

m 60
A 70

Hodnocení výsledků experimentálních prací

WORKSHOP KONANÝ V RÁMCI PROJEKTU NAKI II

**Analýza a prezentace hodnot
moderní architektury 60. a 70. let
20. století jako součásti národní
a kulturní identity ČR**



Projekt „Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR“, DG16P02R007, je financován Ministerstvem kultury v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity České republiky.



m 60
A 70

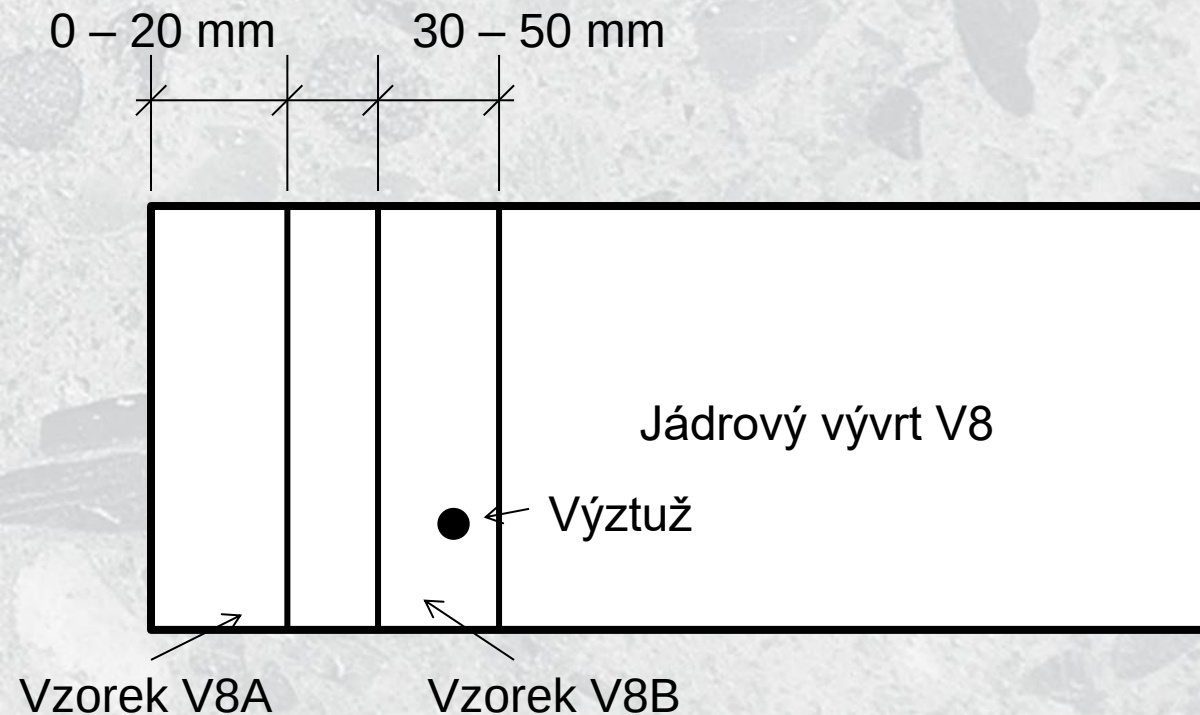
Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

Ing. Ámos Dufka, Ph.D.
Ing. Patrik Bayer, Ph.D.

1. Úvod

- Analyzovány byly betony konstrukčních prvků železobetonového skeletu budovy – tedy sloupů a průvlaků.
- Primárním cílem prováděných fyzikálně chemických analýz bylo komplexním způsobem určit složení betonu, tedy zejména pak stanovit:
 - **Druh a dávku pojiva,**
 - **Granulometrii a petrografické složení plniva.**
- Dalším z podstatných cílů prováděných analýz bylo **určit míru korozního narušení (degradace) betonu.**

Analyzovány byly vzorky z vývrtů V6, V8 (sloupy) a V10 (průvlak). Z hlediska míry degradace betonu bylo hodnoceno celkem 6 vzorků.



Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

2. Metodika prováděných analýz

Vzorky betonu byly podrobeny souboru fyzikálně chemických stanovení, jejichž výsledky umožňují komplexně analyzovat složení betonu. Provedena byla tato stanovení:

- **Chemický rozbor,**
- **Rentgenová difrakční analýza,**
- **Diferenční termická analýza,**
- **Stanovení pH betonu,**
- **Analýza mikrostruktury pomocí REM,**
- **Porozimetrie,**
- **Na separovaném vzorku kameniva – stanovení granulometrie síťovým rozbořem.**

Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

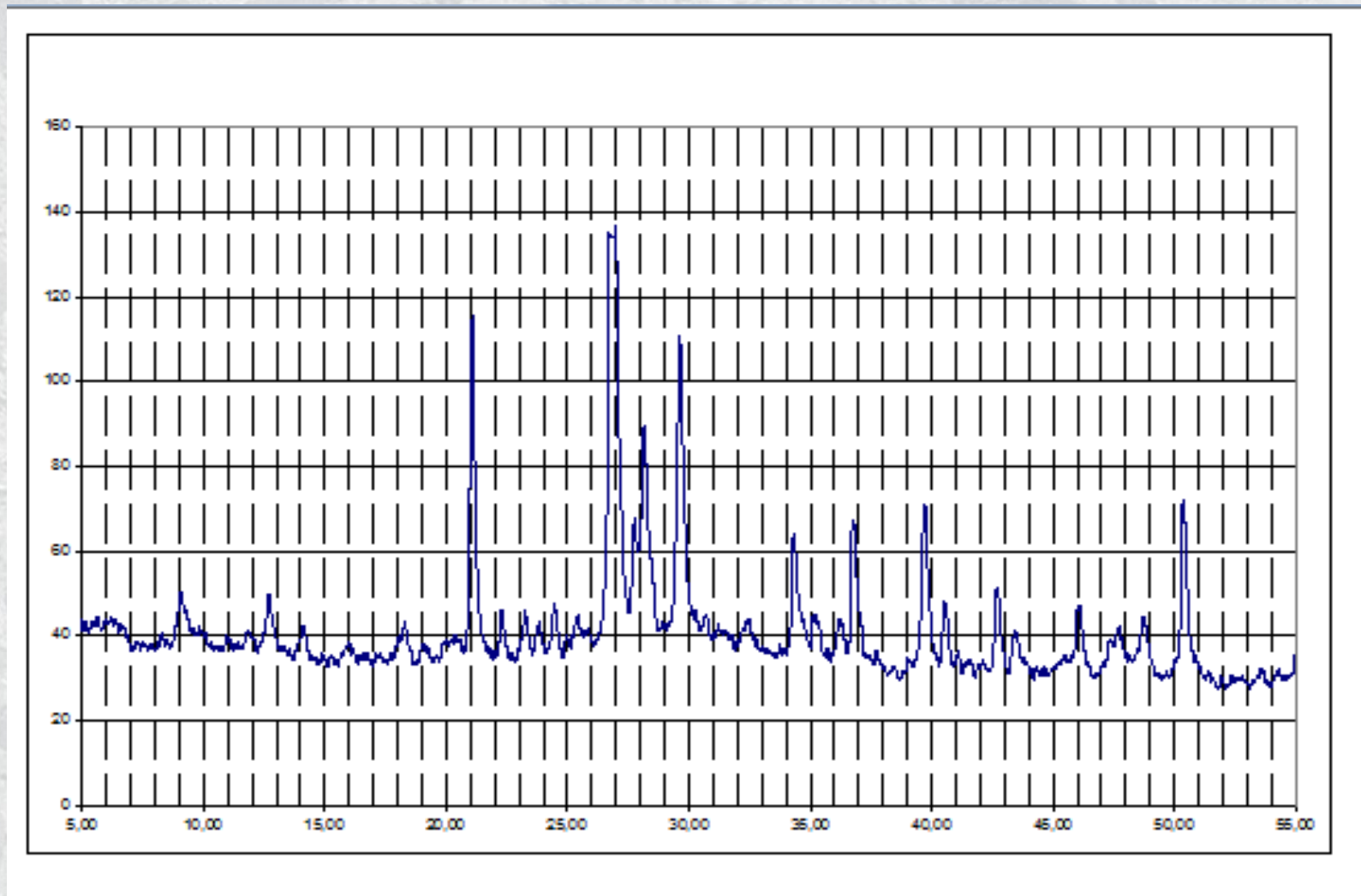
3. Výsledky provedených analýz

Výsledky chemické analýzy jsou uvedeny v tabulce číslo 1:

