonů

Volná kapilární porozita, která v betonu bez použití přísad při výrobě vzniká, má za následek, že do betonu může vnikat vlhkost a střídavým působením teploty, která způsobí změnu skupenství vody na led, dochází k postupné degradaci. Princip provzdušnění je uzavření volné kapilární porozity systémem kulových uzavřených pórů.

Pomocí provzdušňovací přísady dochází v betonu k tvorbě kulových pórů [4]. Důležitý je především obsah mikropórů, pórů menších než 0,3 mm. Tyto mikropóry již neumožňují průchod pro vodu v kapalném skupenství, neboť jsou uzavřené (přerušené). Tím se zamezuje vnikání vlhkosti do betonu.

U provzdušněných betonů je třeba vzít v úvahu, že 1% objemu vzduchu obvykle snižuje krychlenou pevnost přibližně o 3% a že povolené kolísání obsahu vzduchu je až +3% nad požadovaným minimální obsahem [5].

CHRL

Principem zkoušky odolnosti proti CHRL (chemickým rozmrazovacím látkám) je použití roztoky 3% NaCl a následně dochází k cyklování vzorku, kdy je 3 hodiny teplota -18°C , 3 hodiny $+5^{\circ}\text{C}$, délka jednoho cyklu je 6 hodin. Po 25 cyklech se zváží a přefiltruje odpad. Po vysušení odpadlých částic z povrchu se stanoví jejich hmotnost a přepočítá se na plochu povrchu zkušebního tělesa 1m^2 a stanoví se odpad betonu v g/m^2 . Měření se opakuje po 50, 75, 100 a případně 125 cyklech.

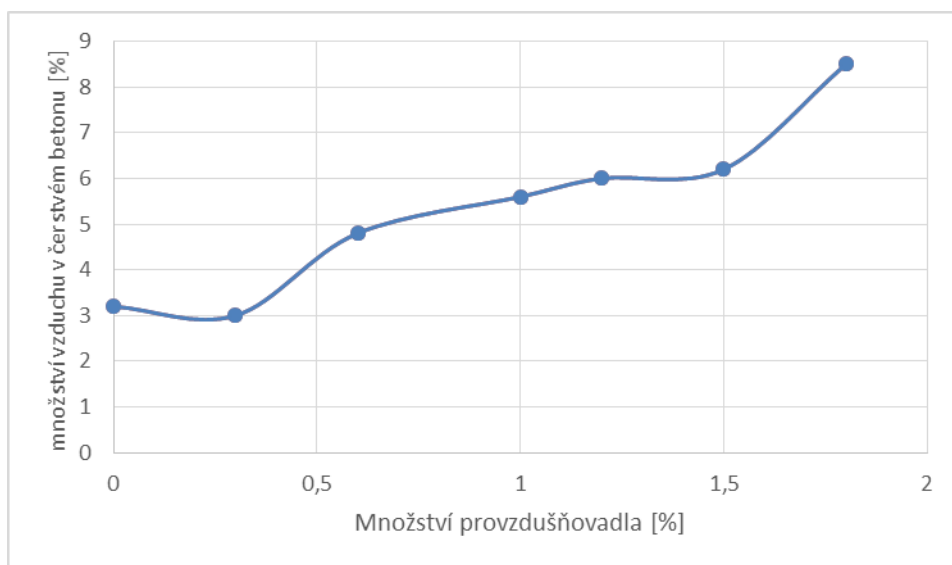
Působení provzdušňující přísady v POPbetonu

Pro POPbeton byla použita kombinace superplastifikační přísady a provzdušňující přísady. Vliv množství provzdušňující přísady na množství vzduchu v čerstvém betonu je znázorněn v Graf. 1.

Např. v TKP 18 [5] je konstatováno, že min. obsah vzduchu v čerstvém betonu pro stupeň vlivu prostředí XF4 se zrnitostí kameniva do 16 mm je 4,5%. Pro zvýšení odolnosti proti působení CHRL se obecně doporučuje kolem 5 až 6% vzduchu v čerstvém betonu [5].

U vzorků byl použita provzdušňovací přísada Mischöl LP 75.

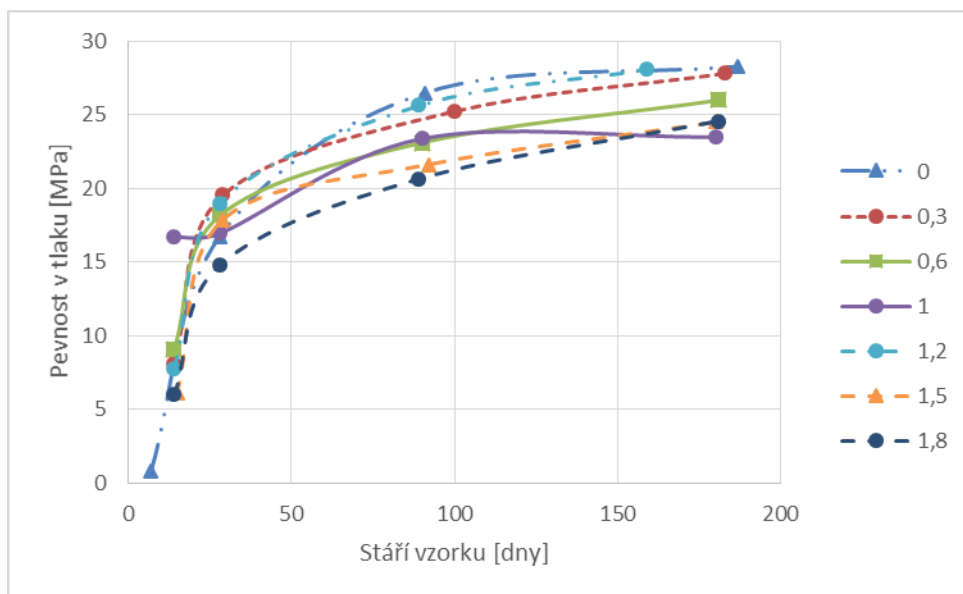
V Grafu 1 je zobrazena závislost množství vzduchu v čerstvém betonu na množství provzdušňující přísady.



Graf. 1: Vliv provzdušňující přísady na množství vzduchu

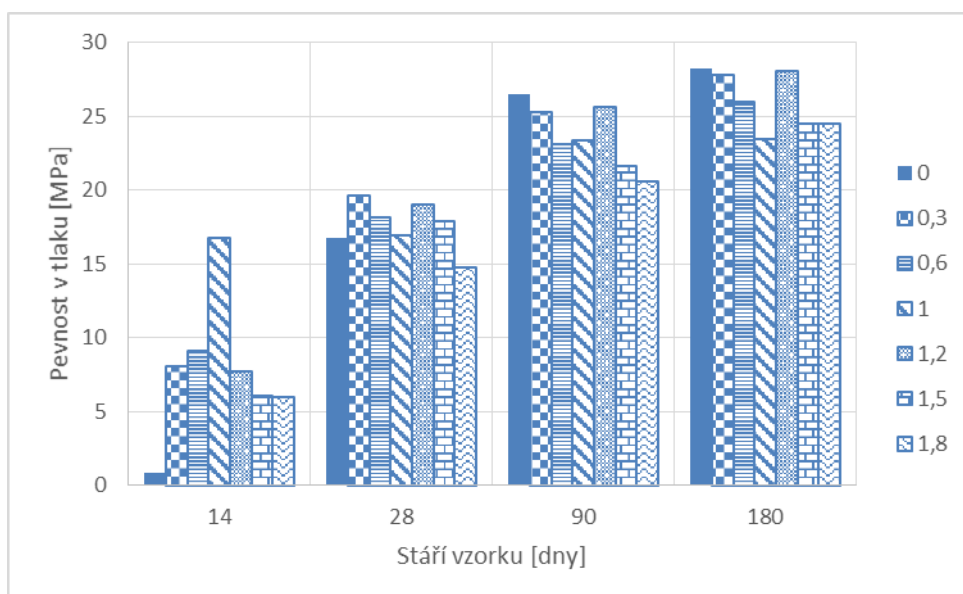
Vliv provzdušnění na pevnost POPbetonu

Bylo zjištěno, že 1% vzduchu snižuje pevnost POPbetonu o zhruba 3-4%, což odpovídá současným znalostem o cementových betonech [5]. V Grafu 2 je patrný pozvolný náběh pevností. Konečné pevnosti je dosaženo po cca 120 dnech zrání a pohybuje se okolo 25 MPa.



