

**Ministerstvo dopravy a výstavby SR  
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

**POUŽITIE RÍMSOVÝCH PREFABRIKÁTOV NA MOSTOCH  
VEREJNÝCH KOMUNIKÁCIÍ Z HĽADISKA ICH ODOLNOSTI  
A ŽIVOTNOSTI, Z POHĽADU ŽIVOTNOSTI OSTATNÝCH  
KONŠTRUKČNÝCH ČASTÍ MOSTOV VEREJNÝCH  
KOMUNIKÁCIÍ**

**ROZBOROVÁ ÚLOHA**

2022

## OBSAH

1	Všeobecné údaje .....	3
2	Cieľ rozborovej úlohy (RÚ) .....	3
2.1	Distribúcia RÚ .....	3
2.2	Súvisiace a citované právne predpis .....	3
2.3	Súvisiace a citované normy .....	3
2.4	Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu .....	4
2.5	Súvisiace zahraničné predpisy .....	4
2.6	Použitá literatúra .....	5
2.7	Použité skratky .....	6
3	Úvod .....	6
4	Deklarácia životnosti a preukázanie vhodnosti výrobku .....	7
4.1	Používanie betónu v životnom prostredí .....	11
4.2	Hodnotenie životného cyklu prefabrikátov .....	12
4.3	Kvalitatívne porovnanie rímsových prefabrikátov .....	14
4.3.1	Určenie životnosti .....	14
4.3.2	Ekonomické hodnotenie .....	17
4.3.3	Polymerbetónové rímsové prefabrikáty .....	18
4.3.4	Železobetónové prefabrikáty .....	19
4.3.5	Železobetónové monolitické mostné prefabrikáty s prímесou polymerových vlákien... ..	19
4.3.6	Oceľové rímьы .....	19
4.3.7	Rímsové prefabrikáty mostov ostatných ciest SR .....	19
5	Výber skúšobných metód na overenie vlastností .....	19
5.1	Odolnosť voči starnutiu - povrchová úprava .....	19
5.2	UV stálosť .....	20
5.3	Prilnavosť povrchovej vrstvy .....	20
5.4	Farebná stálosť .....	20
5.5	Odolnosť voči CHRL .....	21
5.6	Mrazuvzdornosť .....	21
5.7	Pevnosť v tlaku .....	21
5.8	Pevnosť ťahu za ohybu .....	21
5.9	Stavebná oceľ .....	22
6	Miesto a spôsob odberu vzoriek na skúšanie .....	23
7	Nastavenie podmienok a požiadaviek .....	23
8	Porovnanie vlastností výrobkov .....	24
8.1	Doprastav .....	24
8.2	KŠ Prefa .....	25
8.3	MEA .....	25
8.4	KOGA Bau .....	25
8.5	ŽPSV .....	25
8.6	Porovnanie rímsových prefabrikátov .....	25
9	Odporúčanie použitia najvhodnejšieho typu rímsových prefabrikátov .....	25
9.1	BIM objekty .....	27
9.2	Požiadavka stavebníka .....	27
9.3	Dodanie informácií: projektant alebo výrobca .....	28
9.4	Parametre ovplyvňujúce výber vhodného rímsového prefabrikátu .....	28
10	Návrh a aktualizácia súčasných TPR .....	29
10.1	Vývoj noriem pre špecifikácie .....	29
10.2	Úlohy výrobcov .....	29
10.3	Technické riešenie .....	30
10.4	Nový prístup k Národnej BIM knižnici .....	30
10.5	Predpisy okolitých krajín .....	30
10.5.1	Poľsko .....	30
10.5.2	Česko .....	31
10.5.3	Veľká Británia .....	31
10.5.4	Maďarsko .....	31
10.6	Záver .....	31

## 1 Všeobecné údaje

Objednávateľ:	Slovenská správa ciest
Zhotoviteľ:	Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta
Doba riešenia:	jún – november 2022
Riešiteľ:	doc. Dr. Ing. Katarína Zgútová doc. Ing. Peter Koteš, PhD. doc. Ing. Juraj Šrámek, PhD. doc. Ing. Dušan Jandačka, PhD. Ing. Katarína Hodasová Dorota Romanová – VUT Brno

## 2 Cieľ rozborovej úlohy (RÚ)

Cieľom RÚ je nastaviť požiadavky na vhodnosť, životnosť a odolnosť materiálov rímsových prefabrikátov používaných na cestách I. triedy.

### 2.1 Distribúcia RÚ

Elektronická verzia RÚ sa zverejní na webovom sídle SSC: [www.ssc.sk](http://www.ssc.sk)

### 2.2 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z3] vyhláška FMD č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon);
- [Z4] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z5] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z6] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z7] vyhláška MDVRR SR č. 162/2013 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam skupín stavebných výrobkov a systémy posudzovania parametrov v znení neskorších predpisov;
- [Z8] nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení.

### 2.3 Súvisiace a citované normy

STN 73 0220	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Navrhovanie presnosti stavebných objektov
STN 73 1316	Stanovenie vlhkosti, nasiakavosti a vzliňavosti betónu
STN 73 1322	Stanovenie mrazuvzdornosti betónu
STN 73 1326	Stanovenie odolnosti povrchu cementového betónu proti pôsobeniu vody a chemických rozmrazovacích látok
STN 73 6242	Vozovky na mostoch pozemných komunikácií. Navrhovanie a požiadavky na materiály
STN EN 10080 (42 1039)	Oceľ na vystuženie betónu. Zvariteľná oceľová výstuž. Všeobecne
STN EN 1062-3 (67 2020)	Náterové látky. Náterové látky a náterové systémy na vonkajšie murivo a betón. Časť 3: Stanovenie priepustnosti vody v kvapalnej fáze

STN EN 1062-7 (67 2020)	Náterové látky. Náterové materiály a náterové systémy na vonkajšie murivo a betón. Časť 7: Zisťovanie schopnosti prekrytia trhlín
STN EN 12350 (73 1312)	Skúšanie čerstvého betónu (celý súbor noriem)
STN EN 12390 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu (celý súbor noriem)
STN EN 12504 (73 1303)	Skúšanie betónu v konštrukciách (celý súbor noriem)
STN EN 13369 (72 3001)	Všeobecné pravidlá pre betónové prefabrikáty
STN EN 13892-2 (72 2482)	Skúšobné metódy na poterové malty a poterové hmoty. Časť 2: Stanovenie pevnosti v tlaku a v ťahu pri ohybe
STN EN 15050+A1 (72 3017)	Betónové prefabrikáty. Mostné dielce (Konsolidovaný text)
STN EN 15258 (72 3024)	Betónové prefabrikáty. Prvky oporných múrov
STN EN 1542 (73 2115)	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Skúšobné metódy. Meranie prídržnosti pri odtrhových skúškach
STN EN 17412-1 (73 9016)	Informačné modelovanie stavieb. Potrebná úroveň informácií. Časť 1: Koncepty a princípy
STN EN 1990 (73 0031)	Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1991-2 (73 6203)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou
STN EN 1992-1-1+A1 (73 1201)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy (Konsolidovaný text)
STN EN 1992-2 (73 6206)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 2: Betónové mosty. Navrhovanie a konštruovanie
STN EN 1992-4 (73 1252)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 4: Navrhovanie kotvenia do betónu
STN EN 206+A2 (73 2403)	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
STN EN ISO 14040 (83 9040)	Environmentálne manažérstvo. Posudzovanie životného cyklu. Princípy a štruktúra (ISO 14040: 2006)
STN EN ISO 23386 (73 9013)	Informačné modelovanie stavieb a iné digitálne procesy používané v stavebníctve. Metodika pre popis, tvorbu a správu vlastností v prepojených slovníkoch (ISO 23386: 2020)
STN EN ISO 2811-2 (67 3012)	Náterové látky. Stanovenie hustoty. Časť 2: Metóda ponorného telesa (ISO 2811-2: 2011)

*Poznámka: Súvisiace a citované normy v platnom znení vrátane dodatkov a národných príloh.*

## 2.4 Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu

[T1]	TP 019	Dokumentácia stavieb ciest;
[T2]	TP 026	Sekundárna ochrana betónových konštrukcií;
[T3]	TP 059	Zadávanie a výkon diagnostiky mostov;
[T4]	TP 060	Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty;
[T5]	TP 061	Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II., a III. triedy;
[T6]	TP 068	Protikorózna ochrana ocelových konštrukcií mostov;
[T7]	TKP 0	Všeobecne;
[T8]	TKP 15	Betónové konštrukcie všeobecne;
[T9]	TKP 18	Betón na konštrukcie;
[T10]	VL 4	Mosty.

*Poznámka: Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu v platnom znení vrátane dodatkov.*

## 2.5 Súvisiace zahraničné predpisy

[ZP1]	MSZT/MB 107 (HU)	Betónové a prefabrikované betónové výrobky
-------	------------------	--

- [ZP2] TP 175 (ČR) Stanovení životnosti betonových konstrukcí objektů pozemních komunikací
- [ZP3] Zbierka zákonov 2000.63.735 (PL) Nariadenie ministra dopravy a námorného hospodárstva
- [ZP4] L 88 Úradný vestník EÚ Úradný vestník Európskej únie z dňa 4.4.2011

## 2.6 Použitá literatúra

- [L1] AJIT NIRANJAN, 2022. Green construction: Fixing concrete's carbon footprint (Zelená konštrukcia: Fixácia uhlíkovej stopy betónu) [online] [cit. 7.9.2022]. Dostupné na: <https://www.dw.com/en/concrete-cement-climate-carbon-footprint/a-60588204>
- [L2] ANTÓN, Laura Álvarez a Joaquin DÍAZ, 2014. Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment (Integrácia hodnotenia životného cyklu v prostredí BIM). *Procedia Engineering* [online]. 2014, roč. 85, s. 26–32. ISSN 1877-7058. Dostupné na: doi:10.1016/J.PROENG.2014.10.525
- [L3] BRANDTNER, Michal, 2021. NON-GRAPHICAL DATA STRUCTURE FOR THE USE OF LCA IN BIM (NEGRAFICKÁ DÁTOVÁ ŠTRUKTÚRA PRE POUŽITIE LCA V BIM). *Czech Journal of Civil Engineering* [online]. 2021, roč. 7, č. 01, s. 16–26 [cit. 8.9.2022]. ISSN 2336-7148. Dostupné na: doi:10.51704/CJCE.2021.VOL7.ISS01.PP16-26
- [L4] BUENO, Cristiane a Márcio Minto FABRICIO, 2018. Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in (Porovnávací analýza medzi úplnou štúdiou LCA a výsledkami zásuvného modulu BIM-LCA). *Automation in Construction* [online]. 2018, roč. 90, s. 188–200. ISSN 0926-5805. Dostupné na: doi:10.1016/J.AUTCON.2018.02.028
- [L5] DUPUIS, M., A. APRIL, P. LESAGE a D. FORGUES, 2017. Method to Enable LCA Analysis through Each Level of Development of a BIM Model (Metóda umožňujúca analýzu LCA prostredníctvom každej úrovne vývoja modelu BIM). *Procedia Engineering* [online]. 2017, roč. 196, s. 857–863. ISSN 1877-7058. Dostupné na: doi:10.1016/J.PROENG.2017.08.017
- [L6] GUINÉE, Jeroen B., Reinout HEIJUNGS, Gjalt HUPPES, Alessandra ZAMAGNI, Paolo MASONI, Roberto BUONAMICI, Tomas EKVALL a Tomas RYDBERG, 2011. Life cycle assessment: Past, present, and future (Hodnotenie životného cyklu: Minulosť, prítomnosť a budúcnosť). *Environmental Science and Technology* [online]. 2011, roč. 45, č. 1, s. 90–96 [cit. 8.9.2022]. ISSN 0013936X. Dostupné na: doi:10.1021/ES101316V/ASSET/IMAGES/LARGE/ES-2010-01316V\_0003.JPEG
- [L7] JACKSON, Marie D., Eric N. LANDIS, Philip F. BRUNE, Massimo VITTI, Heng CHEN, Qinfei LI, Martin KUNZ, Hans Rudolf WENK, Paulo J.M. MONTEIRO a Anthony R. INGRAFFEA, 2014. Mechanical resilience and cementitious processes in Imperial Roman architectural mortar (Mechanická odolnosť a procesy cementu v rímskej cisárskej architektonickej malte). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [online]. 2014, roč. 111, č. 52, s. 18484–18489 [cit. 7.9.2022]. ISSN 10916490. Dostupné na: doi:10.1073/PNAS.1417456111/SUPPL\_FILE/PNAS.201417456SI.PDF
- [L8] MONTEIRO, Paulo J.M., Sabbie A. MILLER a Arpad HORVATH, 2017. Towards sustainable concrete (Smerom k udržateľnému betónu). *Nature materials* [online]. 2017, roč. 16, č. 7, s. 698–699 [cit. 7.9.2022]. ISSN 1476-4660. Dostupné na: doi:10.1038/NMAT493
- [L9] MÜLLAUER, Wolfram, Robin E. BEDDOE a Detlef HEINZ, 2013. Sulfate attack expansion mechanisms (Expanzné mechanizmy sulfátového útoku). *Cement and Concrete Research* [online]. 2013, roč. 52, s. 208–215. ISSN 0008-8846. Dostupné na: doi:10.1016/J.CEMCONRES.2013.07.005
- [L10] NEWELL, Pania, 2021. An ancient battle between environment and concrete (Starodávny boj medzi prostredím a betónom). *Nature Reviews Chemistry* 2021 5:8 [online]. 2021, roč. 5, č. 8, s. 513–514 [cit. 7.9.2022]. ISSN 2397-3358. Dostupné na: doi:10.1038/s41570-021-00315-z
- [L11] RAMEZANIANPOUR, A.A. a E. RIAHI DEHKORDI, 2017. Effect of Combined Sulfate-Chloride Attack on Concrete Durability-A Review (Účinok kombinovaného sulfátovo-chloridového útoku na trvanlivosť betónu – prehľad). *AUT Journal of Civil Engineering* [online]. 2017, roč. 1, č. 2, s. 103–110 [cit. 7.9.2022]. ISSN 2588-2899. Dostupné na: doi:10.22060/CEEJ.2017.12315.5165
- [L12] SIMPKINS, K., 2022. Cities of the future may be built with algae-grown limestone (Mestá budúcnosti môžu byť postavené z vápenca). *Renewable Carbon News* [online]. 2022 [cit. 7.9.2022]. Dostupné na: <https://www.colorado.edu/today/2022/06/23/cities-future-may-be-built-algae-grown-limestone>

- [L13] VERMA, Sanjeev Kumar, Sudhir Singh BHADAURIA a Saleem AKHTAR, 2013. Evaluating effect of chloride attack and concrete cover on the probability of corrosion (Hodnotenie vplyvu napadnutia chloridmi a krytia betónu na pravdepodobnosť korózie). *Frontiers of Structural and Civil Engineering* [online]. 2013, roč. 7, č. 4, s. 379–390. ISSN 2095-2430. Dostupné na: doi:10.1007/s11709-013-0223-9

## 2.7 Použité skratky

BIM	Building information modeling (Stavebné informačné modelovanie)
BN	Barkhausenov šum
KSP	Kontrolný a skúšobný plán
LCA	Hodnotenie životného cyklu
LCI	Indikátor kategórie dopadu
TKP	Technicko-kvalitatívne podmienky
TP	Technické podmienky
TPR	Technické predpisy rezortu

## 3 Úvod

Mostná rímsa ako samostatný prvok mostu alebo ako časť chodníku slúži k uchyteniu zábradlia, zvodidla, k vytvoreniu zvýšenej obruby na mostoch bez chodníka, k vonkajšiemu uzavretiu chodníkovej časti a k vytvoreniu odkvapovej hrany nosnej konštrukcie. S prihliadnutím na to, že hrany ríms tvoria výraznú líniu boku mostu, ovplyvňuje jej kvalita celkový estetický vzhľad mostu. Typy a detaily mostných ríms sú uvedené v [T10], pokiaľ ide o špecifické prípady, potom originálne riešenia musí navrhnúť projektant pre konkrétny prípad.

Mostné rímasy sa môžu realizovať ako:

- monolitické,
- prefabrikované (celoprefabrikované),
- kombináciou prefabrikovaných krajných častí a monolitického betónu, obrázok 1.

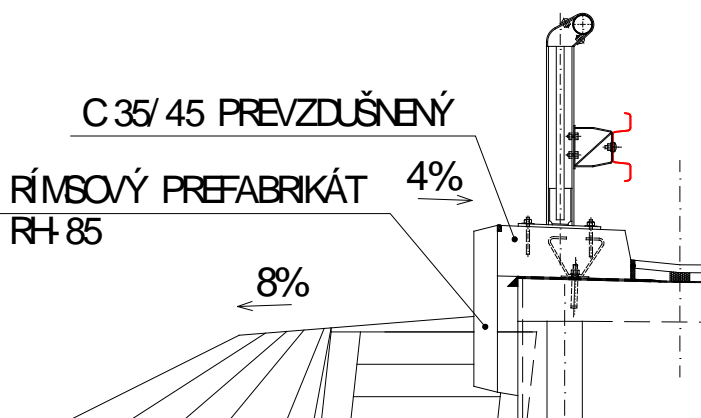
V prípade celoprefabrikovanej rímasy (dnes už nepoužívanej) bolo nutné vynechať otvory pre dodatočné kotvenie rímasy ku nosnej konštrukcii a otvory pre dodatočné kotvenie zábradlia a zvodidla. Ukladala sa priamo na izoláciu a robila sa v dilatačných dĺžkach (2,0 až 6,0) m.

V súčasnosti sa navrhujú rímasy predovšetkým monolitické alebo kombinované, kde rímsový prefabrikát plní pohľadovú funkciu a funkciu debnenia.

Z hľadiska použitého materiálu sa prefabrikované mostné rímasy delia na prefabrikáty polymerbetónové a železobetónové.

Použité prefabrikáty sa vyrábajú v rôznej hrúbke, dĺžke a výška. Rozmery sa ďalej odvíjajú od použitého materiálu a požiadaviek projektanta. Tradične sa však vyrábajú v hrúbke 100 mm, dĺžke až 2000 mm a výške (550, 600 či 650) mm. Vyrábajú sa s vyčnievajúcimi okami z betonárskej výstuže v dvoch veľkostiach - nízky a vysoký. Zaisťujú zakotvenie prefabrikátu k monolitickému časti. Dĺžka kotvenia oka je daný podľa typu prefabrikátu.

