

## **OCEŇOVÁNÍ VLIVU ZNEČIŠTĚNÉHO OVZDUŠÍ NA HISTORICKÉ MATERIÁLY**

**Miloš Drdáký<sup>1</sup>, Zuzana Slížková<sup>2</sup>, Terje Grøntoft<sup>3</sup> and Tim Yates<sup>4</sup>**

### **Abstrakt**

**Článek uvádí metodiku výpočtu ocenění poškození historických materiálů v důsledku znečištění ovzduší a přínosů ze zlepšení životního prostředí. Je doprovázen tabulkami cen prací při opravách památek a jejich restaurování a odhadu životností těchto prací a materiálů v evropském kontextu.**

### **1. ÚVOD**

Analýza nákladů a zisků, souvisejících se strategiemi ochrany životního prostředí ve vztahu k památkové péči, patří mezi obtížné úlohy a je ovlivněna a zkrácena mnoha vedlejšími vlivy, omezeními a podmínkami. Zdá se, že můžeme odhalit pouze obecné tendence, jejichž hodnota je často a dlouhodobě diskutována. Nicméně se jedná o velmi důležitou oblast a tudíž se musíme snažit dosáhnout pokroku v pochopení interakcí různých faktorů a přínosů, jak v sociálních, tak v ekonomických ukazatelích, pomocí výsledků z plánovaných strategií památkové péče.

Základním předpokladem studia strategie a politiky památkové péče z hledisek nákladů a zisků, je porozumění vzájemnému působení materiálů s obklopujícím prostředím a to jak v obecných poznatecích, např. vlivu tepelných zisků na materiál, tak v užších souvislostech, např. vlivu kyselých dešťů na vápenec.

Znalosti procesů poškozování materiálů pak mohou být využity pro posuzování provozní způsobilosti a potenciálních mezí selhání materiálů či prvků. Nicméně náklady na vznik poruchy nebo náklady zabránění vzniku poruchy musí uvážit i možné zásahy – údržbu, konzervaci či renovaci. Každý zásah může být definován a důsledky pro historické objekty mohou být kvantifikovány. Teoretické úvahy ovšem potřebují doplnění praktickým pozorováním a terénním sběrem informací, týkajících se vlastních zásahů, jejich nákladů a doby mezi různými formami intervence.

Existují náznaky, že se doby mezi jednotlivými zásahy na památkových či historických objektech zkracují, přinejmenším je to dokázáno v určitých oblastech. Při intervencích je nezbytné ctít zásady památkové péče, platné v době zásahu. Současná filosofie ochrany památek většinou vyznává názory o přijatelnosti údržby a výměny materiálů při zachování estetických kvalit („like for like“ náhrady), zejména pokud je žádoucí dosáhnout určitého stupně „zlepšení“. To se týká případů, kdy historické užívání určitého materiálu nebo návrh prvků se ukázaly jako nevhodné a je otázkou, zda máme podobné chyby opakovat, když víme, že materiál nebo prvek opět selžou. Patří sem i případy tzv. „nejlepší praktické

---

<sup>1</sup> Drdáký Miloš, doc. ing. DrSc., ÚTAM AV ČR, v.v.i., Prosecká 76, 190 00 Praha 9, 286885382, drdacky@itam.cas.cz

<sup>2</sup> Slížková Zuzana, ing. PhD, ÚTAM AV ČR, v.v.i., Prosecká 76, 190 00 Praha 9, 286885382, slizkova@itam.cas.cz

<sup>3</sup> Grøntoft Terje, Dr., Norwegian Institute for Air Research, Keller, Norsko, teg@nilu.no

<sup>4</sup> Yates Tim, Dr., Building Research Establishment, Ltd., Londýn, Velká Británie, YatesT@bre.co.uk

možnosti“, vždy s uvážením, zda může být dosažena s přiměřenými náklady. Je známo, že v minulosti, zejména v době mezi roky 1850 a 1950, byly zásahy do památek mnohem radikálnější, s častými celkovými přestavbami podstatných částí budov. V poslední době snaha o minimalizaci zásahů vede k šetrnějším řešením za cenu jejich častějšího opakování.