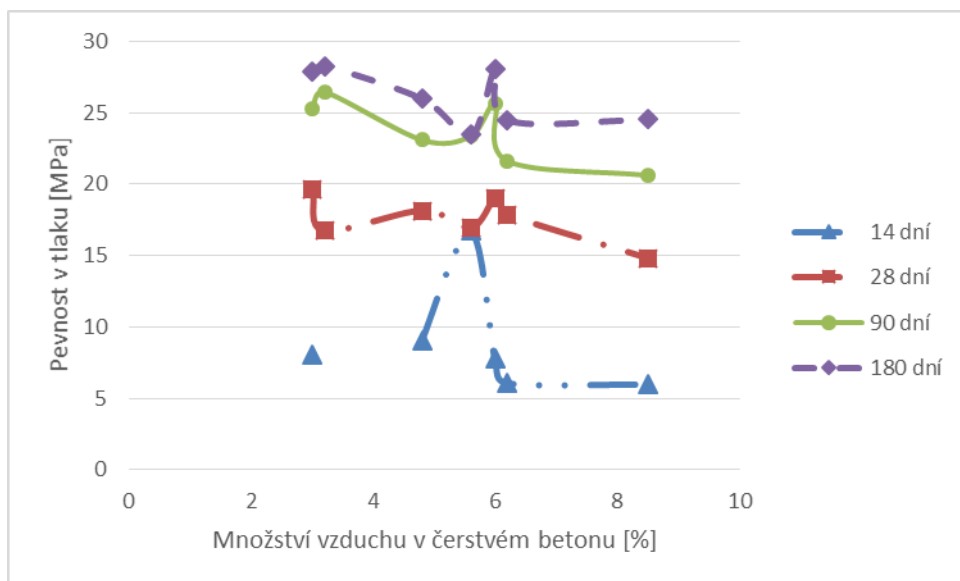
Graf 2: Vývoj pevnosti provzdušněných POPbetonů

V Grafu 3 je patrný vliv množství provzdušňující přísady v jednotlivých časových dekadách na snížení krychelné pevnosti.



Graf 3: Pevnost v tlaku POPbetonu v závislosti na množství provzdušňující přísady

Z Grafu 4 je dobře patrné, že krychlená pevnost klesá s rostoucím množstvím vzduchu v různých časových dekadách různě. Nejvýraznější pokles nastává s množstvím kolem 6% vzduchu.

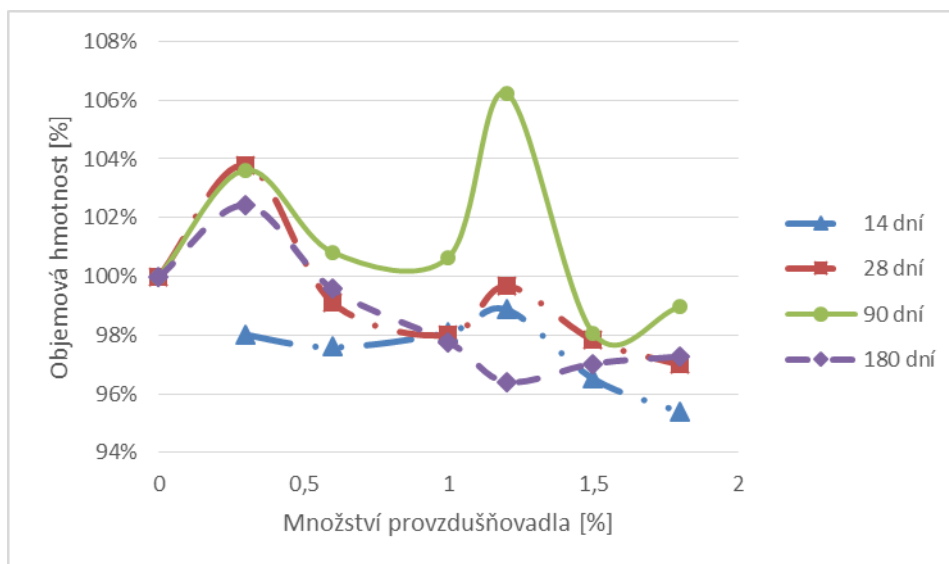


Graf 4: Pevnost v tlaku POPbetonu v závislosti na množství vzduchu v čerstvém betonu

Objemová hmotnost v závislosti na množství provzdušňovací přísady

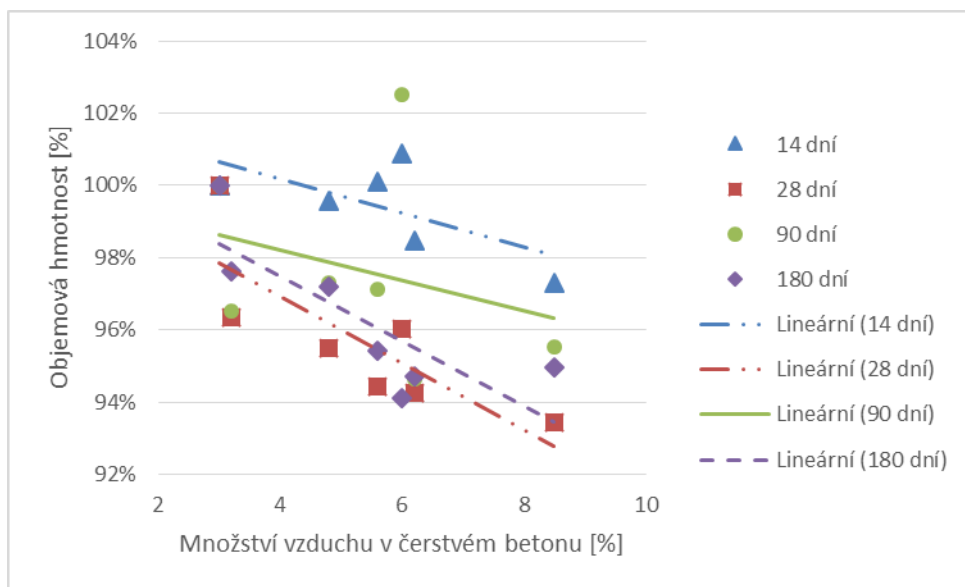
Byla vyhodnocena objemová hmotnost vzorků v závislosti na množství provzdušňovací přísady a množství vzduchu v čerstvém betonu. Bylo provedeno přepočítání na procenta, kde 100% je objemová hmotnost čerstvé směsi bez příměsí. U vzorků s množstvím provzdušňovací přísady kolem 1,2%, respektive vzduchu kolem 6% byla zaznamenána anomálie. Toto mohlo být způsobeno chybou měření.

Z Grafu 5 je patrné, že s nárůstem provzdušňovací přísady a klesá objemová hmotnost čerstvého betonu.



Graf 5: Objemová hmotnost POPbetonu v závislosti na množství provzdušňující přísady

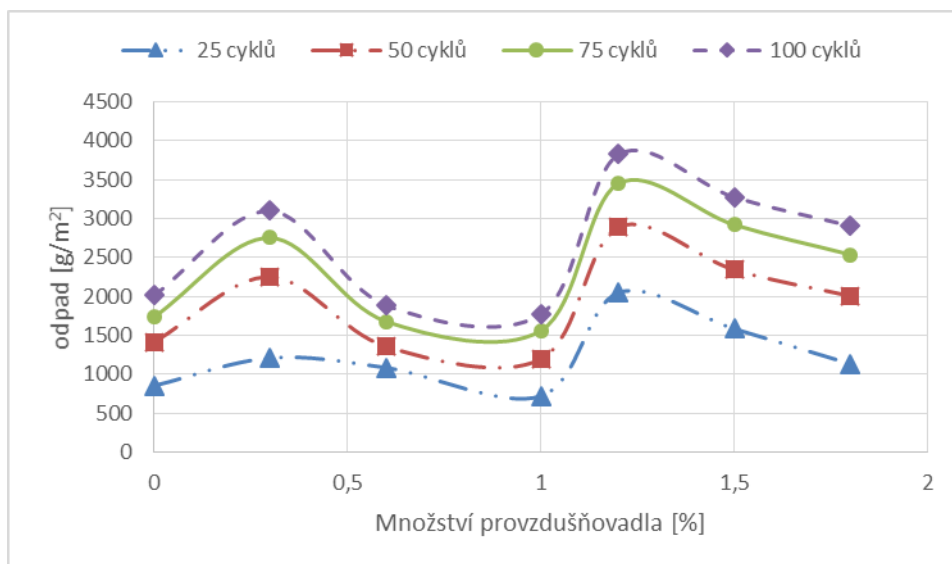
Z grafu 6 je patrné, že s nárůstem vzduchu v čerstvém betonu a klesá objemová hmotnost čerstvého betonu. Tato závislost je přibližně lineární.