Prefabrikované rímasy sa ukladajú pomocou žeriavu, aby sa zaistila požadovaná poloha výškovo aj smerovo. Vyčnievajúce oká výstuže sa pripevňujú (privárajú) ku výstuži monolitckej časti rímasy. Vzďialenosť medzi osami kotiev a lícom nosnej konštrukcie s pohybuje v rozmedzí (75 až 250) mm. Medzera medzi konštrukciou a prefabrikátom sa preklenie osadením osinkocementovej doštičky a rímsa sa vybetónuje. Kotvenie prefabrikátu k monolitckej časti môže byť zaistené taktiež skrutkami.



Obrázok 1 – Prefabrikovaná železobetónová rímsa (krajná časť) + monolitická rímsa (rovnaký princíp pri použití prefabrikovanej polymerbetónovej rímsovej)

#### 4 Deklarácia životnosti a preukázanie vhodnosti výrobku

Súčasná úroveň spoľahlivosti stavebných konštrukcií daná normou STN EN 1990 kladie základné požiadavky na nosnú spôsobilosť, ktorú musí spĺňať každá nosná konštrukcia alebo nosný prvok. Podľa požiadaviek je nutné stavebnú konštrukciu alebo jej prvok navrhnuť, zhotoviť a udržiavať tak, aby počas plánovanej životnosti vrátane času výstavby s príslušnou úrovňou spoľahlivosti a hospodárnosťou spĺňala/spĺňal (konštrukcia/prvok, vrátane rímsovej) podmienky:

- stavebná konštrukcia alebo nosný prvok (v tomto prípade rímsa a jej časti) musí odolávať všetkým zaťaženiám a vplyvom prostredia počas svojej výstavby a návrhovej životnosti a musí slúžiť požadovanému účelu pri pôsobení všetkých očakávaných zaťaženíach,
- konštrukcia alebo jej prvok musí byť navrhnutá tak, aby mala dostatočnú odolnosť, používateľnosť a trvanlivosť,
- konštrukciu alebo jej časti musia byť navrhnuté tak, aby sa v prípade mimoriadneho zaťaženia (napríklad náraz vozidlom) neporušila neúmerne pôvodnej príčine – konštrukcia musí byť robustná (požiadavka celistvosti).

Zavedením základných požiadaviek v STN EN 1990 sa únosnosť, bezpečnosť, používateľnosť, trvanlivosť a robustnosť konštrukcie stali základnými parametrami na zabezpečenie požadovanej spoľahlivosti stavebného diela ako celku alebo jeho častí (vrátane rímsovej) počas plánovania, zhotovenia a používania nových nosných konštrukcií, prípadne plánovania opráv, rekonštrukcií a zosilnení v prípade existujúcich konštrukcií. Požiadavky je možné zabezpečiť vhodnou voľbou materiálov, vhodným plánovaním, dodržaním konštrukčných požiadaviek a vhodným zvolením kvality kontrol vo fáze plánovania, zhotovovania a používania.

Spoľahlivosť mostného objektu je schopnosť konštrukcie alebo konštrukčného prvku plniť požadované funkcie a špecifikované požiadavky počas jeho celej návrhovej životnosti (STN EN 1990) za bežných podmienok a údržby bez nutných opráv a rekonštrukcie v určitom reálnom technickom stave v daných medziach, v podmienkach a v čase. Požadovanými funkciami sú prenos zaťaženia a zabezpečenie požadovanej priepustnosti dopravnej cesty pri súčasnom splnení podmienky nutného komfortu a pohodlia cestujúcich.

Pre novo navrhované stavebné konštrukcie majú rozhodujúcu úlohu dve dôležité vlastnosti ich spoľahlivosti – bezporuchovosť a životnosť, ktoré navzájom tesne súvisia. Bezporuchovosť kvantitatívne vyjadrujeme pravdepodobnosťou bezporuchovej prevádzky v danej dobe a životnosť je doba spoľahlivej prevádzky, počas ktorej s určitou pravdepodobnosťou nevznikne porucha alebo medzný stav. Vzhľadom na nemožnú existenciu jednej vlastnosti bez druhej, môžeme potom za novozákladný ukazovateľ spoľahlivosti konštrukcie považovať pravdepodobnosť jej bezporuchového pôsobenia počas stanovenej doby prevádzky, ktorá sa nazýva aj hladina spoľahlivosti a označuje sa Pr. Hladina spoľahlivosti konštrukcie predstavuje pravdepodobnosť náhodného javu, že v priebehu stanovenej doby prevádzky (jej životnosti) nevznikne ani jedna vážnejšia porucha – medzný stav. Vzhľadom na požadované funkcie stavebných konštrukcií hladina spoľahlivosti musí byť dostatočne veľká a blízka k hodnote 1,0.

V teórii spoľahlivosti sa definuje aj ďalšia veličina, ktorá sa používa častejšie pre opis spoľahlivosti konštrukcie – pravdepodobnosť poruchy  $P_f$ . Predstavuje pravdepodobnosť opačného javu k hladine spoľahlivosti, t. j. pravdepodobnosť vzniku aspoň jednej poruchy v priebehu stanovenej doby počas životnosti, t. j. vznik medzného stavu.

Po prijmoch spoľahlivosti a pravdepodobnosť poruchy sa definuje ďalší dôležitý pojem v teórii spoľahlivosti, a to životnosť. Životnosť sa definuje, ako schopnosť objektu plniť požadované funkcie do dosiahnutia medzného stavu pri stanovenom systéme predpísanej údržby a opráv. Okrem tejto definície životnosti ako vlastnosti objektu v stavebníctve sa názov životnosť používa aj na vyjadrenie doby prevádzky, teda ako určitá časová hodnota. Takéto ponímanie sa približne stotožňuje s technickým životom.

Norma STN EN 1990 definuje návrhovú životnosť konštrukcie ako časové obdobie, počas ktorého sa má konštrukcia alebo jej časť používať na daný účel pri bežnej predpokladanej údržbe bez nutnosti väčších opráv. Návrhová životnosť konštrukcie sa označuje  $T_d$ . Návrhová životnosť závisí hlavne od účelu stavebnej konštrukcie a je potrebné s ňou uvažovať v návrhu konštrukcie v takých prípadoch, kedy dochádza alebo môže dochádzať ku degradácii materiálov (trvanlivosť) alebo ku ich únave. Tak isto je dôležité posudzovanie návrhovej životnosti aj z hľadiska hospodárnosti navrhovanej konštrukcie – ide o náklady na stavebné dielo počas celej životnosti, to znamená zohľadnenie nielen investičných nákladov počas výstavby, ale aj zohľadnenie nákladov na údržbu a opravy počas celej návrhovej životnosti. V tabuľke 1 sú uvedené informatívne návrhové životnosti definované v STN EN 1990 podľa druhu konštrukcie.

Tabuľka 1 - Informatívne návrhové životnosti  $T_d$  podľa STN EN 1990

Kategórie návrhovej životnosti	Príklady	Informatívna návrhová životnosť (v rokoch)
1	dočasné konštrukcie <sup>1)</sup>	10
2	vymeniteľné konštrukčné časti, napr. žeriavové dráhy, ložiská	10 - 25
3	poľnohospodárske a podobné stavby	15 - 30
4	budovy a iné všeobecné stavby	50
5	monumentálne stavby, <b>mosty a iné inžinierske konštrukcie</b>	100
<sup>1)</sup> konštrukcie alebo ich časti, ktoré môžu byť demontované s predpokladom ďalšieho použitia, sa nemajú považovať za dočasné		

Takže mosty a niektoré jej časti sa navrhujú na **návrhovú životnosť 100 rokov**.

Požadovanú spoľahlivosť navrhovanej konštrukcie zabezpečíme takým spôsobom, že návrh a posúdenie konštrukcie a jej jednotlivých konštrukčných prvkov vykonáme podľa princípov a aplikačných pravidiel uvedených v jednotlivých častiach Eurokódov STN EN 1990 až STN EN 1999. Zároveň sa musia použiť aj príslušné princípy pre kontrolu kvality počas zhotovovania konštrukcie. Spoľahlivosť sa vzťahuje na vlastnosti a požiadavky konštrukcie alebo prvku počas plánovanej životnosti. Tieto požiadavky sú definované pomocou medzných stavov únosnosti a medzných stavov použiteľnosti. Z tohto pohľadu spoľahlivosť predstavuje určitú zaručenú pravdepodobnosť, že tieto medzné stavy počas životnosti konštrukcie (alebo prvku) nebudú prekročené.

Podľa STN EN 1990 je možné voliť rôzne úrovne spoľahlivosti pre celkový objekt, ako aj jednotlivé nosné prvky (vrátane rímsy). Pri definovaní rôznych úrovní spoľahlivosti je potrebné zohľadniť príslušné okolnosti zahŕňajúce:

- možnú príčinu alebo spôsob porušenia (prekročenia medzného stavu) – to znamená, že konštrukcia alebo prvky s malou duktilitou by sa mali navrhovať na vyššiu úroveň spoľahlivosti, pretože ich zlyhanie vedie k náhlemu porušeniu bez včasného varovania (vznik a rozvoj trhlin, nárast deformácií) umožňujúce urobiť určité opatrenia (dostatočná časová rezerva na ochranu osôb opustením ohrozených priestorov, na rekonštrukcie, zosilňovanie, provizórne podoprenie a pod.),
- možné následky porušenia s ohľadom na straty života, zranenia a zdravia osôb a možné ekologické a ekonomické straty,
- spoločenskú závažnosť poruchy – vzťah verejnosti k uvažovanému typu poruchy a následkom zlyhania,
- náklady a postupy na zníženie rizika poruchy – zabráneniu zlyhania konštrukcie.



Úroveň spoľahlivosti stanovenú pre príslušnú konštrukciu sa môže určiť zaradením konštrukcie ako celku alebo jej jednotlivých prvkov do rôznych tried. Možné zatriedenie stavieb je naznačené v tabuľke 2, ktorá uvádza rôzne spoľahlivosti konštrukcie s ohľadom na možné následky poruchy.

Požadovaná spoľahlivosť môže byť dosiahnutá ak sa dodržia nasledovné opatrenia na zamedzenie príčin porúch a opatrenia na minimalizovanie škôd:

- preventívne a ochranné opatrenia,
- opatrenia pri navrhovaní konštrukcie,
- opatrenia vo fáze výstavby - zhotovenia,
- opatrenia pri kontrole a opravách konštrukcie a prvkov,
- opatrenia pre vhodný manažment kontroly kvality.

Tabuľka 2 - Príklady diferenciacie spoľahlivosti podľa rizika strát ľudských životov, ekonomických strát a sociálnych následkov

Úroveň spoľahlivosti	Príklady stavieb	Riziko strát ľudských životov, ekonomických a spoločenských strát
veľká	jadrové elektrárne, veľké priehrady, stavby o veľkom strategickom význame	kritické
väčšia ako obvyklá	významné mosty, štadióny, budovy prístupné verejnosti so značnými následkami poruchy	veľké
obvyklá	obytné a administratívne budovy, kancelárie, verejné prístupné budovy so strednými následkami poruchy	stredné
menšia než obvyklá	skleníky, podružné stavby	malé

Úroveň spoľahlivosti sa podľa STN EN 1990 diferencuje s ohľadom na:

- triedy následkov,
- triedy spoľahlivosti so zodpovedajúcimi indexmi spoľahlivosti, a
- prostredníctvom parciálnych súčiniteľov.

Z hľadiska možných strát ľudských životov, sociálnych, ekonomických a environmentálnych následkov porušenia definuje STN EN 1990 tri triedy následkov CC1 až CC3 (consequences class), ktoré sú dané v tabuľke 3.

Tabuľka 3 - Definícia tried následkov

Triedy následkov	Príklady budov a inžinierskych konštrukcií	Popis
CC1	poľnohospodárske budovy, kde ľudia často nevstupujú (napr. sklady, skleníky)	<b>malé</b> následky vzhľadom na straty ľudských životov alebo <b>malé/zanedbateľné</b> následky ekonomické, sociálne alebo environmentálne
CC2	obytné a administratívne budovy a budovy určené pre verejnosť, kde sú následky poruchy stredne závažné (napr. administratívne budovy)	<b>stredné</b> následky vzhľadom na straty ľudských životov alebo <b>značné</b> následky ekonomické, sociálne alebo environmentálne
CC3	tribúny štadiónov, budovy určené pre verejnosť s vysokými následkami poruchy (napr. koncertné sály)	<b>veľké</b> následky vzhľadom na straty ľudských životov alebo <b>veľmi významné</b> následky ekonomické, sociálne alebo environmentálne

Ku triedam následkov CC1 až CC3 sú priradené **triedy spoľahlivosti RC1 až RC3** (reliability class – RC1/CC1 až RC3/CC3). Jednotlivým triedam spoľahlivosti sú priradené úrovne spoľahlivosti dané indexom spoľahlivosti  $\beta_d$ . Zodpovedajúce úrovne (hladiny) spoľahlivosti dané indexom spoľahlivosti  $\beta_d$  (so zodpovedajúcou pravdepodobnosťou poruchy  $P_{f,d}$ ) uvedené v Eurokóde STN EN 1990 pre medzné stavy únosnosti sú znázornené v tabuľke 4 a sú platné pre uvažovanú

referenčnú návrhovú životnosť  $T_d = 50$  rokov (tabuľka 1) alebo pre referenčnú dobu jeden rok. Pre konštrukčné prvky sa neuvažuje väčšia trieda spoľahlivosti ako RC3.

Tabuľka 4 - Cieľové pravdepodobnosti poruchy  $P_{f,d}$  a indexy spoľahlivosti  $\beta_d$  pre medzné stavy únosnosti

Trieda spoľahlivosti	Minimálny cieľový index spoľahlivosti $\beta_d$ a minimálna cieľová pravdepodobnosť poruchy $P_{f,d}$			
	referenčná doba 1 rok		referenčná doba 50 rokov	
	$\beta_d$	$P_{f,d}$	$\beta_d$	$P_{f,d}$
RC1	4,2	$1,3 \cdot 10^{-5}$	3,3	$4,8 \cdot 10^{-4}$
<b>RC2</b>	<b>4,7</b>	<b><math>1,4 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b>3,8</b>	<b><math>7,2 \cdot 10^{-5}</math></b>
RC3	5,2	$1,0 \cdot 10^{-7}$	4,3	$8,5 \cdot 10^{-6}$

**Mosty a bežné konštrukcie pozemných stavieb, ako obytné a administratívne budovy, sú zaradené do triedy následkov CC2 so zodpovedajúcou triedou spoľahlivosti RC2**, pre ktoré sú v tabuľke 5 dané indexy spoľahlivosti  $\beta_d$  a pravdepodobnosti poruchy  $P_{f,d}$  v závislosti od typu medzného stavu a opäť sú platné pre uvažovanú referenčnú návrhovú životnosť  $T_d = 50$  rokov alebo pre referenčnú dobu jeden rok.

Tabuľka 5 - Cieľové pravdepodobnosti poruchy  $P_{f,d}$  a indexy spoľahlivosti  $\beta_d$  pre nosné prvky triedy spoľahlivosti RC2 v závislosti od typu medzného stavu

Medzný stav	Minimálna cieľová pravdepodobnosť poruchy $P_{f,d}$ a minimálny cieľový index spoľahlivosti $\beta_d$			
	referenčná doba 1 rok		referenčná doba 50 rokov	
	$P_{f,d}$	$\beta_d$	$P_{f,d}$	$\beta_d$
únosnosti	$1,4 \cdot 10^{-6}$	4,7	$7,2 \cdot 10^{-5}$	3,8
únavy	-	-	<sup>1)</sup> $6,7 \cdot 10^{-2}$ až $7,2 \cdot 10^{-5}$	<sup>1)</sup> 1,5 až 3,8
používateľnosti (nevratný)	$1,87 \cdot 10^{-3}$	2,9	$6,7 \cdot 10^{-2}$	1,5

<sup>1)</sup> V závislosti od stupňa možnosti kontroly, opraviteľnosti a tolerancii poškodenia

V prípade mostov a jej častí, je návrhová životnosť 100 rokov zaistená uvažovaním tej istej úrovne spoľahlivosti (pre 50 rokov) v kombinácii s konštrukčnými zásadami, napríklad uvažovaním zväčšenej hrúbky krytia výstuže platnej pre dané agresívne prostredie a životnosť 100 rokov uvažovaním podľa STN EN 206+A2.

Ďalšou možnosťou, ako sa dá diferencovať úroveň spoľahlivosti, je jej členenie podľa:

- úrovne kontroly navrhovania,
- úrovne kontroly počas realizácie.

Cieľom kontroly návrhu (statický výpočet, výkresová dokumentácia a pod.) a kontroly počas realizácie (dozor) je eliminovať hrubé chyby spôsobené ľudským činiteľom, ktoré sa môžu vyskytovať v procese navrhovania a zhotovovania stavebného diela. V tabuľke 6 sú znázornené úrovne kontroly návrhu (DSL – design supervisor levels) a v tabuľke 7 sú znázornené úrovne kontroly počas realizácie (IL – inspection levels).