Označení vzorku	Nerozp. zbytek [%]	Oxid vápenatý [%]	Oxid hlinitý [%]	Oxid železitý [%]	Sírany [%]	Oxid manganatý [%]
V6A	72,14	7,92	2,36	3,68	0,21	0,141
V6B	71,63	8,13	2,51	4,11	0,17	0,099
V8A	72,51	8,74	2,84	3,96	0,28	0,126
V8B	71,36	8,11	2,14	4,23	0,24	0,174
V10A	70,85	8,52	2,65	4,03	0,36	0,121
V10B	71,96	8,07	2,71	3,74	0,19	0,133

Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

Pro ilustraci jsou výsledky **rentgenové difrakční analýzy** zachyceny na následující snímku (vzorek V6B), souhrnně jsou pak uvedeny v tabulce číslo 2:



Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

Souhrn výsledků rentgenové difrakční analýzy je uveden v tabulce číslo 2:

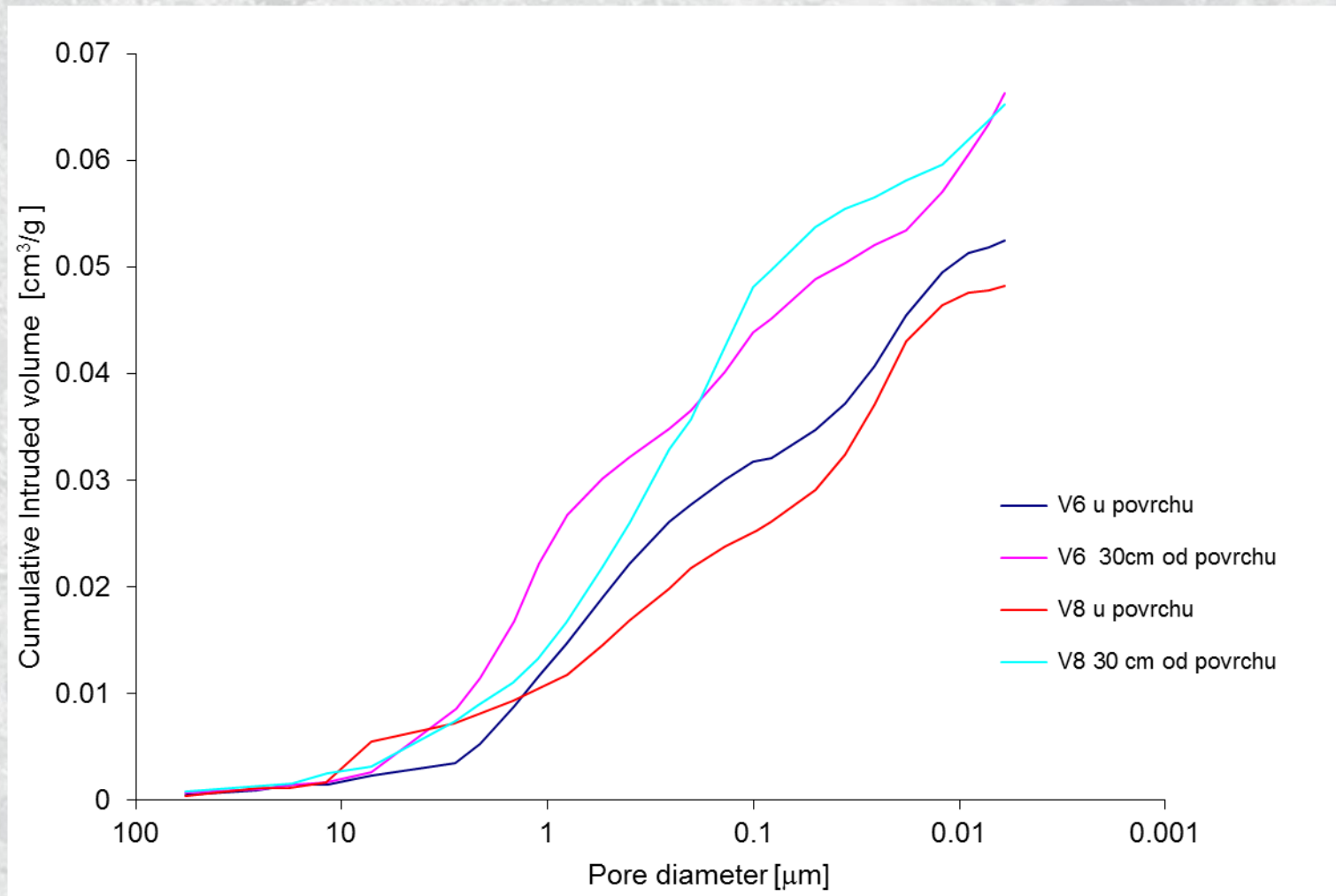
Označení vzorku	Identifikovaný minerál
V6A	Kalcit, karbonátový komplex, kalciumhydrosilikát II, β křemen, živce, jílové minerály
V6B	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, monosulfát, β křemen, živce, biotit
V8A	Kalcit, aragonit, karbonátový komplex, β křemen, živce, jílové minerály
V8B	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, monosulfát, β křemen, živce, muskovit
V10A	Kalcit, stopově portlandit, monosulfát, β křemen, živce
V10B	Kalcit, portlandit, kalciumhydrosilikát II, monosulfát, β křemen, živce