Studium výše uvedených problémů vyžaduje kromě podrobných znalostí mechanismů poškozování historických stavebních materiálů, také praktické znalosti o cenách opravných či restaurátorských prací. Výzkumem v této oblasti se zabýval jeden z nedávno ukončených grantových projektů 6.rámcového programu Evropské Komise, nazývaný akronymem CULT-STRAT (Assessment of Air Pollution Effects on Cultural Heritage – Management Strategies).

## **2. VYBRANÉ HISTORCKÉ MATERIÁLY A JEJICH ŽIVOTNOSTI**

Existují dvě základní metody modelování poškozování konstrukčních prvků, použitelné v probabilitní analýze.

V prvním případě využití dostupných *historických dat o chování prvku* poskytuje probabilitní informaci o provozní způsobilosti prvku, neboli určuje pravděpodobnou dobu do provedení opravy, do nutnosti výměny nebo do okamžiku havárie. Nejsou-li úplná data dostupná, mohou být nahrazena laboratorními zkouškami a teoretickými modely. Tato metoda je vhodná zejména v situacích, kdy se zabýváme mnoha různými prvky, např. částmi obytného domu. Spoléháme na údaje, shromážděné v databázích a analýza těchto historických dat určuje distribuční funkce pravděpodobnosti dosažení kritického stavu. Navíc je v tomto případě možné konstruovat podmíněné pravděpodobnosti z podmnožin dat, např. oddělením údajů pro specifické prostředí, oddělením prvků opravených předchozí údržbou nebo prvků z materiálů dané kvality. Nicméně při modelování provozní způsobilosti materiálu nebo prvku i tento relativně jednoduchý přístup naráží na řadu obtíží, například:

- Budoucí kvalita prostředí nemusí být stejná, jako ta minulé.
- Současné materiály mohou být odlišné od materiálů historických, pro která existují databázové údaje.
- V jednotlivých podmnožinách omezeného vzorku nemusí být dostatečné množství dat, což zvyšuje chyby a nejistoty v určení pravděpodobnostního modelu.
- Dostupná data nemusí obsahovat potřebné informace, např. pro rozdělení do podmnožin, určení závislostí, apod.
- Je těžké nebo nemožné určit přesně data budoucích zásahů.
- Metoda není vhodná pro prvky, které se často opakují a jsou často udržovány nebo vyměňovány, např. okna, čímž se nereprezentativně zvyšuje počet údajů.
- Metoda není použitelná pro prvky a konstrukce, které se zřídka zcela porušují.

Druhý způsob využívá *fyzikálního modelování zhoršování* materiálových vlastností a ztráty rozměrů prvku při působení očekávaných nebo daných režimů působení okolního prostředí. Potřebné znalosti pro vývoj a kalibraci těchto modelů mohou pocházet z historických dat, laboratorních zkoušek či teoretických úvah. Tato metoda je obecně složitější, než předchozí a nebyla ve studii použita.

Práce využívá pojmu střední doby do vzniku poruchy (MTTF – the Mean Time to Failure), která může být zjištěna dvěma způsoby.

Nejprve jako střední doba životnosti prvku, odvozená ze známých historických časových údajů  $t$ , nikoliv však pro prvky, které jsou vysoce spolehlivé a zřídka kdy selhávají:

$$MTTF = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

## XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství Brno, 25. – 26. 1. 2008

Pro přijatelnou přesnost odhadu by počet známých případů  $n$  neměl být malý. Např. jeden nebo dva případy nestačí. Poruchy v uvažovaném souboru nemusí být ze stejného systému nebo prvku. Pro teoretické úvahy vyvstanou další otázky:

- Máme uvažovat „identické“ prvky, vystavené náhodné expozici nebo zatížení?
- Nebo naopak náhodné prvky namáhané stejnou expozicí či zatížením?
- Mají být prvky náhodné a vystavené (nestejné) náhodné expozici/zatížení?
- Má identický znamenat shodný ve všech směrech nebo jenom „typologicky“?