Tabuľka 6 - Úrovne kontroly pri navrhovaní (DSL)

Úroveň kontroly pri navrhovaní	Charakteristika	Minimálne odporúčané požiadavky na kontrolu výpočtov výkresovej dokumentácie a špecifikácii
DSL1 zodpovedajúce RC1	bežná kontrola	vlastná kontrola: kontrola vykonaná osobou, ktorá pripravila návrh
DSL2 zodpovedajúce RC2	bežná kontrola	kontrola inými osobami organizácie, ako sú tí, ktorý spracovali návrh, v súlade s obvyklými postupmi organizácie
DSL3 zodpovedajúce RC3	zvýšená kontrola	kontrola treťou stranou: kontrolu vykonáva iná organizácia ako tá, ktorá pripravila návrh

Tabuľka 7 - Úrovně kontroly počas realizácie (IL)

Úroveň kontroly počas realizácie	Charakteristika	Požiadavky
IL1 zodpovedajúce RC1	bežná kontrola	vlastná kontrola - samokontrola
IL2 zodpovedajúce RC2	bežná kontrola	kontrola v súlade s postupmi organizácie
IL3 zodpovedajúce RC3	zvýšená kontrola	kontrola treťou stranou

#### 4.1 Používanie betónu v životnom prostredí

Vlhký betón sa lial do budov, ciest, mostov a ďalších po stáročia. Konštrukcie využívajúce betón prežili vojny a prírodné katastrofy a prežili mnohé civilizácie, ktoré ich postavili [L7]. Betón je popri svojej pevnosti a pružnosti základom stavieb, pretože je relatívne lacný a jednoduchý na výrobu. Na celom svete sa ročne spotrebuje 30 miliárd ton betónu. V prepočte na obyvateľa je to 3-krát viac ako pred 40 rokmi a dopyt po betóne rastie strmšie ako po oceli alebo dreve [L8].

Aby bol betón odolný, musí odolávať poveternostným vplyvom a chemickým vplyvom pri zachovaní mechanickej pevnosti. Trvanlivosť je dôležitým faktorom pri určovaní životnosti betónových materiálov, ale je ohrozená napadnutím Cl<sup>-</sup>, ktorý predstavuje 40 % porúch betónových konštrukcií [L13]. Vplyv síranov je ďalším zložitým chemicko-mechanickým procesom, ktorý sa často vyskytuje na betónových konštrukciách na úrovni terénu v kontakte so zdrojom SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Zemná vlhkosť tu uľahčuje rozpúšťanie SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> do betónu, kde interaguje s rôznymi minerálnymi fázami v cementovej hmote. Výsledkom premeny je, že betón expanduje a podlieha mechanickému poškodeniu a strate pevnosti [L9].

Počas týchto chemicko-mechanických procesov je porézny charakter cementovej hmoty rozhodujúcim faktorom umožňujúcim transport Cl<sup>-</sup> a O<sub>2</sub>. Viacozmerná heterogenita [L11] týchto poréznych štruktúr spôsobuje, že je náročné plne pochopiť, ako kontrolovať vplyv Cl<sup>-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> v rôznych podmienkach prostredia s rôznymi teplotami a obsahom vlhkosti. Takýmito chemicko-mechanickými procesmi pochádzajúcimi zo životného prostredia (či už sú výsledkom prírodných alebo antropogénnych činností) sú ohrozené betónové konštrukcie po celom svete. Na druhej strane procesy výroby a využívania betónu ohrozujú životné prostredie.

Odvetvie cementu a betónu je jedným z najviac zanedbávaných v boji proti klimatickým zmenám. Je zodpovedný za približne 8 % celosvetových emisií oxidu uhličitého, čo je viac ako dvojnásobok emisií z lietania alebo lodnej dopravy. Technologické zmeny je možné urýchliť reguláciou a legislatívou. Obrovský podiel betónu sa používa v projektoch verejných budov.

Rámcová smernica Európskej únie o odpade v Európe vyžaduje opätovné využitie 70 % stavebného odpadu. Pomôcť by mohol aj ďalší nápad, známy ako materiálové pasy. Keď sa budovy zbúrajú, odpadový betón sa rozdrví a zlikviduje alebo sa predáva na nekvalitné použitie, ako je zásyp pri stavbe ciest. Pas by však zabezpečil, že betón bude zaznamenaný „pri vzniku“ a následne sledovaný počas celého životného cyklu, čím by sa sprístupnil viacerým druhom opätovného použitia.

Základné požiadavky na stavby, Úradný vestník Európskej únie L 88/33 z dňa 4.4.2011, kde 7. požiadavka -Trvalo udržateľné využívanie prírodných zdrojov ukladá:

Stavby musia byť navrhnuté, zhotovené a zdemolované tak, aby bolo využívanie prírodných zdrojov trvalo udržateľné a aby sa zabezpečilo najmä:

- a) opakované použitie alebo recyklovateľnosť stavieb, ich materiálov a častí po demolácii;
- b) trvanlivosť stavieb;
- c) používanie ekologických surovín a druhotných materiálov v stavbách.

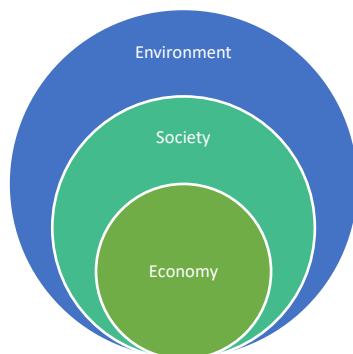
Časti starovekého sveta boli vyrobené z betónu a tento materiál sa používal aj na stavbu veľkej časti moderného sveta. Výskumníci a vlády musia spolupracovať s cementárskym priemyslom, aby znížili jeho uhlíkovú stopu a poháňali konštrukcie odolné voči klíme, ktoré svet teraz veľmi potrebuje [L10].

Existujú riešenia menšieho rozsahu, ktoré môžu pomôcť zlepšiť udržateľnosť výroby a využívania betónu v životnom prostredí. Vo Švédsku pilotná štúdia energetickej spoločnosti Vattenfall ukázala, že cement možno technicky vyrobiť z elektriny bez použitia fosílnych palív. Ďalší výskumníci skúmajú, ako by sa mohol CO<sub>2</sub> vstrekať do drveného betónu a znovu použiť ako kamenivo. Vo Francúzsku jedna spoločnosť úspešne premenila prach z cementového bypassu na ľahké kamenivo pomocou CO<sub>2</sub> zachyteného na mieste. Uhlíková stopa betónu by sa mohla znížiť aj používaním dreva z trvalo udržateľných zdrojov v stavebníctve. Nahradenie betónu drevom vo veľkom by však vyvolalo obrovský tlak na sužované lesy planéty [L1].

Tím inžinierov vyvinul spôsob výroby trvalo udržateľného betónu pridaním živých organizmov do zmesi. Metóda je nielen uhlíkovo neutrálna, ale môže byť dokonca uhlíkovo negatívna, pretože materiál je schopný viazať uhlík a ukladať ho v betóne [L12].

## 4.2 Hodnotenie životného cyklu prefabrikátov

Udržateľnosť je o napĺňaní dnešných potrieb bez toho, aby bola ohrozená schopnosť budúcich generácií uspokojovať ich potreby. Ide o prijatie opatrení na ochranu nášho spoločného životného prostredia – ovzdušia, vody, pôdy a ekosystémov – spôsobmi, ktoré sú ekonomicky životaschopné, prospešné pre ľudské zdravie a pohodu a sociálne spravodlivé z dlhodobého hľadiska (Obrázok 2). Jedným zo spôsobov udržania environmentálnej udržateľnosti je zníženie uhlíkovej stopy pri výstavbe inžinierskych stavieb.



Obrázok 2 - Udržateľnosť sa bežne charakterizuje z hľadiska vzájomnej závislosti medzi tromi širokými dimenziami – životným prostredím, ekonomikou a spoločnosťou – pri zohľadnení súčasných aj budúcich generácií.

Hodnotenie životného cyklu (LCA) vám umožňuje ekologicky kvantifikovať celý životný cyklus produktu. To vám poskytuje solídny základ pre rozhodnutie, či zvoliť nové materiály, znovu použiť pôvodné materiály, t. j. optimalizovať stavebné práce z hľadiska životného prostredia. Analýza vplyvu na životné prostredie je dnes kľúčová, keďže čoraz viac zainteresovaných strán požaduje informácie o vplyve na životné prostredie a minimalizácii uhlíkovej stopy. V konečnom dôsledku je realizácia konštrukcií šetrných k životnému prostrediu nevyhnutným krokom k trvalej udržateľnosti.

LCA poskytuje systémový rámec pre identifikáciu, analýzu a následnú redukciu negatívnych environmentálnych dopadov produktu počas jeho celého životného cyklu. Posudzovanie životného cyklu je metóda porovnávania environmentálnych vplyvov produktov, výrobkov alebo služieb, s ohľadom na ich životný cyklus. Do úvahy sa berú emisie do všetkých zložiek životného prostredia počas výroby, používanie i zneškodňovanie produktu. Zahrnuté sú aj procesy získavania surovín, výroby materiálov a energie, pomocné procesy či subprocessy. Metóda LCA má pevne danú štruktúru a vykonáva sa podľa medzinárodných noriem radu ISO 14040. V medzinárodnej technickej norme ISO 14 040 je LCA definovaná ako metóda kompilácie a hodnotenia vstupov, výstupov a potenciálnych environmentálnych vplyvov systému výrobku počas jeho celého životného cyklu (t.j. od kolísky po hrob); od získavania surovín, cez výrobu, použitie až po likvidáciu, pričom termín produkt (výrobok) označuje akýkoľvek tovar resp. službu, či už hmotnej alebo nehmotnej povahy.

Pre efektívne spracovávanie LCA štúdií sa používajú komerčne dostupné databázy procesov i materiálových a energetických tokov. Je to jeden z najdôležitejších informačných nástrojov environmentálne orientovanej politiky produktov.

Metodika LCA sa skladá zo 4 hlavných fáz:

- **Definície cieľov a rozsahu**

Slúži na definovanie, aká veľká časť životného cyklu produktu bude zahrnutá do hodnotenia a na čo bude hodnotenie slúžiť. Popisuje kritériá slúžiace na porovnanie systémov a zvolený časový horizont.

- **Inventarizačná analýza**

Jej súčasťou je popis materiálových a energetických tokov v rámci produktového systému a predovšetkým jeho interakcie s okolím, spotrebované suroviny a emisie do prostredia. Popisuje všetky významné procesy a vedľajšie toky energie a materiálov.

- **Hodnotenie vplyvu**

Sú tu vypočítavané výsledky indikátorov všetkých dopadových kategórií, zhodnotená významnosť každej dopadovej kategórie normalizáciou, prípadne aj vážením. Výsledkom hodnotenia vplyvu býva tabuľkový súhrn všetkých vplyvov.

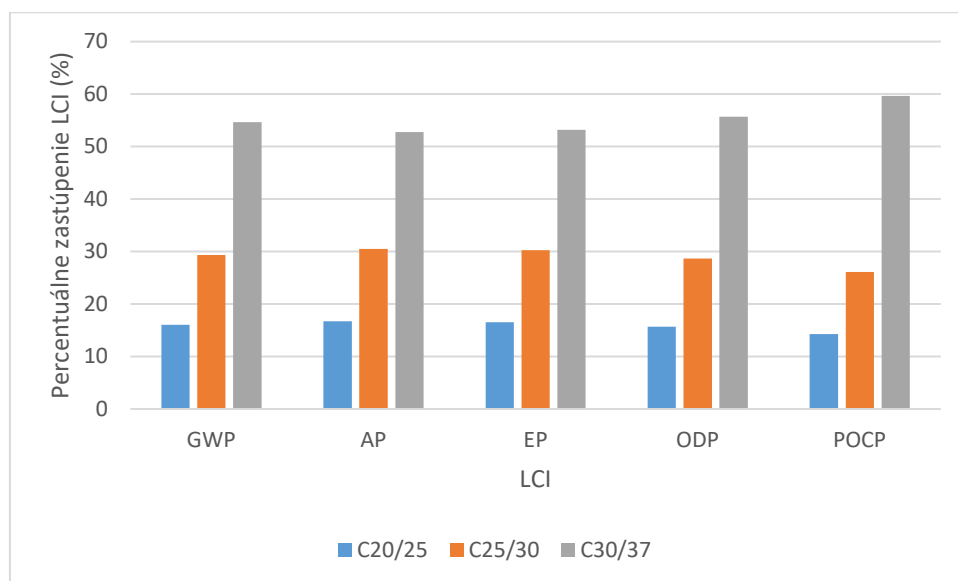
- **Interpretácia životného cyklu**

Zahŕňa kritické preskúmanie, zistenie citlivosti dát a prezentáciu výsledkov. Metóda LCA bola napríklad použitá i pre posúdenie environmentálnych vplyvov takých technológií ako je výroba cementu, priemyselné spracovanie koží alebo porovnanie alternatívnych metód oxidačných postupov odstraňovania organických látok z odpadových vôd z výroby papiera.

Pri problematike používania železobetónových prefabrikátov je vhodné posúdenie ich životného cyklu s možnosťou hodnotenia ich dopadu na životné prostredie metódou LCA. Rôzne štúdie sa venujú problematike LCA a prepojenia s BIM modelmi [L2, L3, L4, L5, L6].

Štúdia [L3] sa venuje analýze dátovej štruktúry, ktorú je nutné získať z BIM modelu pre účely LCA. V rámci hodnotenia prípadovej štúdie boli uvažované emisie látok znečisťujúcich životné prostredie: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HCl a HF. Množstvo týchto emisií bolo uvažované v piatich kategóriách dopadu pre oblasť Českej republiky. Ide o potenciál globálneho otepľovania (GWP), acidifikačný potenciál (AP), eutrofizačný potenciál (EP), úbytok stratosférického ozónu (ODP) a potenciál vzniku fotooxidantov (POCP).

Výsledky výpočtu ukazujú percentuálne zastúpenie kategórií vplyvu pre každý druh betónu použitého na predmetnej stavbe (prípadová štúdia). Graf ukazuje percentuálny vplyv každého betónu na životné prostredie prostredníctvom LCI (indikátor kategórie dopadu) (obrázok 3) [L3].



Obrázok 3 - Graf percentuálneho zastúpenia LCI pre celý objekt s ohľadom na rozloženie druhov betónov ([L3]).

Prístup s použitím „životného cyklu“ je štandardnou metódou identifikácie a hodnotenia environmentálnych účinkov stavebných výrobkov počas ich „životného cyklu“ (ťažba, spracovanie, doprava, využívanie a údržba a likvidácia). Existuje veľa spôsobov ako optimalizovať ekologickú účinnosť a ekonomiku „životného cyklu“ projektov z betónu, akými sú recyklácia alebo využívanie vedľajších produktov priemyslu pri výrobe, alebo pri návrhu konštrukcie použitie stratégie, ktorá využíva tepelné vlastnosti betónu. Hodnotenie dopadov rôznych druhov betónov na životné prostredie (globálne otepľovanie, acidifikácia, eutrofizácia, úbytok ozónu, vznik fotooxidantov a ďalších) je nevyhnutnou súčasťou procesu navrhovania a projektovania stavieb z dôvodu udržateľnosti výstavby v každej oblasti stavebníctva.

Pri problematike používania polymerbetónových prefabrikátov je problematika ako optimalizovať ekologickú účinnosť a ekonomiku „životného cyklu“ výrobku nejednoznačná nakoľko ide o pomerne nový výrobok a skúsenosti s recykláciou nie sú také ako v prípade železobetónových

prefabrikátov. Pri samotnej recyklácii polymerbetónových prefabrikátov sa predpokladá zvýšenie celkových časových aj finančných nákladov na recykláciu z dôvodu potreby oddelenia dvoch rôznych materiálov a to monolitické železobetónovej časti rímsy a prefabrikovanej polymerbetónovej časti rímsy a následná recyklácia dvoch materiálov samostatne.

### 4.3 Kvalitatívne porovnanie rímsových prefabrikátov

#### 4.3.1 Určenie životnosti

Rímsové prefabrikáty nájdu svoje uplatnenie pri požiadavke na rýchlu výstavbu. Oproti monolitickým rímsam taktiež odpadajú nemalé náklady na debnenie vonkajšieho lícu ríms, naopak pribúdajú náklady na manipuláciu s výrobkom, a manipuláciu pri montáži a náklady na dopravu, rovnako nie je isté že si prefabrikáty udržia svoje vlastnosti počas celej životnosti mosta postaveného z iných konštrukčných materiálov, je otázný spôsob recyklácie a spôsob nakladania s materiálom rímsových polymerbetónových prefabrikátov po skončení ich životnosti. Zvýšenú pozornosť je potrebné venovať ochrane ocele na styku monolitické a prefabrikovanej časti rímsy. Spôsob ochrany a detaily sú uvedené v [T10], konkrétne vo VL 4 označenie 401.06 v prípade železobetónových rímsových prefabrikátov a vo VL 4 označenie 404.06 v prípade polymerbetónových rímsových prefabrikátov.

Životnosť konštrukcie, prvku alebo materiálu je časový úsek po zabudovaní, uložení do konštrukcie, behom ktorého všetky časti dosiahnu minimálnu akceptovateľnú hodnotu použiteľnosti za predpokladu bežnej údržby. Pre určenie životnosti určitej betónovej konštrukcie je nutné stanoviť koniec životnosti. Koniec životnosti je definovaný ako stav, kedy:

- bezpečnosť konštrukcie je neprijateľná vzhľadom k degradácii materiálu alebo prekročeniu projektovej únosnosti
- degradácia materiálu je výrazná, napríklad korózia výstuže vyvolaná prenikajúcimi chloridovými iónmi dosiahli medznú hodnotu v hĺbke uloženia výstuže
- požiadavky údržby presahujú prípustnú hranicu
- prevádzkové parametre konštrukcie sú nedostačujúce (nevyhovujúce priestorové usporiadanie mostu)
- estetický vzhľad je neprijateľný.

Všetky rozhodnutia ohľadom konca životnosti je nutné podriaďiť bezpečnosti danej konštrukcie a ekonomickej stránke.

Pre určenie životnosti sú potrebné stanoviť určité charakteristiky konštrukcie, ktoré bude potrebné počas prevádzkovania objektu sledovať, vyhodnocovať a archivovať. Medzi základné údaje potrebné pre určenie životnosti patrí trieda použitého betónu, teda množstvo a druh cementu, hodnota vodného súčiniteľa, množstvo a druh prísad, ďalej druh použitej výstuže a skutočná hrúbka krycej vrstvy. Tieto údaje sledujeme samostatne pre jednotlivé časti konštrukcie.

Pri návrhu železobetónovej konštrukcie, tak aby bola zaistená požadovaná trvanlivosť potrebné uvažovať s konkrétnym konštrukčným návrhom, návrhom detailov, výrobe betónu, jeho spracovaní, postupoch výstavby a údržbou. Významný podiel na životnosti konštrukcie ma vodotesnosť konštrukcie, ktorá zabráni transportu škodlivých látok do betónu, čo by spôsobilo proces chemickú a fyzikálnu degradáciu a vplyv pôsobiaceho zaťaženia.