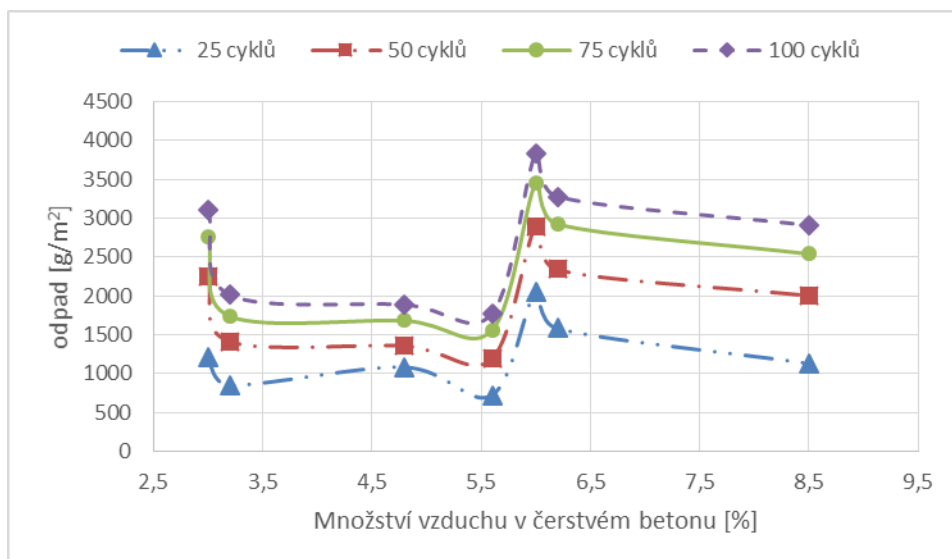
Graf 6: Objemová hmotnost POPbetonu v závislosti na množství vzduchu v čerstvém betonu

Odolnost POPbetonu proti CHRL

V Graf 7 a Graf 8 je dobře patrný vliv množství provzdušnění na celkový odpad po zkoušce CHRL po jednotlivých cyklech. Nejúčinněji se projevuje provzdušňující přísada v množství 1% na množství popílku v POPbetonu a obsah vzduchu v čerstvém betonu 5,6%. Zkouška CHRL byla prováděna min po 180 dnech stáří vzorku.



Graf 7: Odpad po zkoušce CHRL

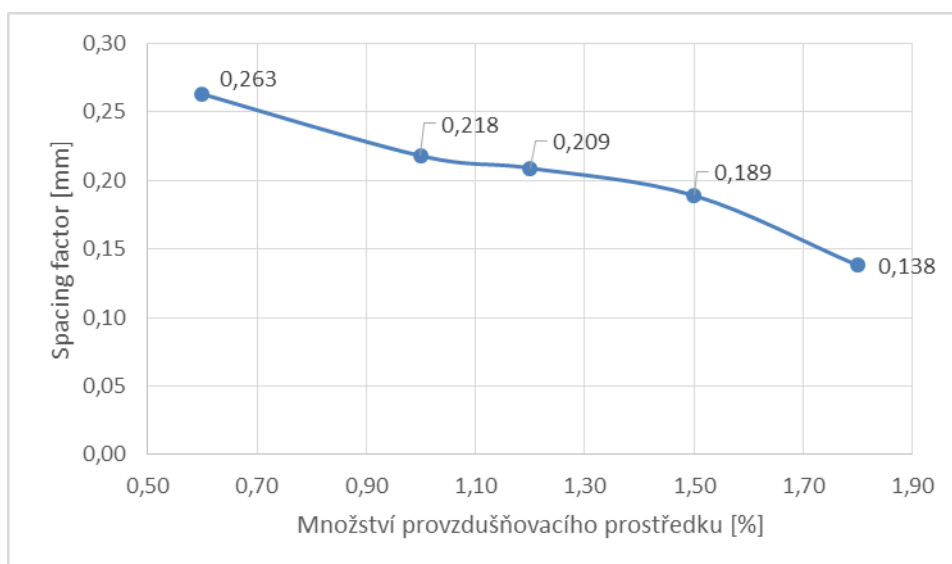


Graf 8: Odpad po zkoušce CHRL

Výsledky měření spacing factor v čerstvém betonu

Po provedení zkoušky na zajištění obsahu vzduchu byla na vzorcích popílkového betonu stanovena charakteristika vzduchových pórů – součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů „L“ - spacing factor. Zkouška byla prováděna pomocí přístroje DBT - Air Void Analyzer. Výsledky zkoušky jsou začleněny v následujícím grafu (Graf. 9).

Obecně lze konstatovat, že betony odolné proti zmrazovacím cyklům je optimální hodnota charakteristiky spacing factor menší než 0,20 mm [6].



Graf 9: Spacing factor v čerstvém betonu

S rostoucím množstvím provzdušňovacího prostředku se snižuje spacing factor. Je však zřejmé, že zmenšování charakteristiky vzduchových pórů POPbetonu není zcela lineární.

Závěr

Vliv provzdušňovací přísady v záměsi POPbetonu má pozitivní vliv na obsah vzduchu a charakteristiku vzduchových pórů.

Oproti doporučenému dávkování do cementových betonů je množství provzdušňovací přísady vysoké.

Množství odpadu je vysoké. Je to dáno jednak malou pevností betonu (kolem 25 MPa na krychlich o hraně 100 mm) a dále poměrně vysokým množstvím vody v kompozici. Tím je dána i značné porozita materiálu.

Byl prokázán vliv provzdušnění POPbetonu na výsledky zkoušky CHRL. Optimální hodnota provzdušnění pro POPbeton pro minimální odpad při zkoušce CHRL byla přibližně 5,6%.

Vliv působení provzdušňovací přísady na alkalicky aktivované betony byl prokázán při zkoušce spacing factor.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory grantu SGS13/164/OHK1/3T/11 „Kompozitní materiály na bázi ternárních pojiv“ a dále v rámci grantu GAČR 104/12/0102 „Alumosilikátové polymerní pěny“. Děkujeme za spolupráci společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o., Zkušební laboratoř betonu Praha při provedených zkouškách.

Literatura

- [1] R. Šulc, P. Svoboda, Activation of fly ash binder in POPbeton without heating, in: XI. Conf. Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky, VUSTAH, Telč, 2007, pp. 116 - 119.
- [2] T. Váchal, P. Svoboda, Influence of temperature and time of heat curing in geopolymer reactions of fly-ash concrete mixtures, in: XVI. Conf. Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky, VUSTAH, Telč, 2012, pp. 79 – 82.
- [3] R. Šulc, P. Svoboda, Alkalická aktivace mletého úletového popílku, in XIII. Conf. Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky, VUSTAH, Telč, 2009, pp. 315 – 318.
- [4] M. Collepari, Moderní beton, 1. Vydání, Informační centrum ČKAIT, s.r.o., Praha, 2009, p 344.
- [5] Kapitola 18 Beton pro konstrukce, in: Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy odbor pozemních komunikací, Praha, 2005.
- [6] AASHTO AVA TIG, Hardened Concrete Spacing Factor, internal paper presented in TIG meeting, Topeka, Kansas, USA (2003)

Zkušenosti s využitím BIM modelů v praxi stavební výroby

Ing. Miroslav Vyčítal^{1, a}

¹ Katedra technologie staveb (K122), Fakulta stavební ČVUT v Praze Thákurova 7/2077, 166 29, Praha 6 – Dejvice, Česká republika

^a miroslav.vycital@skanska.cz

Klíčová slova: BIM

Abstrakt. Článek popisuje

Úvod do problematiky BIM

V současnosti velmi často používaná zkratka BIM neboli Building information modeling je do českého jazyka překládána pojmem informační model budovy. Pod BIM je pak zahrnována široká škála aplikací od projektových softwarů přes nástroje sloužící v průběhu výstavby pro účely přípravy a řízení staveb, až po softwary pro správu a údržbu budov. Všechny tyto aplikace spojuje využívání parametrických 3D modelů nazývaných společným názvem informační model budovy.