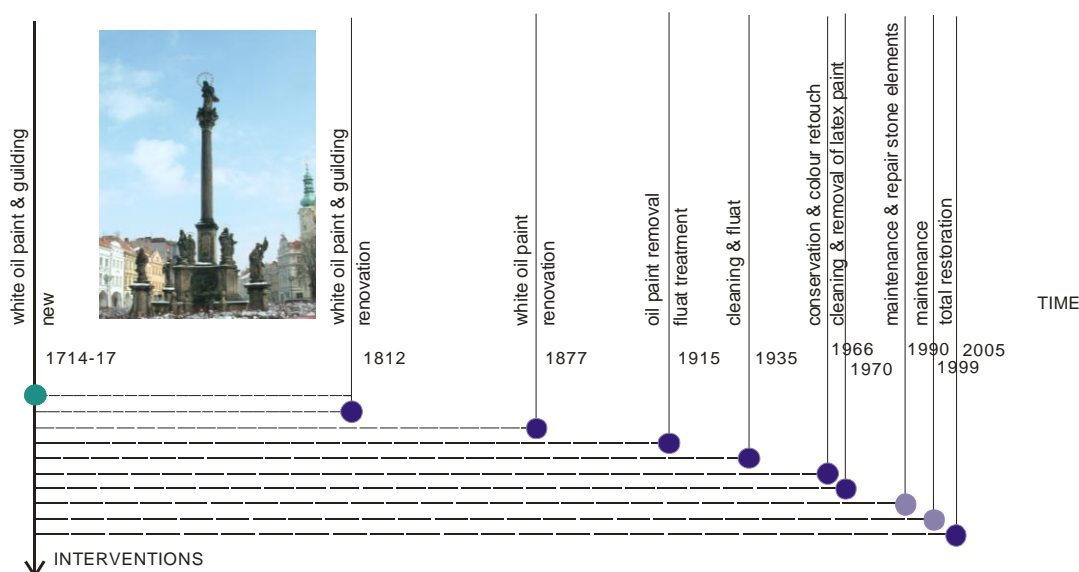
Ve skutečnosti se můžeme zabývat jakýmkoliv prvky, ale pokud neuvažujeme všechny alternativy, jsou výsledky jenom podmíněné.

Druhý způsob určení MTTF je použitelný v případě, kdy je prvek po velmi dlouhou dobu nahrazován identickým prvkem ve shodném systému, (nebo několika shodných systémech). Pak můžeme vypočítat MTTF jako dobu mezi očekávanými poruchami:

$$MTTF = \frac{T_{op}}{k}$$

kde  $T_{op}$  je celková doba provozní způsobilosti (životnosti) a  $k$  počet poruch během této doby. MTTF je zde rovna očekávané reprodukční periodě poruchy prvku ( $T_R$ ). Je-li tato perioda vyjádřena v rocích, je reciprokou hodnotou podmíněné pravděpodobnosti poruchy za rok. Nutno poznamenat, že při tomto postupu by namáhání prvku mělo být nezávislé na stáří systému, což většinou není přesně splněno, neboť často dochází ke snížení tuhosti prvku a tudíž i ke snížení jeho namáhání. Za předpokladu použití dat o násobné opravě či výměně jednoho prvku při konstantním nebezpečí, je MTTF shodná s tzv. střední dobou mezi poruchami (MTBF), [1].

U historických prvků je typické, že dostupnost velkého množství dat pro identické prvky je velmi omezená. Proto je obtížné určit skutečně dosahované životnosti prvků v široké škále. Navíc, řízení zásahů je často ovlivněno zcela jinými důvody, než je vyčerpání fyzické životnosti či funkční způsobilosti prvku. Proto studie vychází z údajů zjištěných z archivních dokladů a uvádí v cenových tabulkách jako odhadované životnosti střední doby mezi opravami. Příklad historického záznamu je uveden na obr. 1.



Obr.1. Historie zásahů na Mariánském sloupu v Hradci Králové.

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství  
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

Pro hodnocení škod ze znečištěného ovzduší je však výše uvedený způsob hodnocení životnosti nepoužitelný, neboť historické materiály jsou právě těmi případy velmi spolehlivých systémů, jsou-li vystaveny účinkům povětrnosti a jejich celková kritická porucha je velmi nepravděpodobná, dokonce i u velmi tenkých prvků, jako jsou plechové krytiny. Pro tento případ byly odvozeny funkce poškození účinky znečištěného ovzduší pro vybrané materiály [2] a přijatelné (tolerované) hodnoty korozních úbytků materiálu [3].