Rozsah a vplyv transportu kvapalín závisí na pórovej štruktúre betónu (veľkosť a rozloženie), prítomnosť trhlín a mikroklima na povrchu. Preto pri výrobe trvanlivých betónových konštrukcií musia byť zohľadnené podmienky prostredia (druh a intenzita vplyvu prostredia a očakávaný druh agresivity prostredia).

Chemické napadnutie spôsobuje zmenu betónu vplyvom chemickej reakcie s cementovým tmelom, kamenivom alebo vloženou výstužou. K napadnutiu všeobecne dochádza na exponovanej časti povrchu, pri prítomnosti trhlín taktiež vo vnútornej časti prierezu. Prípady chemického narušenia sú hydrolyza cementového tmelu, reakcie s výmenou katiónov medzi agresívnymi kvapalinami a cementovým tmelom a reakcie vedúce k rozpínavých produktov (vylúhovanie, oneskorené ettringitové formovanie, síranová korózia, napadnutie kyselinami a výluhmi, alkalické reakcie a korózia oceľovej

výstuže). Výsledkom dlhodobého pôsobenia chemickej agresivity vedú k vadám rôznych stupňov závažnosti od drobných vzhľadových väd až po stratu časti prierezu a homogenity konštrukcie.

Fyzikálne napadnutie všeobecne zahŕňa degradáciu vplyvom pôsobenia prostredia. Prejavuje sa povrchovým opotrebením a trhlinami. Môže viesť ku zníženiu trvanlivosti, pretože trhliny by mohli umožňovať priamy prístup škodlivých pôsobiacich látok k oceľovej výstuži. Najrozšírenejšími prípadmi fyzikálneho napadnutia sú: kryštalizácia solí, účinky mrazu, abrázie, erózie, kavitácie, tepelné poškodenie a kombinované vplyvy.

Určenie a hodnotenie veľkosti a stupňa vplyvu prostredia a degradácie sú kľúčové pre stanovenie životnosti a udržania prevádzkových požiadaviek železobetónových konštrukcií. Je teda dôležité určiť vhodný model degradácie, ktorý po zadaní požadovaných dát umožní určenie momentálneho stavu a jeho ďalšieho vývoja. Model by mal zohľadňovať vývoj dopravnej situácie, materiálové a geometrické charakteristiky, súčasné poškodenia, statické posúdenie a úplný degradačný model.

Pre stanovenie životnosti staršej konštrukcie je potrebné zistenie určitých informácií. Začína sa porovnaním konštrukcie s projektovou dokumentáciou, prebieha vizuálna prehliadka stavby, určenie množstva, polohy a profilu výstuže a hrúbka krycej vrstvy. Nasleduje prehliadka na určenie poškodenia a diagnostický prieskum, kde sa vykonáva pasportizácia trhlín, zistenie obsahu chloridov, určenie hĺbky karbonatácie a odber vzoriek pre deštruktívne skúšky. Vykonávajú sa laboratórne skúšky a to petrografické (obsah vzduchu, rozmiestenie dutín, nepravidelnosť kameniva a určenie vodného súčiniteľa), chemické rozbory (zloženie cementu, pH, určenie chemických prísad, charakteristiky cementového tmelu a kameniva) a deštruktívne skúšky pre zistenie materiálových charakteristík betónu a ocele. Vyhodnotenie a porovnanie skutočných a návrhových materiálových charakteristík, určenie nasiakavosti a priepustnosti betónu, hrúbku krycej vrstvy, výskyt trhlín a odpadávanie, hĺbka prieniku chloridov a karbonatácie, korózna aktivita výstuže a aktivita prostredia. Zakončené statickým posúdením s ohľadom na súčasný stav konštrukcie výpočtom stáleho a prídavného zaťaženia a posúdenia pre ostatné typy zaťaženia ako zemetrasenia a vietor.

Spôsoby stanovenia životnosti nových konštrukcií sa delia na viacero kategórií. Stanovenie založené na znalosti doby životnosti konštrukcií s podobnými vlastnosťami. Pri tomto prístupe sa predpokladá, že trvanlivosť konštrukcií vystavených podobnému prostrediu je rovnaká. Každá konštrukcia je však jedinečná z dôvodu veľkej variability materiálu, geometrie, stavebných postupov, zaťažení a vplyvu pôsobiaceho prostredia. Ďalšou možnosťou je určenie životnosti pomocou urýchľovacích skúšok. Pri tejto metóde sa využívajú výsledky skúšok vykonaných pri vyšších teplotách, vlhkosti, väčšej koncentrácii agresívnych látok. Namerané výsledky je nutné interpretovať, aby zodpovedali v čo najväčšej miere skutočnosti. Používajú sa taktiež metódy stanovenia životnosti pomocou matematických modelov, kde boli vytvorené matematické modely popisujúce rôzne procesy ako napríklad procesy prebiehajúce pri korózii, účinkoch síranov, lúhovaní a cyklickom zaťažovaní zmrazovania a rozmrazovania. Poslednou metódou určovania životnosti sú stochastické metódy, ktoré sú založené na predpoklade, že doba životnosti nemôže byť určená presne, pretože na betónové konštrukcie pôsobí veľké množstvo pôsobiacich faktorov. V súčasnosti existujú dva spôsoby využitia tejto metódy a to metóda používajúca model spoľahlivosti, ktorá využíva kombináciu urýchlených skúšok a princípy pravdepodobnosti (nátery s krycie materiály) a metóda využívajúca kombináciu stochastických a deterministických modelov.

Metódy, ktoré sa používajú pre stanovenie životnosti stavebných materiálov zahŕňajú odhady založené na skúsenostiach, dedukcií vychádzajúcich zo známych vlastností podobných materiálov, urýchlené skúšky a aplikácia koncepcií spoľahlivosti a stochastických koncepcií a matematických modelovaní na báze chemikálnych a fyzikálnych procesoch degradácie. Tieto metódy sa často kombinujú. Len málo štúdií zatiaľ popísalo stanovenie životnosti nového betónu u používaných objektov. Podľa dostupnej literatúry najspoľahlivejšie vychádza aplikácia matematických modelov na proces degradácie. Nemalo by sa potom spoliehať len na empirické modely, mali by byť spracované aj teoretické modely. Výhodami tejto metódy je väčšia spoľahlivosť, potreba menšieho počtu údajov a širšie použitie pre širšiu škálu prostredí. Pre získanie realistickejšieho stanovenia životnosti by sa mali kombinovať deterministické a stochastické metódy, pretože stochastické metódy majú obmedzené

použitie vzhľadom k nedostatku adekvátnych databáz štatistických parametrov. Urýchlené skúšky môžu byť užitočné pri získavaní údajov ako podklad pre analytické metódy.

Metodiky pre určovanie životnosti sú spracované ako pre návrh konštrukcie ríms, kde sú v súlade s platnými predpismi a musia byť rešpektované parametre napr. vodného súčiniteľa, hrúbka krycia betónové vrstvy a druh prísad, ako aj pre existujúce konštrukcie, kde stratégie prehliadok a údržby je operatívne určovaná, napr. v nadväznosti na ich stav a prevádzkové náklady objektu.

Uvedené metódy sú určené na stanovenie životnosti betónovej konštrukcie, pomocou porovnávacích metód, použitie zrýchlených testov degradácie, použitie matematických modelov a simulácií a aplikácie spoľahlivých a stochastických metód. Z hľadiska životnosti má projektová dokumentácia obsahovať návrh konštrukcie ríms, návrh materiálov, plány údržby, záruky kvality a kontroly kvality budúcej konštrukcie. V nadväznosti na návrh triedy betónu, vrátane výberu jeho zložiek, zabudovanie, hutnenie a ošetrovanie, znalosti o vlastnostiach materiálov, druh očakávaného prostredia v mieste objektu, konštrukčné detaily (ako je napr. krytie výstuže betónom), predpokladaný priebeh technológie výstavby ríms a definíciu konca ich životnosti, môže byť navrhnutý betón požadovaných vlastností pre danú životnosť. Akceptovanie moderných materiálov, ako napr. vysokohodnotných betónov, ŽB s prímiesou polymer. vlákien, závisí na analýzach nákladov počas životnosti konštrukcie pri uvažovaní ich dlhšej doby životnosti. Trvanlivosť betónu možno definovať ako jeho schopnosť odolávať degradácii v dôsledku pôsobenia chemických, fyzikálnych a biologických vplyvov vzhľadom na ich trvanie a súčasné pôsobenie. Nedostatočná trvanlivosť betónu vedie k jeho rozpadu, korózii výstuže v betóne, prípadne k obidvom degradáciám súčasne. Odolnosť betónu v danom prostredí sa zvyšuje s jeho odporom proti prenikaniu plynov, vody a roztokov chemikálií, preto sa priepustnosť, t. j. permeabilita často používa ako základný ukazovateľ trvanlivosti betónu. Betón s vyššou pevnosťou nemusí mať automaticky lepšiu trvanlivosť, hoci mechanizmus zodpovedný za nárast pevností pôsobí aj v smere znižovania permeability. Preto sa uprednostňujú vysokohodnotné betóny pred čisto vysokopevnosťnými. Pri metodikách na stanovenie životnosti existujúcej konštrukcie je nutné poznať existujúci stav konštrukcie, stupeň degradácie, skoršie a budúce namáhanie – CHRL a poveternostné vplyvy, napätie spôsobené degradačnými procesmi a vlastným zaťažením ríms a definíciu konca životnosti. Na základe znalosti zvyškovej životnosti objektu môžu byť vykonávané ekonomické rozhodnutie o tom, či je vhodnejšie rímsy opraviť, rekonštruovať alebo vymeniť. Prvý krok tohto procesu musí byť zameraný na určenie príčin degradácie.

Je potrebné, aby všetky rozhodnutia týkajúce sa konca životnosti boli urobené s ohľadom na bezpečnosť osôb a na ekonomickú stránku. V niektorých prípadoch môže byť akceptovaný stav konštrukcie pod stanovenú hranicu, ale treba zväžiť vyvolané náklady (straty) s tým spojené. Správne vykonaná betonáž, vrátane hutnenia a úpravou povrchu, je dôležitá pre prevádzkovú životnosť betónových konštrukcií. Nedostatok kvalitného hutnenia vedie k zníženiu pevnosti, zvýšeniu nasiakavosti, strate súdržnosti, čo vo výsledku znižuje prevádzkovú životnosť zrýchlením odozvy na korozivitu prostredia, znížením odolnosti voči poveternostným vplyvom, čo prispieva k predčasným poruchám.

Informácie potrebné na stanovenie životnosti:

1. Porovnanie konštrukcie s projektovou dokumentáciou:
  - a. Prehliadka ríms - vizuálna prehliadka na porovnanie projektovej dokumentácie - určenie množstva polohy a profilu výstuže a hrúbky krycej vrstvy (elektromagneticky)
  - b. Porovnanie dokumentácie so skutočným vyhotovením
  - c. Určenie vplyvu prostredia.
2. Prehliadka stavu porušenia, diagnostický prieskum konštrukcie:
  - a. Pasportizácia trhlín
  - b. Zistenie hrúbky krycej vrstvy betónu ríms a degradácia povrchu
  - c. Zistenie obsahu chloridov
  - d. Určenie hĺbky karbonatizácie betónu
  - e. Odber vzoriek pre deštruktívne (laboratórne) skúšky.
3. Laboratórne skúšky:
  - a. Petrografia (obsah vzduchu, rozmiestnenie dutín, nepravidelnosti kameniva, určenie vodného súčiniteľa a pod.)
  - b. Chemické rozbor (zloženie cementu, pH, určenie chemických prísad, charakteristiky cementového tmelu a kameniva)
  - c. Deštruktívne skúšky pre zistenie materiálových charakteristík betónu a ocele (pevnosť, modul pružnosti a pod).



4. Vyhodnotenie rozsahu poškodenia ríms:
  - a. Porovnanie skutočných a návrhových materiálových charakteristík,
  - b. Nasiakavosť a priepustnosť betónu
  - c. Hrúbka krycej betónovej vrstvy
  - d. Výskyt trhlín a odpadávania
  - e. Hĺbka prieniku chloridov a karbonatizácie,
  - f. Korózna aktivita výstuže (napr. nedeštruktívne magnetické metódy)
  - g. Agresivita prostredia (napr. prítomnosť chloridov, síranov, vlhkosti a pod.).

Na základe posúdenia stavu ríms sa určia rozhodujúce informácie na zistenie súčasného stavu alebo vytvorenie podkladov pre plánovanie budúcich prevádzkových charakteristík či životnosti, prípadne pre oba tieto dôvody, môže byť nutné vykonať ďalšie posúdenie konštrukcie. Pri tomto hodnotení je dôležité všímať si nepravidelnosti alebo nejednotnosti vo vlastnostiach materiálov, v projekte alebo vo stavebných postupoch či v postupoch údržby a vplyvu faktorov okolitého prostredia. Požiadavky na prevádzkové charakteristiky iné, než je únosnosť stavby, sa potom riešia pomocou doplnkových skúšok, ktorými sa zisťujú charakteristiky ako napr. stanovenie parametrov pre opravu konštrukcie.

Každá vhodná návrhová metóda hodnotenia životnosti zahŕňa vždy rad základných prvkov: model správania v danom vplyve prostredia, preberacie kritériá so stanovením vyhovujúcich prevádzkových charakteristík ako aj relevantné charakteristické vlastnosti materiálov. Výber materiálov a miešacích pomerov, ako maximálny pomer v/c, a podrobné posúdenie konštrukcie predstavujú jeden prístup, používaný pre návrh konštrukcií trvalého charakteru. Ďalší prístup zahŕňa predpoveď životnosti za pomoci výpočtov, vychádzajúcich zo znalostí súčasného rozsahu poškodenie, mechanizmov degradácie a rýchlosti reakcií na degradáciu. Pri stanovení životnosti sa rešpektuje odporúčanie vyplývajúce z prehliadok a diagnostických prieskumov ríms. Pre každú sledovanú konštrukciu je stanovený typ prevládajúceho degradačného procesu a z toho vyplývajúce postupy na stanovenie životnosti.

Metódy, ktoré sa používajú na stanovenie životnosti stavebných materiálov, zahŕňajú odhady založené na skúsenostiach, dedukciu vychádzajúcu zo známych prevádzkových vlastností podobných materiálov, urýchlené skúšky, aplikáciu metód spoľahlivosti a stochastických metód a matematické modelovanie na báze chémie a fyziky procesov degradácie. Často sa tieto metódy vzájomne kombinujú. Najsľubnejšími metódami sú urýchlené skúšky, aplikácia koncepcií spoľahlivosti a stochastických metód a matematické modely. V porovnaní so stanovením životnosti nového betónu bolo zatiaľ popísané len málo štúdií, zaoberajúcich sa stanovením zvyškovej životnosti betónu už prevádzkovaných objektov. Väčšina štúdií z odbornej literatúry sa zaoberá koróziou výstuže v betóne a odráža rozsah a závažnosť tohto problému. K najsľubnejším spôsobom stanovenia zvyškovej životnosti betónu patrí aplikácia matematických modelov na proces degradácie. Nemalo by sa pri tom spoliehať výhradne na empirické modely, ale mali by byť spracované teoretické modely. K výhodám tohto prístupu patrí väčšia spoľahlivosť stanovenia životnosti, potreba menšieho počtu údajov a širšie použitie, napríklad pre širokú škálu podmienok prostredia. Na získanie realistickejších stanovení životnosti by sa mali kombinovať deterministické a stochastické modely, pretože čisto stochastické modely majú obmedzené použitie vzhľadom na nedostatok adekvátnych databáz štatistických parametrov. Urýchlené skúšky neposkytujú priamu metódu pre vykonávanie stanovenia životnosti, môžu však byť užitočné pri získavaní údajov ako podkladov pre analytické modely.

#### 4.3.2 Ekonomické hodnotenie

Výstavba nových objektov vo verejnom aj súkromnom sektore ako aj existujúce betónové konštrukcie, vyžadujú rozhodovanie podložené informáciami o ekonomike a životnosti týchto objektov a konštrukcií. Je potrebné posúdiť, či vyššia počtatočná investícia zodpovedá získaniu dlhšej životnosti, zníženie prevádzkových nákladov alebo nákladov na údržbu, či vyššie ročné náklady na kontrolu a údržbu vynahradzujú predĺženie životnosti existujúceho objektu, či by mali zastaralé objekty nahradiť objekty, ktoré vyžadujú menej častú a menej nákladnú pravidelnú údržbu, alebo či by sa mal súčasný objekt nahradiť iným. Pre všetky tieto otázky sú potrebné informácie o životnosti. Výber technicky uskutočniteľných variantov prinášajúcich minimálne celkové náklady v stanovenom plánovanom horizonte tvorí scenár stratégie minimálnych nákladov za cyklus životnosti pri správe objektu. Základom racionálnej správy objektu a majetku je vplyv prevádzkyschopnosti alebo životnosti objektu na peňažný tok po dobu tohto cyklu.

Ekonomická analýza je nástroj racionálneho rozhodovania v technických situáciách, kedy sa vykonáva voľba zo skupiny variantov, pričom rozdiely medzi týmito variantami je možné vyjadriť finančne. Prvé dva kroky pri technicko-ekonomickej analýze sú pri všetkých metódach ekonomických analýz rovnaké. Prvý krok - stanovenie všetkých použiteľných, technicky schodných variantov. Jednou z realizovateľných variantov môže byť aj neprijatie žiadnych opatrení. Druhý krok - vykalkulovanie prvkov peňažného toku a určenie časových schém peňažného toku. Pri spracovaní týchto schém je potrebné stanoviť cieľovú dobu ekonomickej životnosti (plánovací horizont), ku ktorému sa všetky nákladové varianty budú hodnotiť. Preto sa technicko-ekonomická analýza môže použiť aj na rozhodovanie o životnosti betónových konštrukcií.