Informační model budovy (BIM) obsahuje geometrické a prostorové vztahy, analýzy osvětlení, geografické informace, výkazy výměr a vlastnosti stavebních komponent (například detaily výrobce). BIM může být využit, aby demonstroval celý životní cyklus budovy, včetně procesu výstavby a provozu staveb. Výměry a sdílené vlastnosti materiálů mohou být jednoduše vykazovány. Rozsah práce může být izolován a definován. Systémy, sestavy a sekvence mohou být vykázaný v odpovídajícím měřítku vzhledem k celku budovy nebo budov. Dynamické informace o budově, jako jsou hodnoty na senzorech a kontrola systému měření a regulace, mohou být v BIM také zahrnuty, aby podpořily analýzu provozu budovy a její údržbu. ¹

Jak již bylo naznačeno, nejedná se o jeden určitý software, ale o způsob práce využívající parametrické modely jako základní pracovní podklad. Z pohledu práce s modely se BIM rozděluje na dvě základní skupiny:

- modely specializované (například modely pro výpočty energetických simulací, statické modely, modelové podklady pro vizualizace) a profesní (obsahující data jednotlivých profesí např. VZT, topení, chlazení, architektonicko- konstrukční atd.);
- modely integrované (vznikající sloučením jednotlivých profesních modelů do komplexního modelu například pro účely koordinací projektové dokumentace).

Hlavní rozdíly oproti klasické elektronické dokumentaci spočívají v databázové podstatě informačního modelu budovy, kde vlastní 3D zobrazení je pouze jednou částí informace obsažené v modelech BIM. Tento nový způsob ukládání informací umožňuje nové způsoby využívání těchto informací a práce s nimi.

Dalším rozdílem je fakt, že v podmínkách České republiky není BIM dokumentace definována legislativně ani technickými normami a stávající požadavky a normy lze aplikovat pouze na tištěné výstupy z BIM modelů. Informační hodnota modelu je však výrazně vyšší než u tištěné nebo klasické elektronické dokumentace, a jejich nevyužití představuje ztrátu dat, která již byla do modelu vložena. Správné nadefinování požadavků na projektovou dokumentaci v podobě BIM modelu je proto nutné řešit individuálně smluvně na základě požadavků zákazníka.

Z pohledu Evropské normotvorby a legislativy lze získat inspiraci v severských zemích, kde jsou vytvářeny národní standardy státními institucemi, a dále pak ve Velké Británii, kde jsou modely

¹ <http://www.senaatti.fi/>

BIM definovány normou *PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, která je součástí iniciativy vyhlášené britskou vládou, stanovující podmínku využití BIM modely od roku 2016 pro stavební projekty zadávané vládou.

Rozdělení modelů a požadavky na ně

Model architektonicko-konstrukční

Jedná se o model stavební části, v anglické literatuře je označován jako model architektonický. Tento model je podkladem pro tisk stavební části výkresové dokumentace, a to především půdorysů, pohledů, řezů a případně i axonometrií navrhované stavby. Takto lze přímo vykázat tabulkové výkazy např. tabulky dveří, oken místností atp. Výhodou těchto výkazů je jejich zpětné propojení na výkresovou dokumentaci, což znamená, že změní-li se cokoli v projektové dokumentaci, dojde k automatické opravě ve výkazu – a naopak, je-li například přepsána jakákoliv hodnota ve výkazech, je tato informace automaticky upravena i ve všech výkresech, kde se daná informace zobrazuje. Již tato vlastnost modelu výrazným způsobem snižuje množství chyb v tištěných výstupech projektové dokumentace.

Model architektonicko-konstrukční se v ideálním případě dále dělí na model architektonický (stavební) a model konstrukční (statický). Výsledný model v tomto případě vzniká prolnutím modelu architektonického návrhu a statického řešení. Tento model však bývá často slučován a projektován jako jednotný architektonicko-konstrukční model. Statická část dokumentace je v tomto případě zpracovávána odděleně od stavební části, a nelze tak využít možností jejich automatické koordinace a je nutné spoléhat na manuální kontrolu těchto dvou částí.

Detailnost řešení modelu a zpracování dokumentace je nutné odsouhlasit v rané části projektu. Obecně lze říci, že z pohledu pracnosti a datového objemu modelu není nutné zpracovávat model pro tisk výkresů větší detailnost než 1:50. Z toho vyplývá, že výkresy konstrukční detailů jsou i při tvorbě BIM dokumentace zpracovávány nadále pouze jako 2D podklady. V modelu dále nejsou oddělovány jednotlivé vrstvy konstrukčních skladeb, ale jsou informačně obsaženy jako parametr dané konstrukce.

Architektonicko-konstrukční model je základním podkladem jak pro odvozené výpočtové modely (jako jsou modely pro účely stavebně fyzikálních výpočtů), tak podkladem pro projektování ostatních profesí technického zařízení budov. Zároveň slouží jako základní podklad pro sloučený koordinační model tím, že poskytuje prostorové řešení potřebné pro koordinace.

Modely TZB

Modely TZB se dělí dle jednotlivých profesí, zpravidla však jsou do centrálního modelu importovány modely koordinačně významné, jako je model vzduchotechnický, modely topení a případně chlazení, modely vodovodu, kanalizace a plynu, případně i modely elektro (koncové prvky, kabelové lávky). Do modelu naopak nebývají vkládány ty části výkresové dokumentace, které koordinačně významné nejsou, jako například slaboproudé rozvody, řešení měření a regulace, EPS, EZS a jiné.

Modely TZB jsou vytvářeny především s důrazem na prostorové koordinace a technické řešení, a dále pak s důrazem na možnosti vykazování jednotlivých komponent. Pro účely projektování jsou využívány specializované softwary, které ve většině případů pracují na odlišné platformě než software pro projektování stavební části. Z toho důvodu je zásadní pro jejich používání nastavení formátu datové výměny a sdílení dat, a to nejenom z pohledu softwarového, ale i prostorového. Pro úspěšné propojení jednotlivých modelů je třeba využívat buď stejný systém souřadnic x, y, z, případně společné body, na základě kterých jsou modely TZB do projektové dokumentace osazeny. Především pak z důvodu koordinací je nutné osadit tyto modely s milimetrovou přesností, a to nejenom při osazení plošném, ale především při osazení výškovém.

Ostatní části projektové dokumentace

Do této části se řadí části projektu, které jsou zpracovány jako modely, ale nejsou technicky ani funkčně propojeny, případně části výkresové dokumentace, které není možné zapracovat do modelu nebo z modelu přímo vyexportovat, a to například z důvodu vysoké pracnosti takového řešení. K těmto částem patří výpočtové modely a dále pak obecně všechny textové části a popisy projektové dokumentace. Tyto části lze zpětně do modelu připojit pro účel tvorby předávací dokumentace, případně dokumentace skutečného provedení, nicméně nejsou v modelu přímo vytvářeny.