Materiál	Typ povrchu	Přijatelná koroze před zásahem	Přijatelná doba mezi údržbou	Přijatelná rychlost koroze
Vápenec/mramor	Ornament, starý	100 $\mu\text{m}$	12 let	8.3 $\mu\text{m rok}^{-1}$
	Ornament, s korozí	50 $\mu\text{m}$	6 let	8.3 $\mu\text{m rok}^{-1}$
Pískovec vápenitý	Ornament, starý	100 $\mu\text{m}$	12 let	8.3 $\mu\text{m rok}^{-1}$
	Ornament, s korozí	50 $\mu\text{m}$	6 let	8.3 $\mu\text{m rok}^{-1}$
Měděný pomník	Ornament, starý	50 $\mu\text{m}$	50 let	1.0 $\mu\text{m rok}^{-1}$
	Ornament, s korozí	10 $\mu\text{m}$	20 let	0.5 $\mu\text{m rok}^{-1}$
Bronzový pomník	Ornament, starý	50 $\mu\text{m}$	50 let	1.0 $\mu\text{m rok}^{-1}$
	Ornament, s korozí	10 $\mu\text{m}$	15 let	0.7 $\mu\text{m rok}^{-1}$
Zinkový pomník	Rovnoměrná koroze	80 $\mu\text{m}$	50 let	1.6 $\mu\text{m rok}^{-1}$

**Tabulka 1. Přijatelné hodnoty koroze a periody údržby historických materiálů**

Tolerované hodnoty rychlosti koroze vypočtené z přijatelné koroze před zásahem a tolerované doby mezi údržbou v Tabulce 1 odpovídají základním atmosférickým hodnotám rychlosti koroze násobeným součinitelem  $n = 2,5$ , (Tabulka 2).

Materiál	Základní korozní rychlost	Přijatelná rychlost koroze
vápenec	3.2 $\mu\text{m rok}^{-1}$	8 $\mu\text{m rok}^{-1}$
pískovec	2.8 $\mu\text{m rok}^{-1}$	7 $\mu\text{m rok}^{-1}$
měď	0.34 $\mu\text{m rok}^{-1}$	0.8 $\mu\text{m rok}^{-1}$
bronz	0.25 $\mu\text{m rok}^{-1}$	0.6 $\mu\text{m rok}^{-1}$
zinek	0.46 $\mu\text{m rok}^{-1}$	1.1 $\mu\text{m rok}^{-1}$
uhlíková ocel	8.5 $\mu\text{m rok}^{-1}$	20 $\mu\text{m rok}^{-1}$

**Tabulka 2. Přijatelné hodnoty rychlosti koroze.**

Pomocí rovnic pro výpočet životnosti jednotlivých prvků, odvozených na základě empirických funkcí odezvy materiálu na působení prostředí, můžeme určit doby mezi potřebnými údržbovými pracemi na vnějším plášti stavebních objektů. Dále jsou uvedeny příklady takových funkcí odezvy a výpočtu životnosti pro portlandský vápenec [3]. Životnosti pak kolísají v závislosti na klimatických podmínkách a úrovni znečištění ovzduší – v drsných podmínkách a při vysokých hodnotách znečištění se zkracují.

*Funkce odezvy pro portlandský vápenec :*

$$R = 3.1 + \{0.85 + 0.0059[\text{SO}_2]\text{RH}_{60} + 0.054\text{Rain}[\text{H}^+] + 0.078[\text{HNO}_3]\text{Rh}_{60} + 0.0258\text{PM}_{10}\}t$$

*Funkce životnosti pro portlandský vápenec :*

$$t = (R - 3.1) / \{0.85 + 0.0059[\text{SO}_2]\text{RH}_{60} + 0.054\text{Rain}[\text{H}^+] + 0.078[\text{HNO}_3]\text{Rh}_{60} + 0.0258\text{PM}_{10}\}$$

kde R je rychlost korozního úbytku v  $\mu\text{m rok}^{-1}$ ,  $\text{Rh}_{60} = (\text{Rh}-60)$  pro  $\text{Rh}>60$ , jinak 0, a ostatními parametry jsou: čas (t) v rocích, plynné polutanty  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  and  $\text{HNO}_3$  v  $\mu\text{g m}^{-3}$ , teplota (T) ve  $^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost (Rh) v %, množství srážek (Rain) v mm,  $\text{H}^+$  srážek ( $[\text{H}^+]$  v  $\text{mg l}^{-1}$ , celkový deposit částic ( $\text{PM}_{\text{dep}}$ ) v  $\text{mg m}^{-2} \text{rok}^{-1}$ .