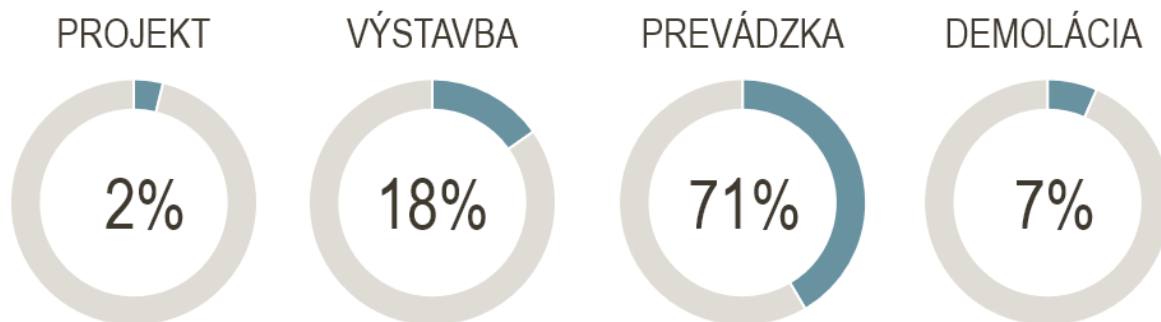
Ak sú stanovené varianty a ich peňažné toky, existuje mnoho rôznych metód, pomocou ktorých je možné vykonať analýzu. Všetky analýzy by mali poskytnúť rovnaké výsledky pokiaľ ide o výber variantov, avšak z povahy scenára, podľa ktorého sa varianty vyhodnocujú, môže byť použitie určitého postupu uprednostnené.

Je popísané nasledujúcich niekoľko metód:

- Náklady na cyklus životnosti (LCC - Life-cycle cost)
- Pomer prínosov a nákladov (BCR - Benefit-to-cost ratio)
- Vnútoraná návratnosť (IRR - Internal rate of returns)
- Čisté prínosy (NB - Net benefits).

Stavby majú v prvom rade slúžiť svojmu účelu a je preukázané, že kvalitným projektom a realizáciou máme možnosť výrazne ovplyvniť kvalitu a životnosť diela. Táto zložka vyjadrujúca náklady na ľudské zdroje užívateľov stavby vyjadrená v rámci životného cyklu vôbec nie je zanedbateľná. Distribúcia pracovného zaťaženia v rámci tvorby projektovej dokumentácie sa posúva do skorších fáz, čím vo výsledku ziskáva projektant, ale aj investor, možnosť vo väčšej miere ovplyvniť budúce náklady stavby.

Ako vyplýva z odbornej literatúry v oblasti posudzovania nákladov životného cyklu (LCCA - Life-Cycle Cost Analysis) členených v zmysle fáz, najviac nákladov je alokovaných vo fáze prevádzky. Niektoré zdroje uvádzajú, že môžu dosahovať až 80 %. Nie je ani tak podstatné, aká je presná výška percentuálnej miery, nakoľko to závisí od rôznych faktorov a pre každý projekt je iná.



Obrázok 4 - Percentuálna miera nákladov na vybrané fázy životného cyklu

#### 4.3.3 Polymerbetónové rímsové prefabrikáty

Výhodami polymerbetónových prefabrikátov je možnosť individuálneho farebného a tvarového prevedenia. Rímsové prefabrikáty sú súčasťou výstuže a debnenia, čo šetrí náklady na debnenie a čas pri výstavbe, čo je z ekonomického hľadiska veľmi výhodné. Výrazne ľahšia váha oproti štandardným betónovým výrobkom odľahčuje nosnú konštrukciu. Sú trvalo zakotvené do nosnej konštrukcie a zaisťujú tak trvalú ochrannú funkciu. Polymerický betón má výrazne lepšie mechanické a chemické vlastnosti, ako betón. Preto je vhodnejší na použitie do náročnejších podmienok. Vznik zmrašťovacích trhlin je výrazne menší v porovnaní so železobetónom.

Medzi nevýhody polymerbetónových prefabrikátov možno zaradiť ich krehkosť v porovnaní so železobetónovými rímsovými prefabrikátmi. K potenciálne najväčšej nevýhode možno zaradiť neznalosť životnosti prefabrikátu v reálnych podmienkach používania, nakoľko ich používanie

na stavbách nebolo v takej miere overené časom ako v prípade železobetónových rímsových prefabrikátov. Ich používanie na overovanie životnosti v reálnych podmienkach možno doposiaľ datovať na dobu cca 20 rokov. Ďalšími potencionálnymi nevýhodami môže byť problematika stálofarebnosti a odolnosti voči UV žiareniu, ich plnenie výrobca deklaruje pri uvádzaní výrobku na trh.

#### 4.3.4 Železobetónové prefabrikáty

Mostné rímky sú vyrábané z betónu optimálneho zloženia tak, aby spoľahlivo spĺňali požiadavky na kvalitu betónu s prihliadnutím na podmienky betonáže, konštrukciu, dopravu, vplyv klimatických podmienok. Štandardne sa navrhuje pevnostná trieda C35/45 a vplyv prostredia XF4 teda prostredie značne vystavené rozmrazovacím prostriedkom a mrazu, zároveň musia taktiež spĺňať požiadavku na koróziu vplyvom chloridom keďže sa jedná a vystužené prvky vystavené postrekom obsahujúcimi chloridy a teda triedu XD3.

Betonárska výstuž je použitá oceľ triedy B500B. Výstuž musí vyhovovať požiadavkám na EN 10080 Oceľ pre výstuž do betónu – zvariteľná betonárska výstuž.

Dištančné podložky sa volia podľa požadovaného krytia, ktoré je nutné dodržať podľa projektovej dokumentácie.

Povrch zatvrdnutého betónu musí spĺňať požiadavky na pohľadový betón a teda povrch pórov nesmie prekračovať predpísanú hodnotu pórovitosti a to hodnotu 3 % povrchu dielca. Väčšie množstvo dutiniek, prípadne nerovností po odformovaní je nutné zahradiť. Drobné povrchové trhlinky vzniknuté zmrašťovaním betónu nie sú prípustné. Výrobky nesmú mať výrobné vady ako nezhotvené miesta, ktoré by nepriaznivo ovplyvnili nosnosť a tým aj použiteľnosť.

Údržba je odporúčaná vo forme očisty bežnými mechanickými prostriedkami (tlaková voda s pridaným saponátom alebo ručné mechanické čistenie) frekvenciu určuje prevádzkovateľ objektu na základe špecifických podmienok a vplyvu životného prostredia pre daný objekt.

Mostné rímky plnia okrem technickej taktiež estetickú funkciu a preto povrch všetkých monolitických ríms musí taktiež spĺňať architektonickú požiadavku na pohľadový betón keďže sa jedná o viditeľné betónové povrchy, ktorých vzhľad je upravovaný štruktúrovaním povrchu pomocou odtlačku debnenia, prímiesou pigmentov, nátermi alebo opracovaním povrchu. Dokonalý povrch bez pórov, vlasových trhliniek a farebne úplne jednotné nie je z technického hľadiska možné vyhotoviť dokonalým zhotúvením ani ideálnym zložením betónovej zmesi. Plocha s výskytom vzduchových pórov nesmie prevyšovať 3 % celkového povrchu dielca.

#### 4.3.5 Železobetónové monolitické mostné prefabrikáty s prímiesou polymerových vlákien

Betóny so štruktúrou vystuženou vláknami sa používajú všade tam, kde vlastnosti obyčajného betónu nevyhovujú a tam, kde možno týmto spôsobom vystuženia jeho vlastnosti vylepšiť. Najčastejším požadovaným zlepšením je u polymerových vlákien obmedzenie prejavov objemových zmien a teda zmrašťovania. Tieto vlákna sa vyznačujú vysokou jemnosťou, štruktúra betónu je teda aj pri veľmi malých objemových dávkach vystužená veľkým počtom vlákien, ktoré vystužujú betón veľmi rovnomerne. Ich prítomnosť môže oddialiť alebo zamedziť vzniku zmrašťovacích mikrotrhlin, prípadne zabrániť ich šíreniu. Najpoužívanejšie sú vlákna z polypropylénu, polyolefinu a sklenené vlákna.

#### 4.3.6 Oceľové rímky

V niektorých prípadoch, keď sa kladie dôraz na architektonický vzhľad a riešenie ríms z ľahkého materiálu, tak sa používajú aj oceľové. Podmienky použitia a ochrany pred koróziou sú uvedené v [T6].

#### 4.3.7 Rímsové prefabrikáty mostov ostatných ciest SR

RÚ je zameraná na rímsové prefabrikáty používané na Slovensku na mostoch ciest I. tried. Mosty a mostné rímsové prefabrikáty sa rovnako vyskytujú aj na ostatných cestách cestnej siete SR (diaľnice, cesty II. a III. triedy, miestne a účelové cesty). Nastavené podmienky a odporúčania pre rímsové prefabrikáty na cestách I. tried môžu byť aplikované aj na rímsové prefabrikáty na mostoch ostatných ciest SR.

## 5 Výber skúšobných metód na overenie vlastností

### 5.1 Odolnosť voči starnutiu - povrchová úprava

Povrchová úprava slúži na dlhodobú ochranu – primárna ochrana betónových povrchov (železobetónových, polymerbetónových prefabrikátov) v rôznych prevádzkových podmienkach alebo v rôznom stupni namáhania. Používajú sa produkty na báze polyuretánových, epoxidových,

epoxid-novolakových, akrylických a vysoko reaktívnych (polyurea) živíc a iných materiálov. V stavebníctve sú k dispozícii rôzne produkty, napríklad plasto-elastický, vodou riediteľný náter na báze akrylátovo styrénovej disperzie na ochranu a zjednotenie pohľadového betónu. Tieto produkty môžu byť aplikované na existujúce nátery alebo priamo na povrch betónu ako ochranné nátery prepúšťajúce vodnú paru. Prezentyje sa veľmi dobrá odolnosť voči poveternostným vplyvom a starnutiu. Tiež sa deklaruje veľmi dobrá odolnosť proti odkriedovaniu a vysoká krycia schopnosť. Zabraňujú vnikaniu vody a udáva sa vysoká odolnosť voči difúzii CO<sub>2</sub> (oxid uhličitý), ktorá zapríčiňuje karbonatizáciu betónu a jeho následnú degradáciu.

Ochranné nátery sa posudzujú podľa normy STN EN 1504-2.

Norma EN 1504-2 posudzuje aj hydrofóbnu impregnáciu, hĺbku penetrácie, odolnosť voči mrazu a posypovým soliam, prípadne ďalšie. Tiež sa uplatňujú požiadavky definované v norme STN EN 1504-9.

## 5.2 UV stálosť

UV stálosť udáva schopnosť konštrukcie odolávať UV žiareniu bez funkčných alebo estetických zmien materiálu. Táto stabilita je podmienená buď charakteristikou samotného materiálu (betónu) alebo sa uvažuje o UV odolnosti povrchovej vrstvy, ktorá plní nejakú vopred definovanú vlastnosť – napríklad odolnosť voči CHRL. Betón vo všeobecnosti nepodlieha UV žiareniu, časom skôr dochádza k vyrovnávaniu farebných rozdielov vytvorených pri rôznych podmienkach výroby. Pôsobením UV žiarenia najčastejšie dochádza k farebným zmenám materiálov, ktoré sa na povrch betónu aplikujú. Preto každý výrobca náteru, membrány alebo impregnácie musí deklarovvať jej UV odolnosť a teda aj jej životnosť. Nátery pod vplyvom UV žiarenia strácajú svoju pôvodnú farbu, zvyčajne naberajú žltobledý odtieň a následne strácajú svoju funkciu ochrany betónu proti rôznym iným vonkajším vplyvom, v prípade rímsových prefabrikátov sa môže jednať o zhoršenie odolnosti voči CHRL. Odolnosť voči CHRL všetkých typov rímsových prefabrikátov (aj polymerbetónových) počas ich životnosti musí byť minimálne rovnajúca sa požiadavkám na železobetónové rímsoy (podľa STN 73 1326), stupeň prostredia XD3, XF4.

## 5.3 Prilnavosť povrchovej vrstvy

Pri výrobe prefabrikovaných betónových dielcov sa môžeme spoliehať na vlastnosti betónu ako primárnej ochrany celej konštrukcie, alebo sa môže pristúpiť na použitie ochrannej vrstvy ako sekundárnej ochrany betónového dielca, alebo celej konštrukcie. Prilnavosť povrchovej vrstvy sa určuje podľa normy STN EN 1542.

Skúšanie odtrhovej pevnosti sa vykonáva aj podľa prílohy B, STN 73 6242. Podľa [T2] sa po ukončení a vytvrdnutí systému povrchovej úpravy na každých začatých 250 m<sup>2</sup> zrealizujú 3 odtrhové skúšky v súlade s STN 73 6242 príloha C po dohode s objednávateľom je možné odtrhovú skúšku pri hrúbke náteru do 250 µm nahradiť mriežkovou skúškou podľa prílohy E [T2]. Vyhovujúci je maximálne 2 stupeň klasifikácie. Rozloženie skúšobných miest odsúhlasuje objednávateľ.

Popísané metódy sú aplikovateľné na železobetónové aj polymerbetónové rímsové prefabrikáty.

## 5.4 Farebná stálosť

Dosiahnutie farebnej stálosti betónu je možné buď využitím jeho prirodzenej farby ovplyvnenej zložením betónu alebo použitím pigmentov či náterov, ktoré by mali farebnú stálosť betónu zabezpečovať. Pri využití prirodzenej farby prefabrikovaného betónu je možné rovnomernosť odtieňa dosiahnuť pomocou technológie pohľadového betónu, kde pri správnom nastavení receptúry betónu, vhodnými odformovacími prostriedkami, kvalitným debnením a správnym spôsobom zhutňovania možno dosiahnuť veľmi dobrý efekt, pričom sa dá spoľahnúť na to, že betón svojimi charakteristickými vlastnosťami zabezpečí svoju farebnú stálosť počas celej doby životnosti.

Používanie pigmentov je relatívne jednoduché, pretože sa dávajú spolu s ostatnými zložkami betónu, je len potrebné mať k dispozícii správne dávkovacie zariadenie. Dávku pigmentov odporúčajú jednotliví výrobcovia pigmentov, pre lepší farebný efekt je vhodnejšie použiť biely cement. Pri použití pigmentov, ale aj pri betónoch s prirodzenou farebnosťou môžu farebnú stálosť v exponovaných exteriéroch ovplyvniť výkvety, teda výluhy hydroxidu vápenatého, ale tento efekt po čase odznieva a výkvety postupne samé od seba, prirodzene miznú.

Pri používaní náterov je treba najprv vyhodnotiť prínosy takýchto systémov a s jednotlivými výrobcami konzultovať vlastnosti a použiteľnosť náterových hmôt. Pri používaní náterov na murivo a betón sa môže postupovať podľa systému noriem STN EN 1062, STN EN ISO 2811-2) a pod.

## 5.5 Odolnosť voči CHRL

Odolnosť betónových prefabrikátov proti CHRL predpisuje norma STN EN 206+A2. V nej sú pod pojmom mrazuvzdornosť betónu a odolnosti proti CHRL definované dva stupne vplyvu prostredia a to XF2 a XF4. Princípom skúšky je postupné cyklické zmrazovanie a rozmrazovanie vzorky (prevažne kocka s hranou 150 mm) betónu ponorenej do 3 % - ného roztoku NaCl, ktorý za pôsobenia mrazu narušuje povrch vzorky a spôsobuje uvoľňovanie častí betónu. Pri splnení požiadaviek stupňa XF2 môže mať vzorka po 50 cykloch len slabo narušený povrch podľa podmienok stupňa narušenia 2. Pri stupni XF4 to môže byť buď pri 100 cykloch len slabo narušený povrch, alebo pri 150 cykloch narušený povrch podľa podmienok stupňa narušenia 3.

Konkrétne sa skúške odolnosti proti CHRL venuje norma STN 73 1326, kde sú definované podmienky odberu vzorky betónu určenej na skúšku CHRL, presné podmienky jednotlivých cyklov zmrazovania a rozmrazovania alebo vyhodnocovanie množstva uvoľneného betónu po skúške, ktorá sa prepočítava do jednotiek g/m<sup>2</sup>.

## 5.6 Mrazuvzdornosť

Mrazuvzdornosť prefabrikátov taktiež predpisuje norma STN EN 206+A2. Rozlišujeme štyri stupne vplyvu prostredia a teda odolnosti proti mrazu. Sú to XF1, XF2, XF3 a XF4. Princíp skúšky je podobný ako pri skúške s CHRL, ale v tomto prípade sa používajú vzorky tvaru trámca, ktoré sa skúšajú na ťah pri ohybe. Jedna sada, spravidla 3 trámce rozmerov (100 x 100 x 400) mm sa po 28 dňoch skúšajú iba na ťah pri ohybe, hodnota sa zaznamená ako referenčná. Druhá sada po 28 dňoch prechádza cyklami zmrazovania a rozmrazovania ponorením do vody. Po uplynutí celej skúšky sa aj druhá sada vyskúša na ťah pri ohybe, pričom jeho hodnota nesmie byť menšia ako 85 % referenčnej hodnoty v ťahu pri ohybe. Pre splnenie požiadavky XF1 musí skúšaná sada absolvovať 25 cyklov zmrazovania a rozmrazovania, pre XF2 je to 50 cyklov, pre XF3 je to 100 cyklov a pre XF4 je to 150 cyklov.

Podrobne sa skúške mrazuvzdornosti venuje norma STN 73 1322, kde sú uvedené presné podmienky priebehu cyklovania ako aj príprava vzoriek a vyhodnotenie.

## 5.7 Pevnosť v tlaku

Pevnosť v tlaku prefabrikátov sa odvíja najmä od odformovacích a manipulačných pevností dielca. Každý prefabrikovaný prvok musí byť navrhnutý podľa statického výpočtu, ktorý reflektuje spôsob namáhania pri odformovaní, preprave ale aj pri používaní počas celej svojej životnosti. V projektovej dokumentácii býva teda navrhnutá trieda pevnosti v tlaku po 28 dňoch, ale často aj technologická pevnosť po dvoch dňoch, prípadne aj po niekoľkých hodinách od výroby.