Souhrn výsledků diferenční termické analýzy je uveden v tabulce číslo 3:

Označení vzorku	Ztráta žháním [%]	Portlandit [%]	Uhličitany vápenaté jemnozrnné [%]	Uhličitany vápenaté hrubozrnné [%]	Uhličitany vápenaté celkové [%]
V6A	9,2	0,0	5,5	2,4	7,9
V6B	8,7	1,5	3,3	2,7	6,0
V8A	8,9	0,0	6,5	3,0	9,5
V8B	10,2	3,2	3,8	2,7	6,5
V10A	9,4	0,2	6,0	3,5	9,5
V10B	10,2	2,1	4,4	2,8	7,2

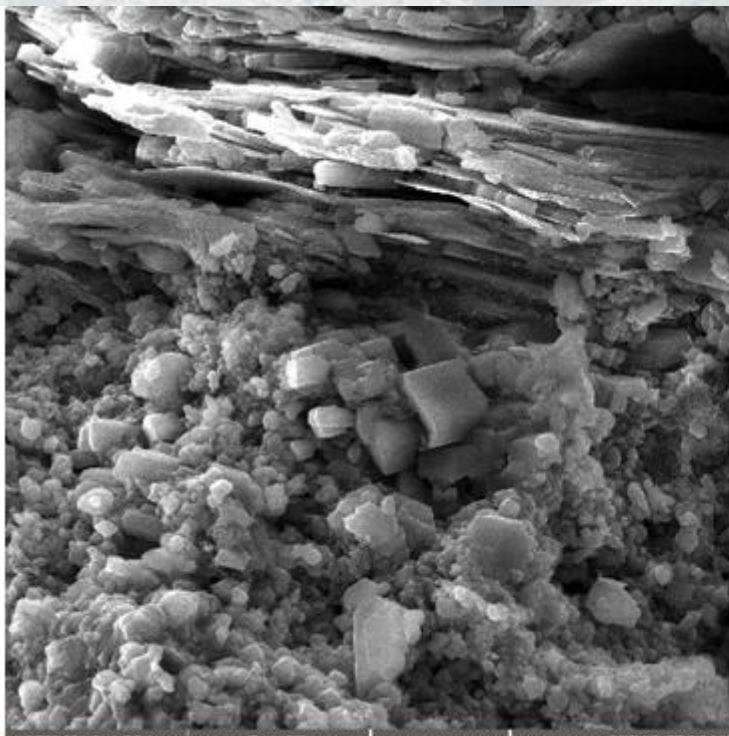
Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