## **XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství Brno, 25. – 26. 1. 2008**

Skutečné cykly životnosti a intervaly mezi zásahy údržby, konzervace nebo renovace materiálů či stavebních prvků se velice mění v závislosti na rozmanitých důvodech. Přijatelné korozní úbytky podle Tabulky 2 jsou jenom směrné. Funkce odezvy zohledňují chemickou degradaci, ale projevují se v nich i další vlivy fyzikální, konstrukční, architektonické i účinky lidského faktoru. Jak již bylo řečeno, intervaly údržby nebo oprav jsou často výsledkem jiných rozhodnutí, než jenom technickou nutností. Rozhodování závisí na rozsahu a intenzitě poškození, na typu materiálu i způsobu použití. U některých objektů již velmi malé poškození není přijatelné a výměna prvku je považována za dobré řešení. Naopak u historických objektů se snažíme udržet i silně poškozené materiály zabudované v díle a cena údržby je ovlivněna náklady na preventivní opatření proti degradaci a na pečlivé restaurování. Je tudíž velmi důležité vyšetřovat skutečně pozorované intervaly mezi údržbovými, konzervačními či renovačními zásahy u různých typů konstrukcí a objektů. Tyto hodnoty mohou být porovnávány s teoretickými odhady, učiněnými pomocí rovnic životnosti. Diskuse těchto porovnání přispívá k porozumění relativní důležitosti chemického zvětrávání a degradace pro cykly praktické údržby materiálů zabudovaných do historických staveb a památek.

Praktické životnosti soch a sochařských prvků (viz cenové tabulky) jsou obecně delší, než přijatelné doby pro údržbu kamenných památek (Tabulka 1), kromě životností povrchových úprav. Intervaly životností ochranných opatření (22,5 roku), které jsou porovnatelné s údržbou proti vlivu koroze (12 let), dosahují přibližně dvojnásobku. Pokud přijmeme hodnoty přijatelné koroze před zásahem z Tabulky 1, pak skutečné korozní rychlosti zůstávají pod prahovými hodnotami „přijatelných rychlostí“. Typická rychlost úbytku vápence v Evropě leží mezi hodnotami 6 a 8  $\mu\text{m}/\text{rok}$  [3].

Pro hodnotu 6  $\mu\text{m}/\text{rok}$  je teoretickou dobou do provedení údržby  $100/6 = 17$  let, což leží v pozorovaných mezích praktické životnosti (Tabulka 3). Tak existuje dobrá korelace mezi životnostmi v Tabulce 1, odvozenými z dlouhodobých pozorování převodem do přijatelných rychlostí koroze a přímo získanými intervaly údržby v Tabulce 3. Hodnoty uváděné v obou tabulkách jsou nezávisle odvozeny a potvrzují důvěryhodnost odhadů životnosti. Nicméně, musíme znovu upozornit, že praktické intervaly údržby jsou ovlivněny i jinými faktory, než je jenom znečištěné ovzduší a že koroze nemusela dosáhnout přijatelných hodnot podle Tabulky 1 v čase provedení údržby.

Můžeme předpokládat, že výše zmíněné ostatní faktory, nezávislé na čistotě ovzduší a na možných změnách klimatu, mohou ovlivňovat intervaly údržby a životnosti stejným způsobem i v podmínkách čisté atmosféry a stejné expozice. Pak se nebude rozdílnost životností  $t_{ti} - t_{pi}$  v čistém a znečištěném ovzduší měnit v závislosti na těchto ostatních faktorech. Pro výpočet „ceny“ znečištění pak můžeme využívat výše uvedených hodnot přípustných rychlostí koroze pro základní (čisté) prostředí a znečištěné prostředí podle Tabulek 1 a 2. Základní rychlost a přijatelná rychlost určují v měřítku let dosažení technické životnosti ( $t_{ti}$ ) a životnosti ve znečištěném prostředí ( $t_{pi}$ ).

### **3. NÁKLADY ÚDRŽBOVÝCH A RESTAURÁTORSKÝCH ZÁSAHŮ**

V projektu CULT-STRAT byly zpracovány tabulky nákladů na provádění typických údržbových a restaurátorských prací na historických objektech jako nákladů na zásah na 1 metru čtvereční plochy typické historické střechy, fasády či sochařského díla.