Skúšanie pevnosti betónu v tlaku sa pripravuje už pri výrobe dielca, kedy sa odoberajú telesá (spravidla kocky o hrane 150 mm) a tie sa následne stláčajú v laboratórnom lise v čase potrebnom podľa technologického predpisu vo výrobní. Norma zaoberajúca sa skúškou pevnosti v tlaku je STN EN 12390-3 na ktorú nadväzuje aj celý rad noriem označeným týmto číslom, napríklad STN EN 12390-1, alebo STN EN 12390-2. V týchto normách sú predpísané presné postupy prípravy foriem, výroby telies, ich správnom uskladnení, odskúšaní a vyhodnotení výsledkov.

V prefabrikácii sa často na účely zistenia aktuálnej technologickkej pevnosti využíva aj nedeštruktívne skúšanie pomocou Schmidtovho tvrdomera. V dôsledku rôznych klimatických podmienok počas celoročnej výroby môže dôjsť k dosahovaniu rôznych hodnôt pevnosti v tlaku v počiatočných štádiách tvrdnutia betónu. V teplejších klimatických podmienkach je zvyčajne rýchlejšie dosiahnutie odformovacích a manipulačných pevností, preto za pomoci nedeštruktívnej metódy skúšania pevnosti v tlaku je možné výrobu a manipuláciu s dielcami urýchliť a ušetriť tým časť nákladov. Naopak v chladnejších podmienkach nedeštruktívna metóda skúšania pevnosti v tlaku zabezpečuje informáciu, kedy dielec dosiahol požadované pevnosti, čím sa zabezpečuje dodržanie kvality a bezpečnosti. Presným spôsobom vykonávania nedeštruktívnej skúšky pevnosti v tlaku sa zaoberá norma STN EN 12504-2.

Pevnosť v tlaku polymerbetónových rímsových prefabrikátov sa stanovuje podľa STN EN 12390-3.

## 5.8 Pevnosť ťahu za ohybu

Pevnosť v ťahu za ohybu sa zvyčajne využíva v špeciálnych prípadoch, kedy dochádza k tomuto typu namáhaniu dielca. Všeobecne by sa mohlo jednať skôr o cestné panely, alebo takýmto spôsobom namáhané stropné dielce, prípadne iné výrobky. Skúškou v ťahu za ohybu sa zaoberá norma STN EN 12390-5, kde sú presne popísané metodiky skúšania a vyhodnocovania výsledkov. Skúšky v ťahu pri ohybe sa vykonávajú spravidla na sade troch trámcov o rozmere (100 x 100 x 400) mm.

Pevnosť betónu v ťahu za ohybu je rádovo 10 x menšia ako pevnosť v tlaku, preto sa na prenesenie takéhoto zaťaženia využíva oceľová výstuž. Umiestňuje sa tomu okraju betónového dielca, kde sa predpokladajú najväčšie ťahové namáhania betónu.

Pevnosť v ťahu za ohybu polymerbetónových rímsových prefabrikátov sa stanovuje podľa STN EN 12390-5.

## 5.9 Stavebná oceľ

Diagnostika stavebnej oceľovej konštrukcie prebieha vo viacerých hlavných krokoch, a to:

- definícia vonkajších faktorov prostredia, zaradenie prostredia do kategórie podľa agresivity korózneho prostredia,
- definícia stavebnej oceľovej konštrukcie, ktorá vyjadruje chemické, mechanické a fyzikálne vlastnosti akosti ocele, a to: chemické zloženie ocele, tvrdosť ocele a rozmery a hrúbku analyzovaného prvku,
- definícia povrchovej ochrany stavebnej oceľovej konštrukcie, ktorá popisuje nasledovné parametre: druh povrchového povlaku, hrúbka povrchového povlaku, spôsob nanášania ochranného povlaku,
- analýza počiatočného stavu oceľových ríms, ktorý vyjadruje stav bez výskytu korózie,
- priebežná analýza aktuálneho stavu oceľových ríms, ktorá sa vykonáva v určitých pravidelných intervaloch z dôvodu sledovania vývoja korózie,
- záznam a vyhodnotenie analyzovaných parametrov,
- klasifikácia úbytku prierezových charakteristík na základe vyhodnotenia analyzovaných parametrov a stanovenie aktuálneho stavu oceľových ríms s ohľadom na jej zostatkovú životnosť.

Degradácia oceľových ríms vplyvom korózných procesov má zásadný vplyv na ich životnosť. Stanovenie korózneho napadnutia oceli pritom nie je jednoduchý proces, pretože priebeh korózie môže byť veľmi rozmanitý, či už sa jedná o korózne napadnutie po celej ploche konštrukcie alebo sa vyskytuje iba lokálne. Korózne napadnutie môže prenikať značne do hĺbky, príkladom je *korózia bodová*, ktorá je veľmi nebezpečná a ťažko merateľná.

Na Stavebnej fakulte Žilinskej univerzity sa zaoberáme problematikou využiteľnosti nedeštruktívnych magnetických metód na identifikáciu korózných procesov stavebných oceľových konštrukcií. Na tento účel boli analyzované vybrané nedeštruktívne magnetické metódy, vykonané prostredníctvom prístrojovej techniky *RollScanu 350* a *prístroja 3MA II*. Korózia oceľových konštrukcií je proces dlhodobý, preto sa na analýzu použili experimentálne vzorky umiestnené v soľnej komore, podrobené skúške NSS (skúška soľnou hmlou).

Na základe vykonaných experimentov sa došlo k záverom, že využitie prístroja 3MA II a jeho nedeštruktívnych magnetických metód sa javí ako nevhodná technika hodnotenia stavu oceľových konštrukcií z hľadiska korózných procesov. Naopak prístroj RollScan 350 vykazuje závislosť medzi parametrami signálu BN – Barkhausenovho šumu (najmä signál RMS) a koróznou degradáciou oceľových vzoriek, čo potvrdzuje aj korelačná závislosť medzi nimi.

Nedeštruktívna magnetická metóda Barkhausenov šum sa javí ako potenciálne vhodná metóda na analýzu oceľových konštrukcií z hľadiska korózných procesov, avšak je potrebné brať do úvahy citlivosť tejto metódy na aspekty ovplyvňujúce samotný signál BN, ako napr. drsnosť povrchu, hrúbku korodovanej vrstvy, kontakt senzora a povrchu ocele, vplyv povrchovej ochrany na hodnoty signálu BN a pod.. Aj napriek tomu nedeštruktívna magnetická metóda Barkhausenov šum vykazovala vysoké závislosti meraných hodnôt signálu, ktorý mal pre parameter RMS klesajúcu tendenciu a pre parameter PP rastúcu tendenciu. Prostredníctvom tejto zmeny signálu je možné sledovať vývoj korózneho poškodenia na stavebných oceľových konštrukciách v dlhodobom období. Keďže sa metóda Barkhausenov šum radí medzi nedeštruktívne metódy testovania, prebieha analýza stavebnej oceľovej konštrukcie bez vonkajších zásahov do konštrukcie.

Korózne procesy na stavebných oceľových konštrukciách majú za následok úbytok prierezových charakteristík prvku, čo vedie k zníženiu ich odolnosti, a to má v konečnom dôsledku vplyv na ich životnosť. Čas užívania stavebnej oceľovej konštrukcie v rámci jej životného cyklu je ovplyvňovaný stavom konštrukcie, kedy korózia prvku tento čas užívania výrazne skracuje. Keď stavebná oceľová konštrukcia dosiahne stavu, kedy ju už nie je možné užívať, hovoríme o konci životnosti v rámci jej životného cyklu.

Analýza stavu stavebnej oceľovej konštrukcie z hľadiska korózných procesov nedeštruktívnou magnetickou metódou BN umožňuje:

- monitorovanie stavu stavebnej ocelevej konštrukcie z hľadiska korózných procesov bez nutnosti zásahu do konštrukcie,
- identifikáciu korózie cez vrstvu ochranného povlaku, ktorý sa vplyvom merania neznehodnotí a ďalej plní ochrannú funkciu stavebnej ocelevej konštrukcie,
- identifikáciu korózie, nachádzajúcej sa pod povrchom prvku stavebnej ocelevej konštrukcie,
- analýzu stavebnej ocelevej konštrukcie bez negatívnych dopadov na životné prostredie,
- rýchlosť merania konštrukcie, ktorá je pre stavebné oceleové konštrukcie udávaná v jednotkách sekúnd,
- analýza kritických miest na stavebnej ocelevej konštrukcií – dobrá dostupnosť snímacieho zariadenia.

Pre využitie nedeštruktívnej magnetickej metódy BN z hľadiska korózných procesov v praxi je nutné vykonať ďalší obdobný výskum v tejto oblasti.

## 6 Miesto a spôsob odberu vzoriek na skúšanie

Odber vzoriek pre prefabrikovaný betón sa musí vykonávať v mieste a čase výroby betónu, kedy má betón pred uložením do debnenia vyhovujúce vlastnosti, najmä čo sa týka predpísanej konzistencie a obsahu vzduchu, prípadne ďalšie vlastnosti. Až po vykonaní týchto skúšok s vyhovujúcim výsledkom je možné pristúpiť k výrobe telies pre skúšky zatvrdnutého betónu. Odber vzoriek a skúšky čerstvého betónu detailne popisuje rad noriem, počínajúc STN EN 12350-1, cez STN EN 12350-2 alebo STN EN 12350-7. Skúšky môže výrobca vykonávať sám podľa technologického prepisu výroby a kontrolno-skúšobného plánu, prípadne môže využiť služby akreditovaného laboratória.

V prípade, že po 28 dňoch existuje pochybnosť o kvalite dielca, alebo v prípade dosiahnutia nevyhovujúceho výsledku skúšky zatvrdnutého betónu, je možné pristúpiť k deštruktívnym skúškam z jadrových vývrtov priamo z konštrukcie za predpokladu, že nedôjde k trvalému poškodeniu konštrukcie alebo dielca. Jadrovým vŕtaním a vyhodnocovaním výsledkov skúšok z jadrového vŕtania sa zaoberá norma STN EN 12504-1.

## 7 Nastavenie podmienok a požiadaviek

Podmienky a požiadavky na kvalitu rímsových prefabrikátov sú definované normami: STN EN 206+A2, STN EN 15050+A1, STN EN 15258 a STN EN 13369.

Materiálové zložky betónu musia preukázať svoju vhodnosť pre použitie v betóne alebo betónových prefabrikátov podľa európskych noriem alebo ISO noriem. Materiálové zložky betónu musia zodpovedať STN EN 206+A2. Pokiaľ výrobná prefabrikátov využíva znovu použité rozdrvené a recyklované kamenivo nesmie toto kamenivo negatívne ovplyvniť trvanlivosť prefabrikátu v podmienkach konečného použitia. Jeho obsah môže byť maximálne 10 % z celého obsahu kameniva. Betonárska výstuž musí vyhovovať STN EN 10080. Minimálne krytie výstuže 50 mm. Zabudované prvky a spojovacie prostriedky musia vzdorovať návrhovým zaťaženiám a mať potrebnú ťažnosť a tvárnosť.

Požiadavky na výrobu, na zloženie betónu, použité kamenivo, prísady a prímеси a odolnosť voči alkalicke-kremičitej reakcii, obsahu chloridov, obsah vzduchu a teplotu betónu definuje STN EN 206+A2. Ukladanie a hutnenie betónu musí prebiehať tak, aby nedochádzalo k vytváraniu vzduchových dutín mimo plánované množstvo (napr. pre dosiahnutie požadovanej mrazuvzdornosti), aby sa predišlo rozmieseniu a bolo zaistené správne zabudovanie výstuže. Betón musí byť chránený behom betonáže tak, aby sa zamedzilo zníženiu pevnosti a vzniku trhlin spôsobených teplotou a zmršťovaním a nežiaducim vplyvom na trvanlivosť. Všetky čerstvo vybetónované povrchy sa majú chrániť proti vysychaniu buď ponechaním betónu v prostredí s relatívnou vlhkosťou nad 65 % pre CEM I a CEM II/A a 75 % pre ostatné druhy cementov, ponechaním betónu v debnení alebo zakrytím povrchu betónu parotesnými fóliami, udržiavanie vlhkých zákrytov na povrchu betónu, udržiavanie viditeľne vlhkého povrchu betónu postrekom vodou alebo použitím vhodných ošetrovacích prostriedkov, ktoré sú v zhode s predpismi platnými na mieste použitia.

Podmienky pre zatvrdnutý betón prefabrikátov sú definované v STN EN 13369. Pevnostné triedy betónu v tlaku sú definované v STN EN 206+A2. Železobetónové prefabrikáty a prefabrikáty z predopnutého betónu musia spĺňať požiadavku minimálnej pevnostnej triedy a to: C 20/25 pre prefabrikáty zo železobetónu, C 30/37 pre prefabrikáty z predopnutého betónu s tým, že pri predpínaní

musí vykazovať minimálne 20 MPa valcovej pevnosti. Pokiaľ sa používa ľahký betón musia mať prefabrikáty z predopnutého betónu aj železobetónu minimálnu pevnostnú triedu betónu LC 16/18.

Keďže sú mostné rímsové vystavené korózií vplyvom chloridov (nie morskej vode) teda betón s výstužou alebo inými zabudovanými prvkami prichádza do styku s vodou obsahujúcou chloridy vrátane rozmrazovacích látok zatriedujeme mostné rímsové do kategórie XD3 – časti mostov vystavené postrekom obsahujúcim chloridy, chodníky, betónové povrchy parkovísk podľa STN EN 206+A2 s podmienkou na minimálnu pevnostnú triedu prvkov C 35/45, maximálny vodný súčiniteľ 0,45 a minimálna dávka cementu 320 kg na 1 m<sup>3</sup> betónu.

Mostné rímsové patria do kategórie stavieb priamo vystavených rozmrazovacím prostriedkom a mrazu, stavebné konštrukcie v blízkosti komunikácií vystavené priamemu postreku rozmrazovacími látkami. Trieda prostredia pre striedavé pôsobenie mrazu a rozmrazovania s rozmrazovacími prostriedkami alebo bez nich je podľa STN EN 206+A2 prostredie XF4 a to prostredie značne nasýtené vodou s rozmrazovacími prostriedkami. Minimálna pevnostná trieda je C 30/37, vodný súčiniteľ 0,45 a minimálna dávka cementu 340 kg na 1 m<sup>3</sup> betónu.

#### **Požiadavky na polymerbetónové rímsové prefabrikáty:**

- krytie výstuže min. 10 mm
- počet, priemer, poloha a druh výstuže podľa statického výpočtu. Čo sa týka vystuženia, dĺžka kotviacej/stykovacej výstuže vzhľadom na vyloženie prefabrikátu – platia ustanovenie normy STN EN 1992-1-1 a STN EN 1992-2
- pevnosť polymerbetónu v tlaku min. 70 MPa (podľa STN EN 12390-3)
- nasiakavosť max. 0,25 % (podľa STN 73 1316)
- mrazuvzdornosť, sučiniteľ mrazuvzdornosti po 200 cykloch min. 0,85 (podľa STN 73 1322)
- odolnosť voči CHRL min. rovnajúca sa požiadavkám na železobetónové rímsové (podľa STN 73 1326), stupeň prostredia XD3, XF4
- pevnosť polymerbetónu v ťahu pri ohybe min. 17 MPa (podľa STN EN 12390-5)
- príľnavosť povrchovej vrstvy min. rovnajúca sa požiadavkám na železobetónové rímsové (podľa STN 73 6242)
- rozmery a rozmerové tolerancie, trieda presnosti 8, tab. 1 (podľa STN 73 0220)
- tvar, vzhľad, farebná stálosť, UV stálosť (podľa STN 73 0220)
- kotevná výstuž min. Ø 10 mm.

Požadované vlastnosti a životnosť rímsových prefabrikátov musí deklarovať výrobca stavebného výrobku a sú podkladom pre výber optimálneho riešenia pre konkrétnu stavbu. Odporúčané životnosť polymerbetónového rímsového prefabrikátu je min. 50 rokov, farebná stálosť je min. 25 rokov.

## **8 Porovnanie vlastností výrobkov**

### **8.1 Doprastav**

Prefabrikované mostné rímsové od výrobcu Doprastav a.s. sú vyrobené z betónu pevnostnej triedy C35/45 pre triedy prostredí XD3 a XF4 s použitím betonárskej výstuže 10 505 (R). Univerzálne prefabrikované mostné rímsové zo železobetónu RH, RR, RD sú hutnené železobetónové prefabrikáty doskového tvaru. Typ RH má pohľadovú plochu hladkú. Typ RR sa vyrába v debnení, ktorého čelnú stranu tvorí ohýbaný oceľový profil VSŽ napr. radu 10 č. 10 002, ktorým je určený čelný rebrovaný povrch rímsové. Typ RD sa vyrába vložením dezénu do debnenia. Rímsové prefabrikáty označené ako typ A pre odrazené pruhy sú so strmeňmi vysokými 100 mm a typ B označené rímsové prefabrikáty pre chodníky sú so strmeňmi vysokými 170 mm. Prefabrikáty mostných rímsov sú navrhnuté pre konštrukcie polo prefabrikovaných mostných rímsov ako nenosené prvky, ktoré prenášajú len svoju vlastnú tiaž. Plná funkcia odkvapových nosov mostných objektov. Prefabrikáty mostných rímsov je možné tvarovo prispôsobiť požiadavkám stavby. Skladobná dĺžka prefabrikovanej mostnej rímsové je obvykle 2,0 m.



## 8.2 KŠ Prefa

Jedná sa o klasický železobetónový prefabrikát českej výroby. Štandardná výrobná dĺžka je 1990 mm pre skladobnú dĺžku 2000 mm, hrúbka dielca spravidla 120 mm a výška závislá od požiadaviek zákazníka a projektanta od (400 do 800) mm. Pohľadová plocha prefabrikátu je hladká.

## 8.3 MEA

Polymerbetónové mostné rímky MEA môžu byť navrhnuté v rôznych farbách a tvaroch, čo spĺňa nielen technické požiadavky projektanta ale taktiež požiadavky na design, keďže mostné rímky výraznou črtou mostu. Rímky sú vyrobené z polymerického betónu. Na vonkajšiu plochu je aplikovaná integrovaná ochranná vrstva z gelcoatu, ktorá je farebne voliteľná podľa požiadaviek zákazníka. Pohľadová plocha prvku môže byť hladká alebo rôzne profilovaná. Bočnice môžu byť navrhnuté tak, aby vznikol priestor pre pätky osvetlenia.