Problematika datových formátů

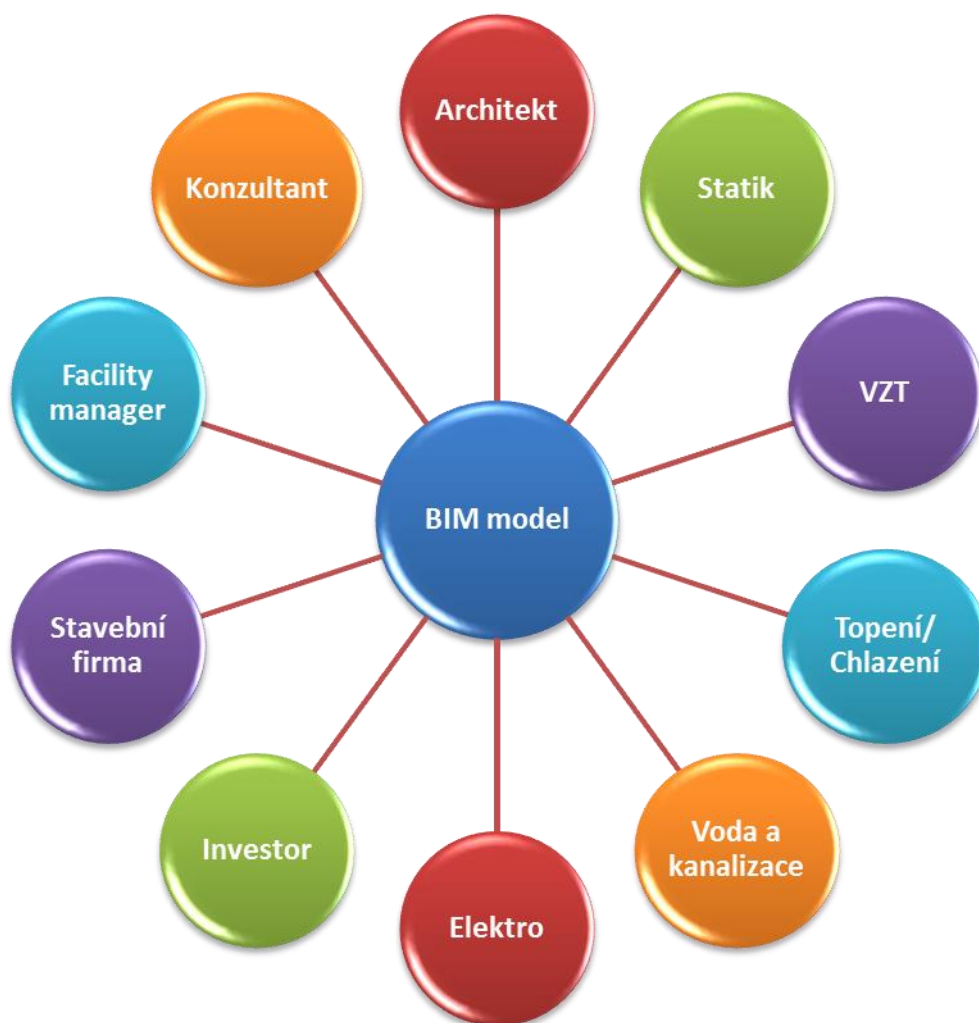
V současné době je při práci s elektronickou dokumentací jedním z hlavních problémů vzájemná nekompatibilita formátů různých výrobců softwarů, a to jak v klasické 2D elektronické dokumentaci, tak nově i v 3D dokumentaci. Na rozdíl 2D formátů, kde diskuze o kompatibilitě probíhají již desítky let a základní výměnné formáty byly řešeny, pro dokumentaci BIM je téma datové výměny poměrně novější, nicméně je řešeno od počátku existence myšlenky navrhování pomocí modelů. Datová výměna by měla být z databázové podstaty modelů mnohem jednodušší, nicméně je definována jednotlivými řešeními výrobců softwarů pro projektování. V současné chvíli se dělí na dva základní proudy výměny dat, a to řešení dominantního výrobce na trhu firmy Autodesk na bázi rodiny produktů Revit a dále pak na univerzální výměnný formát IFC spravovaný a vyvíjený neziskovým uskupením BuildingSMART.

Z pohledu možnosti nahrávání 3D podkladů, případně modelů jednotlivých profesí do koordinačních BIM modelů, je pak způsob a možnosti datové výměny dán jednotlivým řešením příslušného výrobce. Většina však podporuje připojení všech základních podkladů jak ve 2D, tak ve 3D podobě, zpracovaných i ve formátech typu DWG a podobných.

Další strategií je pak využívání specializovaných decentralizovaných modelů (obsahujících pouze data nutná pro řešení dané úlohy) proti strategii využívání centrálního modelu (obsahující komplexní data všech profesí).

■Centrální model

Strategie využívání centrálního (integrovaného) modelu je výhodná z především z pohledu komplexnosti obsažených informací, kde všechny potřebné informace jsou „na jednom místě“ vždy dostupné pro daného uživatele a pro veškeré potřebné úlohy. Výhodou je také aktuálnost obsažených dat a lepší vzájemná výměna informací. Komunikace pak probíhá dle diagramu uvedeného níže především pomocí centrálního modelu, kam jsou všechna data shromažďována. Tento model je z důvodu udržitelnosti kontroly nad daty uzavřen a zpravidla spravován jedním subjektem na úrovni hlavního inženýra projektu případně BIM manažera. Ostatní členové procesu mají možnost do modelu nahlížet a stahovat z modelu potřebné podklady. Ukládání nových aktualizovaných modelů do centrální databáze je následně prováděno určenou osobou v dohodnutých intervalech, například před kontrolními dny, případně před koordinačním jednáním.



2

V tomto systému výměny dat bývá využíván projektový software stavební části, do kterého jsou připojovány jednotlivé modely profesí v nativním (původním) případně exportním formátu. Nevýhodou tohoto systému jsou velké datové objemy sdílené dokumentace, které jsou pro sdílení dat a práci nepraktické. Tento systém lze důsledně aplikovat pouze na projektech malého a středního rozsahu.

■ *Decentralizovaný model*

Pro projekty od středního do velkého rozsahu je výhodnější využívat strategii specializovaných modelů, kde je projekt buď dělen do menších celků, na které je aplikována metoda centrálního modelu, případně jsou soubory jednotlivých profesí slučovány pouze pro účely koordinace a kontroly kolizí.

V případě vytváření specializovaných modelů pro kontrolu kolizí, lze pracovat s datově méně obsáhlými modely, neboť pro účely koordinace je dostatečné využití prostorových informací a základních informací materiálových.

V praxi je však nejčastěji využívána kombinace obou metod, kde jsou základní modely stavební a modely technologií sloučeny do centrálního modelu, a dále pak jsou vytvářeny specializované modely například pro statické výpočty, pro tepelné technické výpočty atp.

Oblasti využití BIM modelů ve světě

Využití BIM modelů ve světě prodělalo rychlý vývoj v období posledních pěti let, kde docházelo k přechodu na masové rozšíření tohoto způsobu práce především ve vyspělých Evropských zemích a USA. V zemích, jako jsou státy severní Evropy nebo Velká Británie, je BIM zapracováván do legislativy a technických norem a stal se standardem práce s projektovou dokumentací.

Ve Velké Británii byl v červenci 2011 zahájen vládní/průmyslový BIM program se zaměřením na převzetí technologie BIM organizacemi ve veřejném i vládním sektoru v oblastech nákupu a dodávek budov a infrastruktury. Řídící procesy pro zavedení BIM byly stanoveny v BIS BIM strategii a ve vládní strategii výstavby. V souhrnu se pak jedná o následující požadavky:

- snížení nákladů na budovy a zvýšení provozní efektivity;
- umožnění zvýšení produktivity a efektivity stavebních zásobovacích řetězců;
- dopomoci rozvoji progresivního odvětví, na kterém je možné založit ambiciózní růst.³

Toto vše je řízeno snahou o zvýšení produktivit stavebního průmyslu podporované iniciativou britské vlády, která vytyčila cíl pro všechny centrálně zadávané stavební zakázky od roku 2016 využívat technologii BIM. Do roku 2016 byl stanoven program implementace, kde se od roku 2011 každoročně snižují investiční hodnoty zakázek, u kterých je povinností využívat BIM.

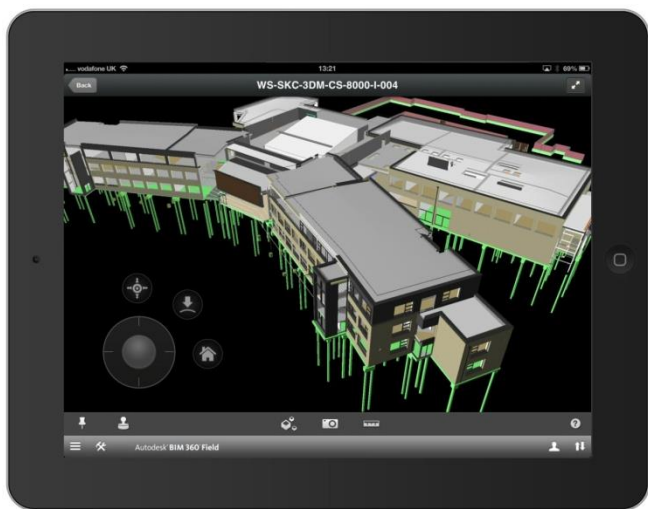
BIM se tímto stává standardním nástrojem práce s projektovou dokumentací ve výše zmíněných zemích a rozvoj jeho využití se posouvá z části projektové dále do celého cyklu stavebního procesu – tedy do procesu přípravy a provádění staveb, po správu a údržbu, až k následným demolicím a rekonstrukcím. Jenom v oblasti přípravy a provádění staveb bylo identifikováno více než 21 oblastí, kde se BIM stal efektivním nástrojem pro jejich řešení. Možnosti využití informací v modelech obsažené, případně modelů samotných ve spojení s jinými systémy zahrnují širokou škálu procesů, od řešení BOZP na stavbách, přes řízení logistiky a dodávek na stavbu až po využití modelů pro měření stopy CO₂ zabudovaného v průběhu výstavby.