Pro praktické rozpočtové operace byly zvoleny následující technické podmínky: odpovídající čtvereční metr je uvažován v okolí okapu, na objektu se sedlovou střechou a výší střešního okapu 7 m nad terénem, na fasádě se spodním okrajem 6 m nad terénem. Objekt je běžně dosažitelný dopravními prostředky, je postaven na rovině ve městě se 100000 obyvateli. Všechny sítě jsou na staveništi dostupné. Skládka odpadu leží ve vzdálenosti 20 km

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství  
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

No.	Surface layer or system	Unit	Guided cost EUR			Lifetime in years		
			Minimum	Maximum	Average	Min/Max/Average		
1	copper sheet – total replacement	m <sup>2</sup>	55,65	85,00	<b>67,82</b>			
2	steel galvanized sheet – total replacement	m <sup>2</sup>	16,04	52,00	<b>30,59</b>	5	45	<b>25</b>
3	plain tiles (double) – total replacement	m <sup>2</sup>	30,23	43,32	<b>36,58</b>	40	100	<b>70</b>
4	flap pantile roofing – total replacement	m <sup>2</sup>	24,23	45,39	<b>37,65</b>	30	70	<b>50</b>
5	wooden shingle split – total replacement	m <sup>2</sup>	35,16	83,68	<b>58,04</b>	50	80	<b>65</b>
6	paint on steel sheet – renewal	m <sup>2</sup>	3,75	5,48	<b>4,62</b>	3	9	<b>6</b>
7	paint on galvanized steel sheet – renewal	m <sup>2</sup>	5,53	57,00	<b>26,02</b>	5	11	<b>8</b>
8	paint on wooden shingle roofing	m <sup>2</sup>	5,32	43,32	<b>17,96</b>	5	8	<b>6,5</b>
9	regional variants – slate tiles	m <sup>2</sup>	51,88	53,61	<b>52,74</b>			
10	flap pantile roofing – repair and making up till 10% of tiles	m <sup>2</sup>	3,99	133,68	<b>49,30</b>			

88	colour retouch of surface	m <sup>2</sup>	18,62	53,78	<b>40,00</b>	10	20	<b>15</b>
89	protective coat (hydrophobic paint, ..)	m <sup>2</sup>	5,52	77,64	<b>39,04</b>	3	20	<b>11,5</b>
90	alternative surface protection (lime wash, micro mortars, ...)	m <sup>2</sup>	87,89	87,89	<b>87,89</b>			
91	balustrade cleaning	m <sup>2</sup>	14,65	14,65	<b>14,65</b>	15	30	<b>22,5</b>
92	pre-consolidation	m <sup>2</sup>	8,96	40,30	<b>29,85</b>			
93	stone – cleaning II – severe damage (incl. desalination)	m <sup>2</sup>	68,95	234,38	<b>166,45</b>	15	30	<b>22,5</b>
94	stone – consolidation II – severe damage	m <sup>2</sup>	21,38	47,61	<b>34,49</b>	15	30	<b>22,5</b>

**Tabulka 3. Příklady zjištěných směrných nákladů (cen) údržbových a restaurátorských prací pro střešní plášť a sochařská díla**

Doba pronájmu lešení není do jednotkové ceny zahrnuta, protože je silně závislá na technologii restaurování.

V katalogu cen jsou uvedeny ceny získané z různých zdrojů ve čtyřech evropských zemích. Pro většinu cen jsou základem směrné ceny stavebních prací, zpracované v ÚRS Praha, a.s.<sup>5</sup>, upravené s ohledem na zvláštnosti práce na historických objektech.