## 8.4 KOGA Bau

Polymerbetónové rímsové prefabrikáty KOGA Bau majú širokú voľbu škály farieb a tvarov. Rímsový prefabrikát na most hrúbku 40 mm, hmotnosť rímsového prefabrikátu spolu s prvkami na uchytenie rímky je od 40 kg/bm. Výrobca deklaruje nulovú nasiakavosť, odolnosť voči ropným latkám a chloridom, mrazuvzdornosť a vďaka odolnosti voči UV žiareniu aj farebnú stálosť.

Sklolaminátové GRP rímky KOGA Bau je rímsový prefabrikát pevný a odolný vysokým zaťaženiám, a to pri veľmi nízkej hmotnosti. Sklolaminát GRP aj nulovú nasiakavosť, odolnosť voči ropným latkám, chloridom a pevnosť presahujúcu betón. Tiež mrazuvzdornosť, farebnú stálosť vďaka odolnosti voči UV žiareniu a vysokú pevnosť voči namáhaniu i dynamickým zaťaženiám.

## 8.5 ŽPSV

Železobetónový doskový debniaci prefabrikát od firmy ŽPSV vyrábaný z prevzdušneného betónu pevnostnej triedy C30/37 pre stupeň vplyvu prostredia XF4, prípadne možno upraviť podľa požiadaviek projektanta. Tento doskový dielec je doplnený oceľovým kotviacim zariadením, ktoré súži k prichyteniu k mostnej konštrukcii, k nosnej železobetónovej doske. Vonkajšie pohľadové plochy sú v hladkej úprave. Vnútorňa plocha rímky, ktorá je v styku s nosnou konštrukciou je v úprave hrubý drsný betón. V tejto časti sa nachádza taktiež drážka na osadenie strateného debnenia nosnej dosky. V dielci je zabetónovaná dvojica kotviacich prvkov typu T, ktoré sú pozinkované, kde tiež vystupujú pruhy betonárskej výstuže B500B, ktorou sa kotví prefabrikovaná časť rímky k jej monolitckej. Mostné rímky majú obdĺžnikový tvar. Hrúbka dielcu je 120 mm. Vyrábajú sa v dĺžke 1990 mm a vo výškach (450, 600 a 700) mm. Rozmerové odchýlky uvedené výrobcom sú pre dĺžku  $\pm 6$  mm, šírku  $\pm 4$  mm a hrúbku  $\pm 2$  mm. Rovinatosť kontaktných plôch sa neposudzuje.

## 8.6 Porovnanie rímsových prefabrikátov

Porovnanie vlastností v závislosti typu a materiálu rímsových prefabrikátov možno na základe vlastností jednotlivých typov zovšeobecniť na porovnanie rímsových prefabrikátov železobetónových a polymerbetónových. Prvoradým porovnaním je životnosť, kde chceme dosiahnuť, aby sa životnosť rímsového prefabrikátu približovala čo najviac k životnosti ostatných častí mosta. Z praktických skúseností používaní možno konštatovať, že železobetónové rímsové prefabrikáty sa tejto životnosti približujú a pri polymerbetónových rímsových prefabrikátov to ukáže až čas reálneho používania (skúsenosti zo zahraničia hovoria o cca 20 ročných referenciách najmä z Poľska). Ďalšie vlastnosti (pevnosť v tlaku, pevnosť v ťahu za ohybu, odolnosť voči starnutiu povrchovej vrstvy, UV stálosť, priľnavosť povrchovej vrstvy, farebná stálosť, odolnosť voči CHRL, mrazuvzdornosť) musia vyhovovať príslušným TPR a projektu stavby, tieto vlastnosti deklaruje výrobca pri uvádzaní výrobku na trh, v tomto prípade na konkrétnu stavbu.

## 9 Odporúčanie použitia najvhodnejšieho typu rímsových prefabrikátov

Z pohľadu použitia najvhodnejšieho typu rímsových prefabrikátov nie je možné jednoznačne určiť najlepšiu možnosť s prihliadnutím na jednotlivé špecifiká materiálov použitých pri výrobe a vhodnosť ich použitia pre konkrétne riešenie a podmienky konečného uloženia. Z tohoto dôvodu je vždy nutné uprednostniť požadované vlastnosti dané projektovou dokumentáciou keďže každá konštrukcia je jedinečná z dôvodu veľkej variability materiálu, geometrie, stavebných postupov, zaťažení a vplyvu pôsobiaceho prostredia. Parametre vyplývajúce na výber vhodného typu rímsového

prefabrikátu sú uvedené v tabuľke 8. V budúcnosti je nutné uvažovať s novými, alternatívnymi technológiami. Predpokladáme, že inovácie v stavebníctve budú napredovať smerom k 3D tlači betónu. Jedná sa o jedinečnú technológiu, ktorá pomocou nasadenia robotizácie do stavebníctva zefektívni využívanie materiálov, tým zníži ekologickú záťaž, zníži a zefektívni čas výstavby a v neposlednom rade ušetrí prácu ľuďom. Jedná sa o technológiu, ktorá by mohla byť v budúcnosti využívaná či už vo forme výstavby in situ alebo vo forme prefabrikovanej výroby. Ďalšou výhodou tejto technológie je možnosť individuálneho prístupu a ku konkrétnej stavbe a častiam konštrukcie.

Knížnice pre BIM sú jedným zo spôsobom, ako sa môžu projektanti jednoducho a rýchlo dostať k produktovým informáciám pre svoj BIM model. Je však potrebné sa na tieto podklady pozerat' inak ako na tie ostatné, ktoré výrobcovia poskytujú, ako sú dokumenty PDF alebo výkresy v DWG formátoch. Tradičná cesta poskytovania produktových dát a projektových podkladov od výrobcov k projektantom v procese BIM totiž nefunguje. Vo svete BIM sú zásadné informácie o produktoch, a pokiaľ tieto informácie nie sú konzistentné a aktuálne, projektant ich nemôže v BIM modeli použiť a digitálny proces tak nebude fungovať.

Použitie rímsových prefabrikátov má oproti monolitickým prefabrikovaným rímsam svoje výhody aj nevýhody. K výhodám možno jednoznačne zaradiť skrátenie času výstavby, minimalizácia výroby na stavbe a tým jednoduchšia kontrola kvality, výroba vo vhodných poveternostných podmienkach. K nevýhodám patria riziká pri montáži, náchylnosť rímsových prefabrikátov k poškodeniu pri ich manipulácii, zvýšená požiadavka na kvalitu spojov prefabrikovaných prvkov, nutnosť použitia zdvíhacích mechanizmov.

Pri realizácii všetkých typov rímsových prefabrikátov je potrebné striktné dodržiavať schválený technologický postup realizácie, ktorý je v súlade s projektovou dokumentáciou, odporúčaniami výrobcu a TPR. Jeho dodržiavanie spolu s kontrolou kvality u výrobcu prefabrikátu a následne na stavbe v súlade so schváleným KSP zabezpečí technickú a technologickú správnosť realizácie a predpoklad pre bezproblémovú prevádzku mostného objektu. Pre následnú prevádzku je potrebné dodržiavať schválený, projektantom spracovaný Plán užívania (manuál údržby) stavby, ktorý je spracovaný v súlade s projektom stavby a súvisiacimi TPR. Pri nedodržaní technologického postupu a kontroly kvality môže dochádzať k nežiadúcim javom na stavbách ako je ilustračne znázornené na obrázku 5 v prípade použitia polymerbetónových rímsových prefabrikátov. Ide o nerovnomerné osadenie prefabrikátov, poškodenie prefabrikátu pri realizácii údržby, farebná nestálosť rímsových prefabrikátov.



Obrázok 5 – Nežiadúce javy na stavbách s použitím polymerbetónových rímsových prefabrikátov

### 9.1 BIM objekty

Každý zo stavebných BIM softvérov pracuje s tzv. knižničnými prvkami, ktorými je v návrhu stavby reprezentované prakticky všetko okrem hrubej stavby – teda ložiská, zábradlia, odvodňovacie zariadenia ako aj rímky, vybavenia alebo prvky pre vizualizáciu ako povrchy a textúry. Pre zjednodušenie môžeme pre náš účel nazývať všetky elementy v BIM modeli BIM objekty. Knižnice BIM objektov historicky slúžili najmä pre rýchlejšiu prácu v 2D aj 3D a uľahčovali tak prácu projektantom, pričom nemuseli obsahovať žiadne ďalšie informácie. V procese s využitím BIM sú to však práve BIM projekty, kde sú uložené informácie. Opäť pre zjednodušenie predpokladáme pre náš účel, že informácie sú vlastnosti, ktoré sa ukladajú do BIM objektov ako parametre.

### 9.2 Požiadavka stavebníka

Zoznam požadovaných vlastností pre BIM model, aj teda pre BIM objekty, určuje stavebník, ktorému pre tento účel slúži tzv. BIM protokol. V ňom sa definuje nie len požadovaný klasifikačný systém, ale aj jednotlivé vlastnosti, ktoré chce u objektov zaznamenať. Môžeme si to predstaviť ako tabuľku, kedy každý typ objektu (oporný múr, odvodňovacie zariadenia, bezpečnostné zariadenia, mostné prvky...) má určený zoznam vlastností, ktoré sa majú určitým spôsobom pomenovať a vyplniť. Ich množstvo sa môže líšiť predovšetkým typom objektu, a však stavebník dobre vie, že vyplnenie každej vlastností niečo stojí. Z toho dôvodu by sa mala od zadania odvíjať aj cena dokumentácie stavby.

Produktové vlastnosti nedodáva do BIM modelu len projektant, ale aj ďalší účastníci stavebného projektu, napr. zhotoviteľ. Pri čítaní (používaní) týchto vlastností sa neberie do úvahy, kto a ako ich vložil. Všetky informácie vložené do BIM modelu musia byť konzistentné, a tak je potrebné, aby stavebník zvolil pre svoj projekt klasifikačný systém. V SR je v túto chvíľu najdlhšie využitie dvoch klasifikačných systémov. Prvým je CCI (Construction Classification International). Druhým je SNIM (štandard negrafických informácií modelov), ktorý vytvorila Odborná rada pre BIM a ktorý už obsahuje aj návrh zoznamu vlastností pre jednotlivé typy prvkov. Vzhľadom k stavu slovenskej legislatívy, kedy ešte nie je BIM povinný pre nadlimitné zákazky, bola do štandardu SNIM v spolupráci s Asociáciou pre rozvoj infraštruktúry (ARI) už čiastočne zahrnutá aj klasifikácia pre odbor infraštruktúry.

Všetky klasifikačné systémy majú rovnaký cieľ – aby pri predávaní informácií medzi rôznymi platformami a systémami bolo jasné, ktoré BIM objekty sú ktoré. To je nutné pre jednotnosť dát v BIM modeloch, ale zároveň preto, aby informácie boli čitateľné nie len ľuďmi, ale aj strojmi. Informácie sa tak môžu spracovávať automaticky, čo je idea digitálneho BIM procesu. V praxi to pre projektanta znamená, že je dopredu definované, ako má rímso, odvodňovacie zariadenia... a ako električkovú trať, prípadne aké požadované vlastnosti týmto objektom priradiť, prípadne pre načítanie informácií pre 3D tlač.

### 9.3 Dodanie informácií: projektant alebo výrobca

Vo fáze návrhu stavby je z pohľadu stavebníka prácou projektanta, aby do BIM modelu vložil potrebné informácie. V tejto fáze taktiež vzniká najväčšie množstvo dát pre BIM model. Pre možnosť využitia BIM objektov je však potrebné sa pozrieť na túto tému z iného uhla. Teda projektant do BIM modelu vkladá. Pri bežnom pracovnom procese spravidla nesiahne hneď po konkrétnom výrobku, ale vloží do modelu všeobecný prvok, napr. rímso so správnymi rozmermi. Určenie konkrétnych výrobkov potom môže nastať kedykoľvek: po úvahe, aký výrobok je pre stavbu najlepší („Tieto rímso sa mi osvedčili na minulých návrhoch.“), po prvej konzultácii so stavebníkom („Viem, z čoho chcem stavať.“) alebo po verejnom obstarávaní na zhotoviteľa („My berieme iba túto značku, ale sme najlacnejší.“). Rozdiel medzi všeobecnou špecifikáciou a tými reálnymi je potom iba v množstve vlastností, ktoré sú k nim pripojené. Napríklad aj vo fáze štúdie môže projektant vedieť, že chce rímso konkrétnej výroby, ale ešte nie je rozhodnutý pre konkrétny typ alebo farbu, pretože to musí prediskutovať so stavebníkom. Preto je nutné, aby boli použité knižničné prvky kompatibilné – ako tie všeobecné, tak tie, ktoré dodávajú výrobcovia. To sa navyše netýka len parametrov, s ktorými užívateľ v návrhu stavby pracuje, ale aj správneho vykresľovania v 2D alebo podrobnosti v 3D zobrazení. Dosiachnutie plnej kompatibility knižných prvkov s nastavením projektovej dokumentácie v stavebnom projektovom BIM softvéri je takmer nemožné, pretože každý užívateľ má svoje zvyky a vstupujú do hry aj požiadavky stavebníka. Používanie predpripravených BIM knižníc teda často znamená vkladanie do návrhu stavby viac informácií, ako potrebuje. Vyriešiť tento problém možno tak, že užívateľ nepracuje s dopredu pripravenou BIM knižnicou, ale s produktovými informáciami, ktoré sú na geometrii nezávislé a ktoré užívateľ postupne k všeobecnej geometrii pripojuje. Môže teda vkladať jeden parameter po druhom tak, ako sa mu to hodí, a zároveň ich vymieňať za sadu parametrov, ktoré odpovedajú skutočným výrobkom a naopak. Pri odovzdávaní dokumentácie stavby potom môže byť u rôznych typov objektov rôzny zoznam parametrov, či už tých, ktoré si nadefinoval ako požiadavky, tak tých z reálnych výrobkov. Rozdielom u verejných zákaziek potom môže byť len absencia dvoch alebo troch parametrov, ktoré by konkrétny výrobok definovali, tj. názov výrobcu a výrobku, prípadne objednávacieho kódu.

### 9.4 Parametre ovplyvňujúce výber vhodného rímsového prefabrikátu

Ako je popísané v kapitole 8.6 porovnanie vlastností v závislosti typu a materiálu rímsových prefabrikátov možno na základe vlastností jednotlivých typov zovšeobecniť na porovnanie rímsových prefabrikátov železobetónových a polymerbetónových. Prvoradým porovnaním je životnosť, kde chceme dosiahnuť, aby sa životnosť rímsového prefabrikátu približovala čo najviac k životnosti ostatných častí mosta. V tabuľke 8 sú uvedené parametre, ktoré sú ohodnotené (1/najhoršie – 5/najlepšie) na základe toho aký majú vplyv na použiteľnosť a výber vhodného rímsového prefabrikátu pre konkrétnu stavbu. Ohodnotené parametre sú stanovené na základe skúseností a odborného odhadu riešiteľského kolektívu.

Tabuľka 8 – Váhy parametrov vplývajúce na výber vhodného typu rímsového prefabrikátu

Parameter / Vlastnosť	Železobetónová prefabrikovaná rímša	Polymerbetónová prefabrikovaná rímša
krytie výstuže	3	5
výstuž	4	4
pevnosť v tlaku	5	3
nasiakavosť	3	4
mrazuvzdornosť	3	4
odolnosť voči CHRL	4	4
pevnosť v ťahu	5	3
farebná stálosť	4	2
odolnosť voči nárazu	4	1
technológia výstavby	3	4
životnosť	4	2
recyklovateľnosť	4	2

## 10 Návrh a aktualizácia súčasných TPR

### 10.1 Vývoj noriem pre špecifikácie

V tomto duchu vstúpila na scénu aj nová forma STN EN 17412-1, táto norma je jedna z najnovších z Technickej komisie pre BIM, ktorá spadá pod CEN. Jej preklad do slovenského jazyka bude pripravený. Norma vysvetľuje budúci koncept práce s informáciami a definuje BIM proces, v ktorom má každá informácia daný účel. Možno u nej teda dopredu definovať, pre koho je určená, k čomu je potrebná, kto ju má dodať a taktiež v akej fáze projektu bude použitá.

Z uvedeného príkladu je zrejmé, že takýchto účelov môže existovať nespočetne a v budúcnosti ani nebude možné všetky tieto požiadavky spracovávať ručne - budú potrebné digitálne nástroje, ktoré s požiadavkami aj informáciami pracujú automaticky a užívateľom nie len šetria čas, ale zabezpečujú aj ich automatické kontroly.

### 10.2 Úlohy výrobcov

Aj keby užívateľ pracoval iba s všeobecnými BIM objektami a vkladal v celom návrhu stavby iba všeobecné špecifikácie, v niektorej z neskoršej fáze návrhu príde chvíľa, kedy sa konkrétny výrobok vyberie a dodá na stavbu. Pokiaľ chce mať stavebník dáta kompletné, bude požadovať najneskôr pre dokumentáciu skutočného realizovania stavby podľa [T1] informácie o všetkých výrobkoch dodaných na stavbu. Aby bolo možné z pozície výrobcov stavebných výrobkov poskytovať správne informácie, je potrebné vedieť, čo, ako a komu poskytovať.

V prvom rade je nutné si uvedomiť, že dáta je vôbec nutné vedieť poskytovať. To znamená, že zdroj týchto dát by mal byť v databáze výrobcu, ten by mal byť pripravený ich aktualizovať a na vyžiadanie odovzdať, rovnako ako napríklad technický list alebo prehlásenie o zhode. Zoznam vlastností, ktoré budú musieť jednotliví výrobcovia u každého produktu mať, sa odvíja od potrieb stavebníka a zatiaľ nie je rozsiahly. Ide spravidla o rozmery a základné vlastnosti výrobkov. S postupom času však budú požiadavky na informácie pribúdať, napríklad pre prípravu rôznych certifikátov alebo podrobnejších výpočtov aj analýz BIM modelu. Je to teda rovnaký proces údržby dát ako napríklad u webových stránok výrobcu.