Další oblastí je pak využití a přenesení modelů přímo do stavební výroby, a to například pomocí technologií tablet PC. Tablety jsou lehká přenosná zařízení s dostatečným úložným prostorem a výpočetním výkonem, aby umožnily přenášení, prohlížení a připomínkování projektové dokumentace stavby přímo v terénu. Přední výrobci stavebních softwarů vyvíjejí aplikace, které umožňují využití elektronické dokumentace, a to jak BIM, tak klasické dokumentace, přímo na staveništi. Tento způsob práce zrychluje schopnost rozhodování díky možnosti okamžitého přístupu ke všem potřebným dokumentům přímo v místě řešení problému



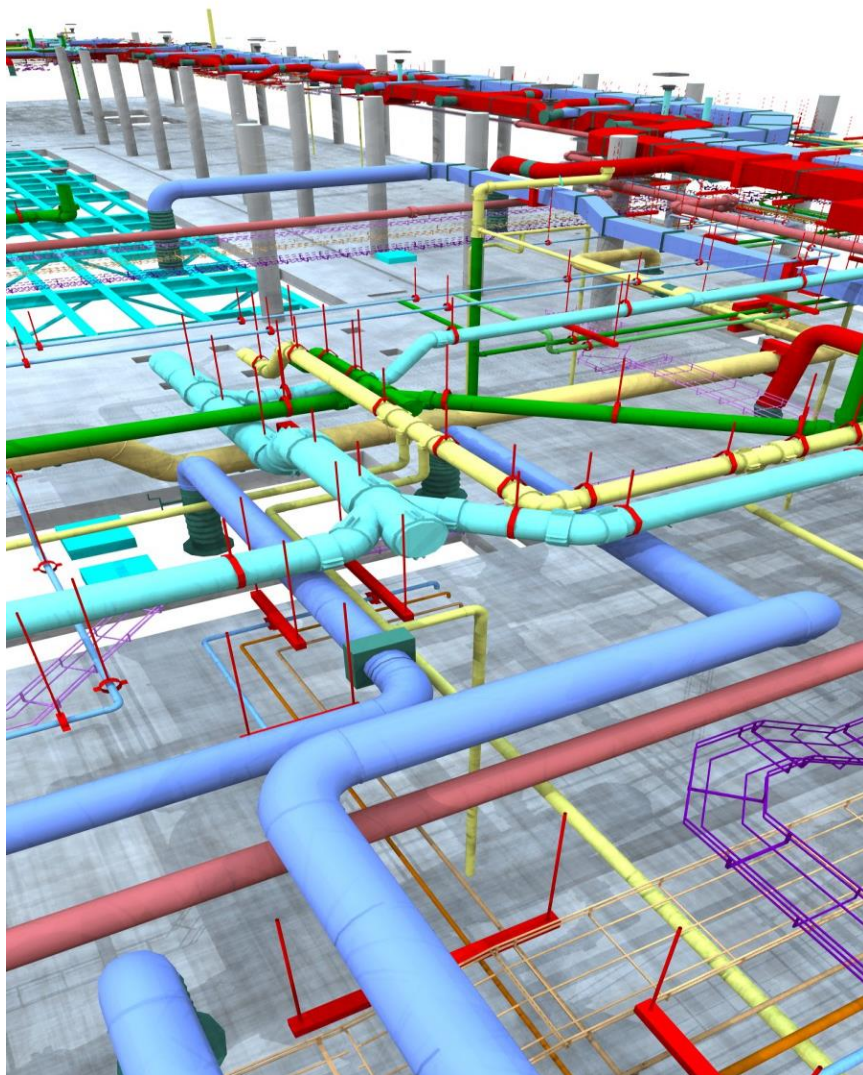
Dále je možné využívat tyto nástroje pro přejímky, kontroly kvality a veškerou administrativu prováděnou na staveništi. Většinu problémů lze vyřešit na místě, bez nutnosti cest do kanceláře stavby a zpět.

³ Industrial strategy: government and industry in partnership Building information modelling *HM Government*
www.bis.gov.uk



Další aplikací je využití modelů pro vytyčování a jejich napojení na geodetické nástroje. BIM model je prostorově plně orientován, a to v souřadnicích lokální souřadné soustavy, nebo případně v globálních souřadnicích. Geodetické nástroje tak lze využívat nejenom pro vytyčování a kontroly stavebních konstrukcí, ale nově i pro trasování rozvodů TZB. Tento způsob práce však vyžaduje detailní modelování **navržených** rozvodů, a to včetně závěsů a jejich poloh. Totální stanice jsou pak **schopny** v plně automatickém režimu pomocí laserových markerů vytyčovat polohy kotvicích bodů jednotlivých závěsů. Podle zkušeností z provozu je tento způsob práce na stavbě cca 10krát rychlejší a vyžaduje polovinu pracovníků oproti standardnímu postupu. Při dodržení vytyčených bodů se také eliminuje možnost chyby při provádění prací dle zkoordinované dokumentace a zároveň se vytváří dokumentace skutečného provedení „za pochodu“. Na druhou stranu je však nutné investovat více času a prostředků ve fázi modelování TZB, neboť je nutné provést modely do úrovně dílenské dokumentace.





Praktické zkušenosti s využitím modelů na projektech v ČR

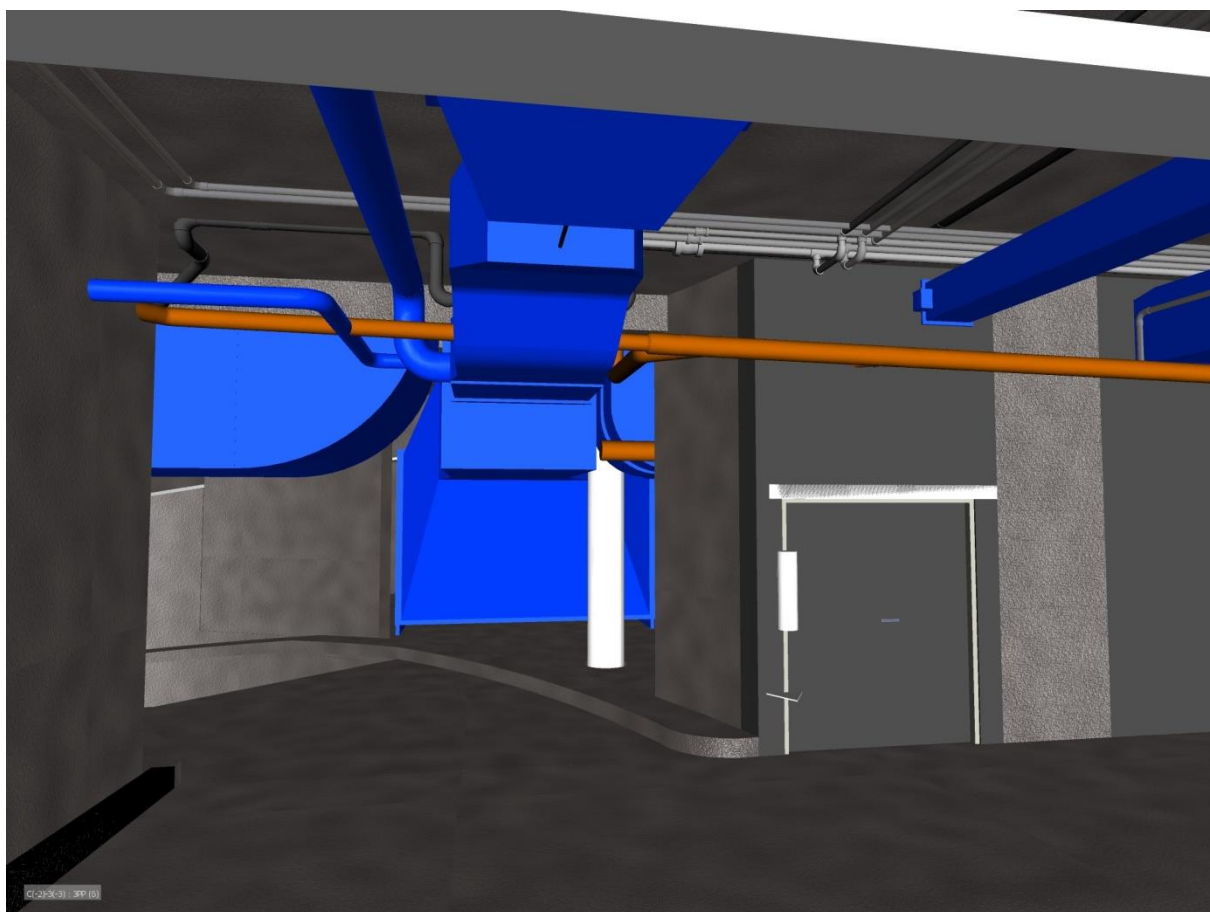
Společnost Skanska se v České republice zabývá možnostmi využití BIM modelů při přípravě a provádění staveb již od roku 2008, a to jak v oblasti popularizace této metody, tak především při jejím testování v praxi. Pro tyto účely je využívána úzká spolupráce v rámci skupiny Skanska, a především možnost přenosu zkušeností ze severských zemí. Od roku 2008 byl BIM testován na šesti projektech, nicméně vlivem nástupu ekonomické krize bylo teprve v roce 2013 zahájeno provádění projektu s využitím technologie BIM. Jedná se o projekt administrativní budovy o třech podzemních a sedmi nadzemních podlažích, který byl původně navržen a vyprojektován klasickým způsobem. Při zahájení stavebního povolení však bylo rozhodnuto, že pro účely dokumentace pro provedení stavby a zapracování všech změn, které vznikly během vývoje projektu, bude využita metoda BIM. Na základě tohoto rozhodnutí byly poptávány projektové práce u externích dodavatelů. Při výběru dodavatele byly vytyčeny dva základní cíle a očekávání pro tento pilotní projekt. Jednalo se především o využití modelů pro kontrolu a koordinaci projektové dokumentace a dále pak o využití modelu pro generování výkazů výměr. Dále byl vzhledem k termínu zahájení výstavby kladen důraz na rychlost vlastního procesu tvorby projektové dokumentace. Výběr dodavatele nebyl omezen použitým softwarem, pouze požadavkem na export modelů do formátů IFC, případně NWC. Vzhledem k tomu, že se jedná o pilotní projekt, není cílem vyzkoušení maximálního množství aplikací modelu na stavbě, ale raději dosažení kvalitního zpracování dokumentace a její koordinace. V průběhu výstavby pak bude možné přidávat a testovat další postupy, jako jsou využití BIM