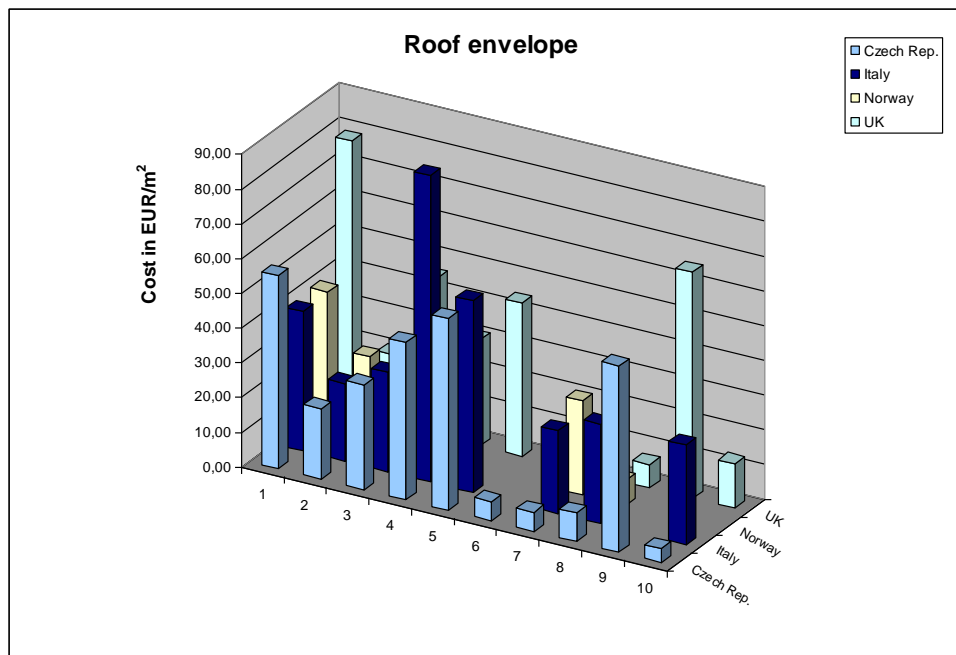
Uváděné ceny jsou pouze reprezentanty směrných cen s poměrně vysokým poměrem možných odchylek v konkrétních a přesnějších podmínkách, zejména s ohledem na smluvní ceny, variabilitu cen stavebních materiálů, zejména dovážených, individuální přístupy k výběru použité technologie, což může podstatně ovlivnit výslednou cenu. Vzhledem k rozsahu článku jsou uvedeny jenom příklady cen, ilustrující dále uváděnou metodiku hodnocení vlivů ze zhoršeného životního prostředí.

Významnou částí práce bylo studium rozdílnosti cen v různých zemích Evropy. Bylo zjištěno, že materiálová variabilita na evropských architektonických památkách je poměrně nízká, co se týče typu materiálu, ale značně vysoká v objemech materiálů typických pro určitý region. Tak např. ve Skandinávii a horských oblastech převládá dřevo, ve Střední Evropě omítané fasády a keramické střešní pláště, v jižní Evropě vápenec a prežzové krytiny. Množství materiálu je rovněž ovlivněno politikou výběru památek k zápisu mezi chráněné

<sup>5</sup> Ceny z velké Británie např. poskytly firmy David Ball Restoration, Cliveden Conservation and Cathedral Studios.

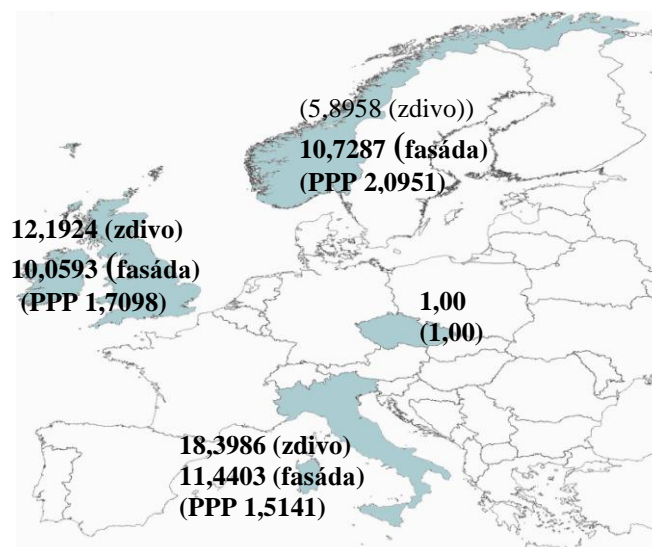
**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství  
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

objekty v jednotlivých zemích. Ceny jsou samozřejmě závislé na typu povrchu a regionu. Obrázek 2 ukazuje typickou rozmanitost cen prací spojených se střešním pláštěm.