Ďalším krokom je potom vedieť dáta poskytovať v štruktúrovanej forme tretím stranám, ktoré dáta prevedú do sveta BIM. Ako zaobchádzať sa informáciami, je koncepčne popísané v norme STN EN ISO 23386 – Informačné modelovanie stavieb a iné digitálne procesy používané v stavebníctve. Metodika pre popis, tvorbu a správu vlastností v prepojených slovníkoch. Táto norma vysvetľuje, ako dáta vytvárať, aby bolo možné mapovať vlastností jednotlivých „dátových slovníkov“, teda databázu na inú databázu, a zaistiť tak prenos dát na inú platformu. Určuje taktiež pravidlá na definovanie vlastností a zmieňuje sa aj o unikátnom identifikátore GUID, ktorým by mala byť v každej databáze jednoznačne označená každá informácia. V praxi to potom znamená, že je možné napárovať (namapovať) zoznam vlastností v jednej databáze pomocou ich indikátorov GUID na zoznam vlastností

v inej databáze. Potom môže byť na jednej strane parameter s názvom napr. odolnosť voči rozmrazovacím látkam a na druhej strane resistance to weather effects, ale vďaka napárovaniu systémov vedia, že sa jedná o tú istú vlastnosť a že má teda mať vyplnenú požadovanú hodnotu. To isté platí pre hodnoty, jednotky a ostatné položky v databáze.

Pokiaľ výrobca vie odovzdať produktové dáta, môže ich využiť nejaká platforma či nástroj, ktorý pomôže projektantovi tieto dáta použiť presne spôsobom, ktorý potrebuje.

### 10.3 Technické riešenie

V súčasnosti existuje mnoho webových stránok, ktoré poskytujú výrobcovi propagáciu ich BIM objektov. Je to však spravidla iba zoznam súborov k stiahnutiu. Ako bolo už povedané, príprava BIM objektov „dopredu“ ma veľa prekážok; nakoniec sa projektantom, ktorí majú od stavebníka jasne definovaný zoznam vlastností, vôbec nehodí. Iným spôsobom k BIM knižniciam pristupuje platforma bimproject.cloud, ktorá je jedna z mála dostupných nástrojov pre efektívnu prácu s informáciami v projekte.

Platforma je prístupná z webu na adrese <https://bimproject.cloud>, ale taktiež priamo zo stavebných projektových BIM softvérov Archicad, Revit a Allplan, a to pomocou pluginov, ktoré si užívateľ musí nainštalovať. Vo webovej verzii toho užívateľa moc robiť nemôžu, ponúka im v túto chvíľu len stiahnutie predgenerovaných BIM objektov v niektorých jazykových lokalizáciách. Oproti tomu pluginy dávajú užívateľom neobmedzené možnosti v špecifikáciách a vkladania vlastností. Na rozdiel od bežných knižníc plugin neukladá do stavebnej dokumentácie predpripravené objekty, ale vytvára ich vo chvíli, kedy ich užívateľ potrebuje – spojením všeobecnej geometrie a zvolených vlastností. Užívateľ si tak môže vytvoriť jednoduchú špecifikáciu ako „prázdny“ BIM objekt a ten postupne obohacovať o informácie. Je zrejmé, že niektoré informácie je potrebné zadať vždy, napríklad rozmery, inak by objekt nemohol byť správne zobrazený.

### 10.4 Nový prístup k Národnej BIM knižnici

Platforma bimproject.cloud obsahuje aj katalóg výrobkov a nahrádza tak pôvodný zámer Národnej BIM knižnice. Vytvorenie BIM objektov je potom technicky rovnaké ako vytváranie všeobecnej špecifikácie. Jediný rozdiel je v ponuke z konkrétnych možností daného výrobcu, napríklad vyrobiteľné rozmery a tvar ríms, dostupná paleta farieb a podobne. Užívateľia si tak môžu byť istí, že pokiaľ vymenia jeden typ za druhý, kľudne od iného výrobcu, v projekte nevzniknú žiadne parametre navyše a BIM objekt bude vyzeráť v 2D aj v 3D stále rovnako. Užívateľ si tak môže vytvoriť neobmedzené množstvo BIM objektov – svoju vlastnú BIM knižnicu. Obrovskou výhodou je taktiež možnosť prepnúť sa do jedného z desiatich podporovaných jazykov. Parametre a ich hodnoty sa potom vkladajú preložené a užívateľ nemusí riešiť, že si niekde stiahol BIM objekt v angličtine a nemá jeho českú verziu. Predgenerované BIM objekty k stiahnutiu vo webovej verzii bimproject.cloud je možné nájsť aj na webovej stránke niektorých výrobcov a sú plne kompatibilné s tými, ktoré si užívateľia vytvoria pomocou pluginov.

### 10.5 Predpisy okolitých krajín

#### 10.5.1 Poľsko

V Poľsku sa používa najaktuálnejšia norma pre požiadavky na prefabrikovaný betón PN-EN 13369. V tejto norme sa uvádzajú požiadavky, základné pracovné kritériá a posudzovanie a overovanie nemennosti parametrov (AVCP) pri uplatňovaní na nevystužené, vystužené a stlačené prefabrikované výrobky z ľahkého, hladkého alebo ťažkého betónu v súlade s normou EN 206+A2. Ďalšia norma, ktorá sa používa je PN EN 15050+A1, táto európska norma sa vzťahuje na prefabrikované konštrukčné komponenty vyrobené v továrni a používané v mostných konštrukciách, ako sú prvky panelových plošín. Zahŕňa prvky obyčajného betónu (železobetón a predpätie), ktoré sa používajú na stavbu mostov pre cestnú, železničnú a pešiu dopravu. Mostné prvky môžu byť kompletným segmentom plošiny alebo jej časťou (nosníky, dosky, rebrované alebo skriňové prvky). Poslednou normou je PN-S-10040, ktorá špecifikuje požiadavky na betón, železobetón a predpäté betónové prvky a mostné konštrukcie. Uvádzajú sa technické požiadavky na komponenty betónu,

betónovej zmesi, čerstvého a kaleného betónu, prevedenie, prepravu, kladenie a starostlivosť o betón, výstuže a lisovanie konštrukcií.

Ďalšou legislatívou je Zbierka zákonov 2000.63.735 - Nariadenie ministra dopravy a námorného hospodárstva z 30. mája 2000 o technických podmienkach, ktoré musia spĺňať cestné inžinierske stavby a ich umiestnenie.

Všeobecné technické špecifikácie (OST) pre výstavbu ciest a mostov sú štúdie obsahujúce súbory požiadaviek potrebných na určenie normy a kvality prác z hľadiska spôsobu realizácie stavebných prác, vlastností stavebných výrobkov a posúdenia správnosti výkonu jednotlivých prác. OST Roboty mostowe obsahuje 114 všeobecných technických špecifikácií vydaných v rokoch 2002-2022. V bodoch 19. a 20. je opísaná realizácia prefabrikovaných ríms z polymérneho betónu a realizácia prefabrikovaných ríms z polyester-skleneného laminátu.

### 10.5.2 Česko

ČSN EN 1991-2 stanovuje zaťaženie mostov pozemných komunikácií, železničných mostov a lávok pre chodcov od dopravy. Je zavedená do sústavy českých technických noriem od júla 2005. Je určená pre navrhovanie nových mostov a je možné ju použiť iba s ostatnými Eurokódy EN 1990 až EN 1999. Norma obsahuje požiadavky, zásady a pravidlá pre stanovenie zaťaženia mostov pozemných komunikácií, lávok pre chodcov a železničných mostov. Tento Eurokód terminologicky i metodicky nadväzuje na ČSN EN 1990.

ČSN EN 1992-1-1 sa používa na navrhovanie konštrukcií pozemných a inžinierskych stavieb z prostého, železového a predpätého betónu, a to ako z normálneho hutného betónu, tak z hutného betónu s pórovitým kamenivom. V norme sú uvedené zásady a požiadavky týkajúce sa bezpečnosti a použiteľnosti konštrukcií. Norma vychádza zo zásad pre navrhovanie konštrukcií, ktoré sú uvedené v EN 1990 a odvoláva sa v oblasti zaťaženia na EN 1991, v oblasti zakladania na EN 1997, príp. pri stavbách umiestnených v seizmických oblastiach na EN 1998.

ČSN EN 1992-2 nahradila predbežnú normu ČSN P ENV 1992-2 vrátane národného aplikačného dokumentu. Súčasťou STN EN 1992-2 je národná príloha NA k EN 1992-2, ktorá určuje národne stanovené parametre (NSP) platné pre územie Českej republiky.

### 10.5.3 Veľká Británia

BS EN 15050, táto európska norma platí pre prefabrikované betónové nosné prvky zhotovené vo výrobní a použité vo výstavbe mostov, ako prvky mostovky. Uvažujú sa vystužené aj predpäté prvky zhotovené z betónu normálnej objemovej hmotnosti, ktoré sa môžu používať na cestných mostoch, železničných mostoch a lávkach pre chodcov. Prvky mostovky zahŕňajú samostatné prvky, z ktorých môže byť mostovka zhotovená (nosníky, dosky, rebrové alebo komorové prvky) a prvky pozostávajúce zo segmentu celej mostovky. Táto európska norma poskytuje odporúčania pre prefabrikované prvky vyrobené vo výrobní alebo v blízkosti staveniska na mieste chránenom pred nepriaznivými poveternostnými vplyvmi.

### 10.5.4 Maďarsko

MSZT/MB 107 Betónové a prefabrikované betónové výrobky, sú technické podmienky pre prípravu a zhodu betónu, skúšobné metódy pre betón, železobetón a predpätý betón. Realizácia betónových konštrukcií. Štandardizácia prefabrikovaných betónových a pórobetónových a prefabrikovaných betónových výrobkov.

MSZ EN 13369, táto európska norma špecifikuje terminológiu, požiadavky, základné pracovné kritériá, skúšobné metódy a hodnotenie zhody, na ktoré sa budú vzťahovať osobitné normy pre výrobky, pokiaľ nie sú vhodné. Môže sa tiež použiť na špecifikovanie výrobkov, pre ktoré neexistuje norma. Táto norma sa môže uplatňovať aj na výrobky vyrábané v dočasných závodoch na mieste, ak je výroba chránená pred nepriaznivými poveternostnými podmienkami a kontrolovaná.

MSZ EN 15050, táto európska norma sa vzťahuje na prefabrikované betónové konštrukčné používané pri stavbe mostov. Uvažuje sa o betónových prvkoch s normálnou hmotnosťou, vystužených aj predpätých; ich využitie môže byť na cestných mostoch, železničných mostoch a lávkach. Táto európska norma odkazuje na prefabrikované prvky vyrobené v továrni alebo v blízkosti staveniska na mieste chránenom pred nepriaznivými poveternostnými podmienkami.

## 10.6 Záver

Odporúčanie použitia najvhodnejšieho typu rímsových prefabrikátov pre použitie na verejných komunikáciách v majetku štátu sa nedá jednoznačne zdefinovať. Parametre a ich váhy vplyvajúce na výber vhodného typu rímsového prefabrikátu sú uvedené v tabuľke 8. Za technické riešenie návrhu

použitia rímsových prefabrikátov ako aj ostatných prvkov mostného vybavenia vždy zodpovedá projektant. V rámci záverov RÚ sú v tabuľke 9 uvedené Požiadavky na vhodnosť, životnosť a odolnosť materiálov ríms. Z pohľadu životnosti chceme dosiahnuť, aby sa životnosť rímsového prefabrikátu približovala čo najviac k životnosti ostatných častí mosta. Z praktických skúseností používania možno konštatovať, že železobetónové rímsové prefabrikáty sa tejto životnosti približujú a pri polymerbetónových rímsových prefabrikátov to ukáže až čas reálneho používania (ich odporúčaná životnosť je minimálne 50 rokov). Netreba zabúdať ani na problematiku recyklácie materiálu ríms, kde sú napríklad pri použití polymerbetónových ríms veľmi malé skúsenosti s recykláciou ako fázou životného cyklu rímsového prefabrikátu v porovnaní so železobetónovými prefabrikátmi. Avšak aj tomto prípade musí platiť Úradný vestník Európskej únie L 88/33 z dňa 4.4.2011, kde 7. požiadavka - Trvalo udržateľné využívanie prírodných zdrojov ukladá povinnosť, že stavby musia byť navrhnuté, zhotovené a zdemolované tak, aby bolo využívanie prírodných zdrojov trvalo udržateľné a aby sa zabezpečilo najmä:

- opakované použitie alebo recyklovateľnosť stavieb, ich materiálov a častí po demolácii;
- trvanlivosť stavieb;
- používanie ekologických surovín a druhotných materiálov v stavbách.

Tabuľka 9 - Požiadavky na vhodnosť, životnosť a odolnosť materiálov ríms

<b>Materiál ríms</b>	<b>Vlastnosť</b>	<b>Podmienky pri návrhu novej konštrukcie ríms</b>	<b>Podmienky pri diagnostike jestvujúcich ríms</b>
ŽB, vysokohodnotný betón, ŽB s prímiesou polymer. vlákien, polymerbetónové.	Permeabilita, Životnosť, Určenie vplyvu prostredia, Celistvosť povrchu, Farebná stálosť, UV stálosť, Priľnavosť povrchovej vrstvy, Odolnosť voči CHRL, Mrazuvzdornosť, Pevnosť v tlaku, Pevnosť v ťahu za ohybu.	Dôraz na projektové parametre, určenie množstva polohy a profilu výstuže a hrúbky krycej vrstvy, Laboratórne skúšky vstupných komponentov ako aj beton. zmesi pri výrobe ríms v zmysle STN EN 206+A2.	Pasportizácia trhlín, Zistenie hrúbky krycej vrstvy betónu ríms a degradácia povrchu, Zistenie obsahu chloridov, Určenie hĺbky karbonatizácie betónu, Odber vzoriek pre deštruktívne prípadne nedeštruktívne laboratórne skúšky, Nasiakavosť a priepustnosť betónu, Hrúbka krycej betónovej vrstvy, Nedeštruktívne skúšky oceľovej výstuže.
Oceľové, plastové,...	Životnosť, Celistvosť povrchu, Farebná stálosť	Dôraz na výber ocele, UV stabilných materiálov, povrchovej úpravy.	Nedeštruktívne skúšky magnetickými metódami.

Ako je uvedené v [Z2] v § 43f Stavebné výrobky: „Na uskutočnenie stavby možno navrhnuť a použiť iba stavebný výrobok, ktorý je podľa osobitných predpisov vhodný na použitie v stavbe na zamýšľaný účel („vhodný stavebný výrobok“)“ a v § 43g Stavebné práce: „Ak sa podľa osobitných predpisov vyžaduje na vykonávanie určitých stavebných prác odborná kvalifikácia a zdravotná spôsobilosť, môže ich vykonávať iba fyzická osoba, ktorá má požadovanú odbornú kvalifikáciu a zdravotnú spôsobilosť. Ak sa na stavebné práce vzťahujú bezpečnostné alebo hygienické predpisy, technické normy, všeobecne zaužívané pracovné postupy a návody výrobcu stavebných výrobkov na spôsob použitia, stavebné práce sa musia vykonať v súlade s nimi“.

Teda do stavby sa môžu zabudovať stavebné výrobky podľa návrhu projektanta, ktoré spĺňajú osobitné predpisy [Z6] a [Z7], preto nemožno vylúčiť (uprednostniť) žiaden zo stavebných výrobkoch, ktorý spĺňa dané požiadavky.

Pri realizácii rímsových prefabrikátov je potrebné striktné dodržiavať schválený technologický postup realizácie, ktorý je v súlade s projektovou dokumentáciou (technickým riešením za ktoré zodpovedá projektant), odporúčaniami výrobcu a TPR. Jeho dodržiavanie spolu s kontrolou kvality u výrobcu prefabrikátu a následne na stavbe v súlade so schváleným KSP zabezpečí technickú



a technologickú správnosť realizácie a predpoklad pre bezproblémovú prevádzku mostného objektu. Pre následnú prevádzku je potrebné dodržiavať schválený, projektantom spracovaný Plán užívania (manuál údržby) stavby, ktorý je spracovaný v súlade s projektom stavby a súvisiacimi TPR.

*Návrh na aktualizáciu súvisiacich TPR:*

- doplnenie TP 059, kap. 4.3.8 Mostný zvršok, 4.3.8.4 Zisťovanie porúch ríms a chodníkov o požiadavky na vhodnosť, životnosť a odolnosť materiálov ríms v zmysle tabuľky 9 tejto RÚ,
- doplnenie TP 060, kap. 4.7.7 Mostný zvršok o požiadavky na vhodnosť, životnosť a odolnosť materiálov ríms v zmysle tabuľky 9 tejto RÚ,
- doplnenie TKP 15, kap. 4 Materiály o časť Polymerbetón (podobne ako je uvedená časť 4.14 Kompozity). V časti Polymerbetón by boli popísané možnosti použitia polymerbetónu pre mostné rímsové prefabrikáty s nastavenými požiadavkami pre polymerbetónové rímsové prefabrikáty v zmysle kapitoly 7 tejto RÚ,
- vytvorenie „Manuálu výberu vhodného typu rímsové“ ako samostatného TP, alebo doplnenie súvzťažného TP o multikritériálne rozhodovanie (rozhodovaciu analýzu) výberu vhodného typu rímsové (monolitické rímsové, železobetónovej prefabrikovanej rímsové, polymerbetónovej prefabrikovanej rímsové,...) v zmysle tabuľky 8 tejto RÚ.

*Návrh na pokračovanie výskumu a odporúčania na doplnenie problematiky v danej oblasti:*

- v rámci digitalizácie v stavebníctve a zavádzaní BIM technológií navrhujeme zriadiť knižnicu produktov, kde rímsové budú jej súčasťou,
- venovať sa technologickým možnostiam 3D tlače, ktoré budú umožňovať realizáciu priamo na stavbe ako aj atypických prvkov vo výrobe,
- veľmi dôležitá oblasť, ktorej by sme sa mali venovať sú technológie opráv a pripraviť podmienky údržby v rámci celého životného cyklu, ktoré by mali byť súčasťou Facility managementu,
- výskum v oblasti opotrebenia rímsových prefabrikátov v čase, simulácia poveternostných vplyvov, zrýchlené starnutie na stanovenie okrajových podmienok výberu najvhodnejšieho typu rímsového prefabrikátu pre konkrétne podmienky stavby.