modelů pro tvorbu výkazů výměr, a dále pak vytváření 4D modelů napojením BIM modelu na harmonogram výstavby.

V průběhu projektových prací a kontrolní dnů s projektantem se velmi osvědčila názornost 3D modelů jak po stránce architektonické, tak po stránce technické. Pomocí této metody a možnosti komplexního pohledu na dané řešení, bylo možné identifikovat problematická místa například ve strojovnách pod rampou a kolize rampy se vzduchotechnickými jednotkami prohlížet

Kontrola kolizí

Koordinace projektové dokumentace a kontrola kolizí jednotlivých modelů byla prováděna primárně generálním projektantem a doplňkově pak v procesu přejímky prováděcí dokumentace zástupcem Skanska. Účelem použití 3D modelů pro koordinaci projektové dokumentace bylo dosažení maximální jednoznačnosti řešení a eliminace projektových a koordinačních chyb. Z důvodu rychlosti zahájení pak nebyl modelován projekt speciálního zakládání. Architektonicko-konstrukční model je projektován jako sloučený model stavební a statické části a slouží jako podklad ostatním profesím. Model vzduchotechniky vzniká ve specializovaném software a je importován do modelu stavebního modelu včetně všech koncových prvků. Modely topení, chlazení, vody a kanalizace jsou vytvářeny v nativním prostředí projektového softwaru stavební části a jsou do modelu vkládány napřímo, bez převodu. Kontrola kolizí probíhala ve dvou stupních. Základní koordinace byla provedena hlavním inženýrem projektu za pomoci projektového softwaru při vkládání jednotlivých modelů, a to především vizuální kontrolou kolizí jednotlivých modelů. Výstupem těchto kontrol byly 3D pohledy s vyznačenými kolizemi, které byly rozesílány jednotlivým projektantům profesí s návrhy možných řešení dané kolize. Projektanti provedli opravu a modely byly znovu sesazeny. Tento postup probíhal opakovaně, včetně posuzování alternativních tras jednotlivých technologií. V rané fázi byl tak model použit k základní koordinaci tras v šachtách včetně koordinace prostupů, především pro vzduchotechniku. Na základě posouzení předchozího projektu došlo mimo jiné ke komplexnímu přepracování řešení podzemních podlaží. Průběžně také byly exportovány koordinační modely ve formátech NWC nebo NWD pro kontrolu prováděnou zástupci Skanska. Tyto koordinační modely byly kontrolovány jak „manuálně“, tedy virtuálním procházením modelu, tak pomocí nástrojů automatické kontroly. Tyto nástroje jsou součástí všech softwarů určených k práci se sloučenými modely.



4

Koordinační softwary pracují ve většině případů s odlišnými formáty souborů než jsou formáty, ve kterých jsou projektové dokumentace vytvářeny. Koordinační modely jsou nejčastěji exportovány buď ve formátu IFC, což je univerzální exportní formát podporovaný všemi výrobci, případně ve formátu NWC u softwarů z produkce Autodesku. Výhodou těchto formátů je menší datový objem při zachování podstatných informací nutných pro kontroly projektové dokumentace a kontroly koordinací na projektu. Tyto formáty jsou také uzavřeny pro úpravy a nelze je upravit jinak než původním softwaru a datovém formátu.



5

Z průběhu kontroly lze vytvářet výstupy, a to buď v podobě textové s grafickými znázorněními daného problému, nebo přímo v modelu pomocí odkazu a uložených pohledů na problematická místa. Takto identifikovaná místa jsou pak řešena přímo s projektanty.

Výkazy výměr

Databázová podstata modelu v mnoha ohledech usnadňuje a zefektivňuje možnosti vykazování z projektové dokumentace. Vzhledem k tomu, že jednotlivé prvky jsou prostorové objekty nesoucí parametrické informace, lze tudíž vykazovat s vysokou přesností objemy a povrchy daných objektů ve spojení popisnými parametry. V praxi je například objektem stěna nesoucí informace o materiálovém složení, způsobu úpravy finálních povrchů, pozici v objektu (např. 3NP). Ze zkušenosti pak lze z modelu získat až 70 % informací potřebných pro tvorbu rozpočtu.

Na pilotním projektu byly vykazovány jeho stavební části a zároveň se v zásadních částech ověřovaly klasickým výpočtem z výkresové dokumentace, a to především v části monolitických konstrukcí. Pro ověřované části byl zjištěn rozdíl 0,87 % ve prospěch modelu. Tato chyba je pravděpodobně způsobena chybami v zaokrouhlování v komplikovaných figurách základové desky. Pro účely výkazu výměr betonových konstrukcí se pak model ukázal jako výhodný.

Problémem pak není v přesnosti ani obsahu vykazovaných částí, ale v detailnosti vlastního modelu a detailnosti informací v modelu obsažených. V případě modelu statické části pak mohou být příkladem speciální prvky vkládané do pracovních spár, dilatací atp. V zásadě lze modelovat až do této podrobnosti, ale vzhledem k pracnosti modelování, v porovnání s dopočtením standardním způsobem, tento postup není efektivní.

Pro zpracování věrohodného výkazu výměr z modelu pak není důležité vědět, co v modelu obsaženo je, neboť to lze vykazovat velmi rychle a přesně, ale především to, co v modelu obsaženo není, a je tedy nutné dopočítat standardním způsobem. Dalším rizikem je pak kvalita zpracování modelu a jeho přesnost, kde při manuálním odměřování z výkresové dokumentace lze teoreticky odhalit případné technické chyby a nesrovnalosti, oproti automatické tvorbě výkazu výměr z BIM modelů. Výhodou je pak rychlost a přesnost těchto výkazů v případě, že dokumentace byla zpracována správně. Vše výše zmíněné klade vysoké nároky na práci projektanta a na kontrolu dokumentace.