**Obrázek 2. Rozmanitost cen typických střešních povrchů a jejich ochran po redukcí indexem PPP (čísla pozic sloupců odpovídají typům materiálů a konstrukcí podle Tabulky 3).**

Ceny byly monitorovány ve čtyřech typických evropských regionech – Střední Evropě (ČR), jižní Evropě (Itálie), Skandinávii (Norsko) a západní Evropě (Velká Británie). Tyto země vykazují rozdílné ekonomické prostředí a produkují různý národní důchod, což se odráží v paritě kupní síly PPP (Purchasing Power Parity), která lépe vystihuje socio-ekonomické podmínky. Byly použity následující PPP pro jednotlivé země ČR : Itálie : VB : Norsko po řadě 1 : 1,5141 : 1,7098 : 2,0951<sup>6</sup>. Reprezentativní výsledky ukazuje obrázek 3.



**Obrázek 3. Porovnání cen oprav a restaurování kamenného zdiva a omítaných fasád.**

<sup>6</sup> Finfacts 2004

#### **4. „CENA“ ZNEČIŠTĚNÍ Z POHLEDU ÚDRŽBY PAMÁTEK**

Znečištění ovzduší je obvykle charakterizováno konstantními hodnotami v polích zvolené sítě, pokrývající plochu území. Proto je rozumné počítat cenu znečištění typickou pro stejnou síť. Pak kombinujeme znalost množství ohroženého historického materiálu v území s daty ze znečištění ve stejném území. Obecná hodnota znečištění tak může být vyčíslena z cen daných Tabulkou 3 jako součet nákladů na zásahy na jednotlivých objektech podle rovnice:

$$C_p = \sum (Q_i * f_i * (t_{ti} - t_{pi}) / (t_{ti} * t_{pi}), i = 1 \dots n)$$

kde

$C_p$  = je „cena“ znečištění v EUR/rok/jednotku sítě

$Q_i$  = objem jednoho typu stavebního materiálu nebo systému v jednotce sítě

$f_i$  = cena údržby nebo opravy daného materiálu v EUR/m<sup>2</sup>

$t_{ti}$  = technická životnost pro daný materiál v „čistém“ prostředí v rocích

$t_{pi}$  = životnost daného materiálu, exponovaného charakteristickým znečištěním v síti v rocích

$i = 1 \dots n$  kde  $n$  je počet historických materiálů či systémů přítomných v síti a vystavených účinkům znečištěného ovzduší.

#### **5. ZÁVĚRY**

Znalost zvýšení nákladů na údržbu památek z důvodu znečištění ovzduší je důležitá pro rozhodování o politice návrhů opatření k redukci znečištění ovzduší. Prezentovaný výzkum je skromným příspěvkem do této oblasti. V současné době je snaha aplikovat metody oceňující přínosy ze zlepšení čistoty ovzduší. V tomto případě se pak lépe teoreticky odhadují zisky či přínosy pomocí nepřímých metod hodnocení památkových hodnot kulturního dědictví. Praktická analýza však stále zůstává velmi obtížnou vzhledem k téměř úplné absenci statistických dat o přínosech, nutných pro aplikaci objektivních metod analýzy nákladů, které s nimi souvisí.

#### **6. PODĚKOVÁNÍ**

Článek využívá výsledků výzkumu podpořeného evropským grantovým projektem SSPI-CT-2004-501609 CULT-STRAT, institucionálním výzkumným záměrem AV0Z2071913 a grantovým projektem GAČR č. 103/07/1609.

#### **LITERATURA**

[1] YATES, Tim, DRDÁCKÝ, Miloš, SLÍŽKOVÁ, Zuzana, LEFÈVRE, Roger, GRØNTOFT, Terje a kol.: *Complex case studies on cost/benefit analyses for selected built heritage types in the reference cities*. CULTSTRAT Research Report D16, May 2007, Praha

[2] DRDÁCKÝ, Miloš, SLÍŽKOVÁ, Zuzana, LANGHAMMER, Pavel, YATES, Tim, GRØNTOFT, Terje a kol.: *Estimation of cost for conservation/renovation works for materials and elements considering regional diversities*. CULTSTRAT Research Report D10, March 2006, Praha.

[3] KUCERA, Vladimír: *Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage*. MULTIASSESS Final Publishable Report 2005, Stockholm.