Napojení modelů na harmonogram

Další z aplikací, která bude testována na pilotním projektu, je 4D modelování, neboli napojení 3D BIM modelu na časové plánování. Tato činnost je prováděna pomocí vytváření můstků mezi standardními harmonogramy typu MS Project, případně Primavera s BIM modelem. Toto probíhá například propojením sloupů 3.NP s řádkem harmonogramu odpovídajícímu jejich výstavbě. Takto zpracovaný 4D model lze prohlížet a optimalizovat z pohledu provádění. Lze simulovat průběhy výstavby, nebo například zobrazit rozestavěnost k danému dni.

Další aplikací tohoto modelu je využití 4D modelu pro simulaci instalace a plánování dopravních tras prostorově náročných technologií, jako jsou vzduchotechnické jednotky nebo transformátory. V neposlední řadě se jedná o vizuálně velmi účinný nástroj pro komunikaci plánování a postupu výstavby se všemi zúčastněnými stranami.

Do budoucna si lze představit i automatizaci návrhu základního časového plánu na základě dat obsažených v modelu a předdefinovaných algoritmů.

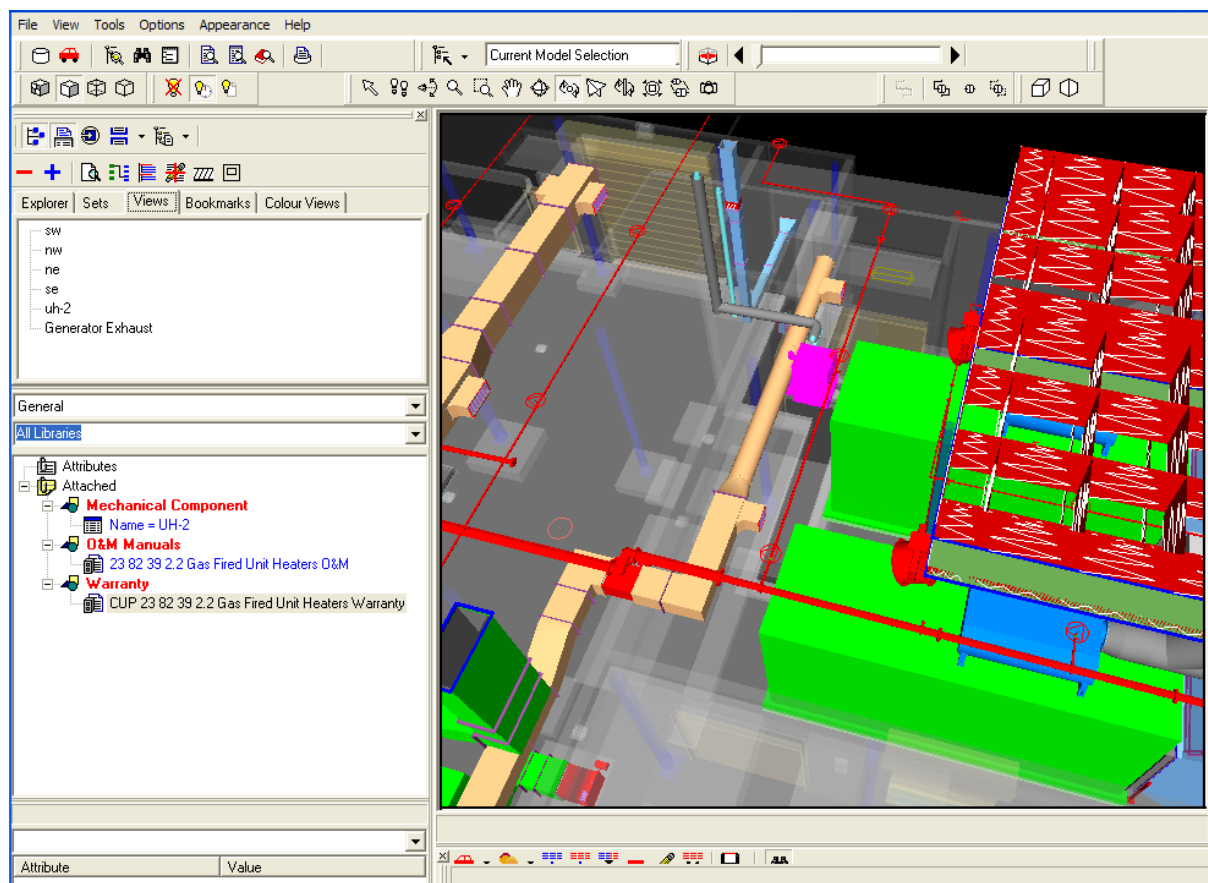
Využití modelů pro správu budov

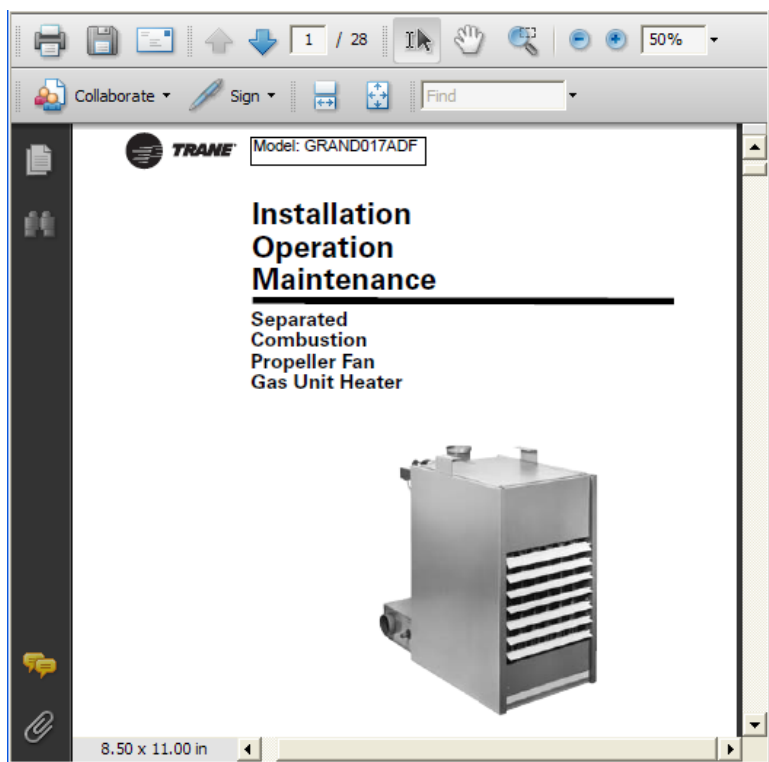
BIM modely pro správu a údržbu budov se v poslední době začínají stávat hlavním argumentem pro zadávání projektů ve formátu BIM z pohledu investora, a především z pohledu budoucího uživatele. V současnosti již moderní systémy pro správu a údržbu budov umožňují přímé nahrání BIM modelu

do systému, namísto standardní 2D podkladů. Tento krok pak umožní automatizovaný převod dat z projektových softwarů do specializovaných softwarů pro správu budov.

Další možností je pak využití BIM modelu skutečného provedení budovy jako základního informačního rozcestníku pro práci s daty objektu. Přes odkazy typu hyperlink lze propojit jakoukoliv entitu v modelu se souborem, případně soubory.

Takto lze například pro jakékoliv čerpadlo nebo jiný prvek téměř okamžitě dohledat všechny potřebné doklady, bez nutnosti pracného hledání v archivu a tištěné dokumentaci. Zároveň dokáže systém lokalizovat v projektu, a to jak půdorysně, tak prostorově, všechna čerpadla daného typu. V modelu lze vyhledávat a filtrovat požadovaná zařízení, lokalizovat, a v případě propojení na systémy BMS i ověřovat jejich funkčnost.





Závěr

Technologie BIM není již hudbou budoucnosti, ale standardním postupem v mnoha evropských zemích. Již v tuto chvíli je nesporné, že projektování a práce s pomocí modelů je logickým nástupcem klasické elektronické dokumentace staveb. Modely v nejbližší budoucnosti plně nenahradí tištěnou dokumentaci na stavbách, na mnoha projektech v České republice však již slouží jako její podklad – bohužel zatím bez využití jejich plného potenciálu. V současné době již na českém trhu fungují projektové kanceláře, které zvolily BIM modelování jako hlavní princip jejich práce, a přesto odevzdávají pouze tištěné a pdf výkresy, protože je to zadavateli požadováno. BIM tedy není systémem, který se možná někdy v budoucnosti vyvine, ale probíhá již nyní, bez využití plného potenciálu této metody práce.