Souhrn výsledků z porozimetrických měření

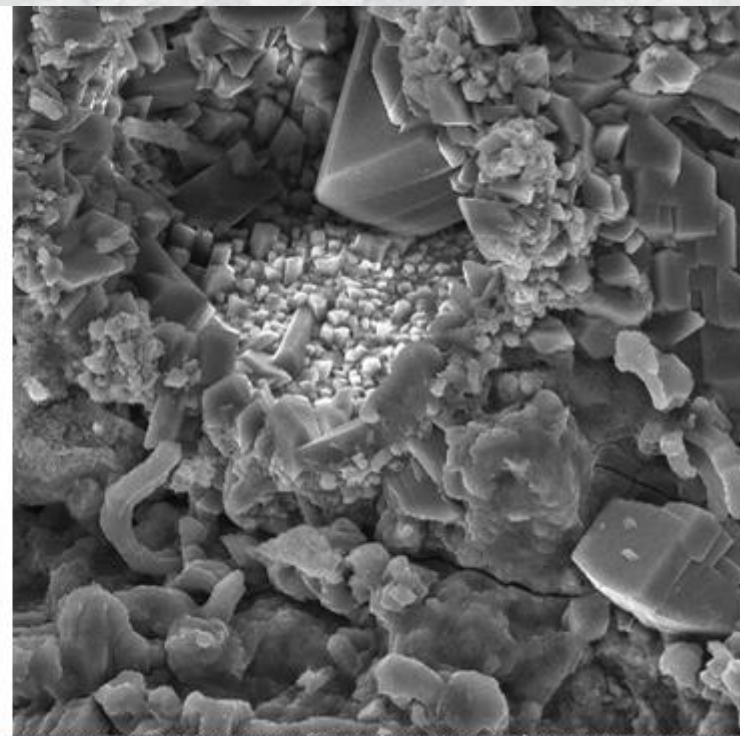


Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

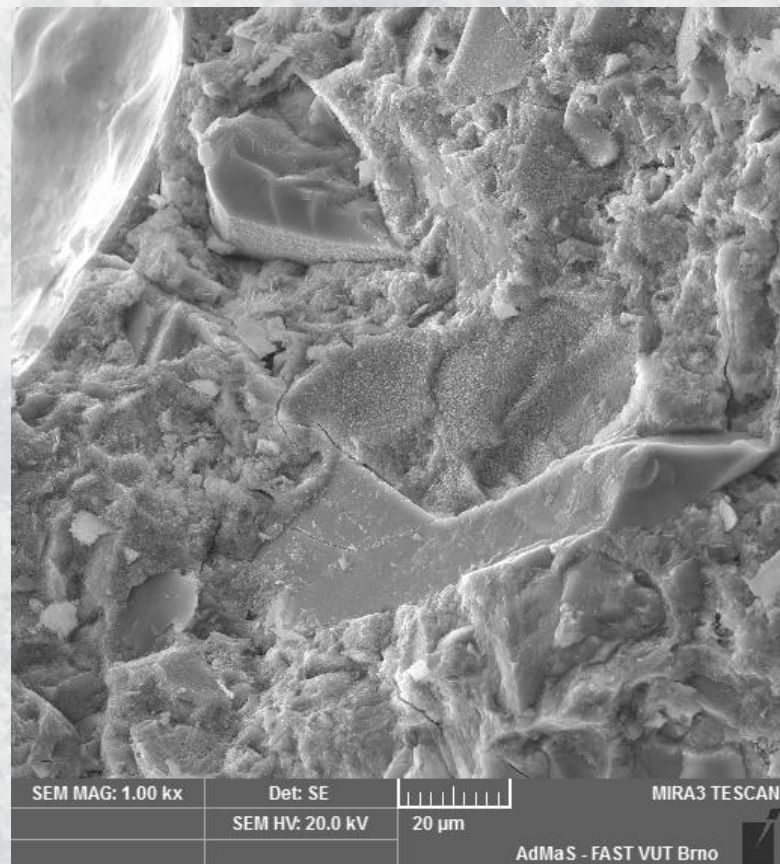
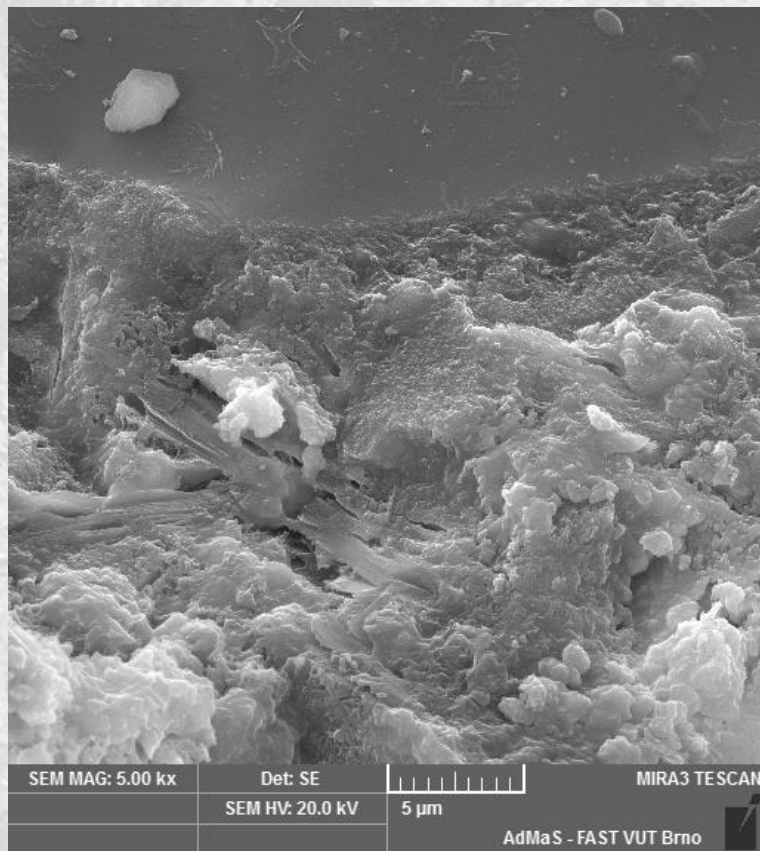
Pro ilustraci jsou výsledky analýz mikrostruktury elektronovým rastrovacím mikroskopem zachyceny na následujících snímcích:



Vzorek povrchových vrstev – V6A



Vzorek betonu z okolí výztuže – V6B



Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

4. Stanovení složení betonu

Na základě výsledků provedených analýz bylo stanoveno složení betonu následujícím způsobem:

Složka	Dávka složky na m ³ betonu
Cement (pravděpodobně směsný)	320 kg
Kamenivo frakce 0 – 4 mm	850 kg
Kamenivo frakce 4 – 8 mm	215 kg
Kamenivo frakce 8 – 16 mm	725 kg

- Dávku vody lze odhadnout na přibližně 170 až 180 litrů na m³
- Pravděpodobně byla použita plastifikační přísada na bázi lignosulfonanů

Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

5. Posouzení stavu resp. míry degradace betonu

- Jedná se o beton z interiéru budovy. Za majoritní agresivní médium z prostředí lze označit oxid uhličitý, který vyvolává **karbonataci betonu**.
- Karbonatace betonu je komplexní proces, při kterém se v důsledku změn v mikrostruktuře postupně mění mechanické vlastnosti betonu a jeho schopnost pasivovat výztuž vůči korozi.
- Dle metodiky prof. Matouška a prof. Drochytky lze proces karbonatace rozdělit do čtyř navazujících etap.

Etapy karbonatace

- **První etapa karbonatace:** Reaguje Ca(OH)_2 popř. jeho roztok v mezizrnečném prostoru s oxidem uhličitým. Hlavní fyzikálně mechanické parametry vlastnosti betonu se v tomto stadiu zlepšují.
- **Druhá etapa karbonatace:** Oxidem uhličitým jsou atakovány ostatní hydratační produkty cementu. Vlastnosti betonu v druhém období karbonatace se příliš nemění.
- **Třetí etapa karbonatace:** Překrystalizovávají dříve vzniklé uhličitánové novotvary. Fyzikálně mechanické vlastnosti betonu se během třetího období postupně zhoršují.
- **Čtvrtá etapa:** Stupeň karbonatace je téměř stoprocentní. V krajním případě může dojít ke ztrátě soudržnosti a pevnosti betonu.

Zařazení betonu do etapy karbonatace:

Označení vzorku	Konstrukční prvek	Stupeň karbonatace [%]	Stupeň modifikační přeměny [-]	Hodnota pH [-]	Etapa karbonatace
V6A	Sloup	56,2	0,44	10,4	II.
V6B		41,2	0,81	11,1	I.
V8A	Sloup	60,9	0,47	10,1	II.
V8B		44,6	0,71	11,3	I.
V10A	Průvlak	62,3	0,58	10,7	II.
V10B		50,3	0,64	11,5	I.

Stanovení složení a míry degradace betonu nosných prvků železobetonové konstrukce budovy nádraží

Závěrečné shrnutí

- Hodnocený beton svým složením, tedy jak dávkou pojiva, tak granulometrií a petrografickým složením použitého kameniva, zcela odpovídá betonům, které byly používány v daném historickém období.
- Složení betonu odpovídá pevnostní třídě C20/25.
- Bylo prokázáno, že beton v interiéru je působením okolního prostředí zasažen pouze omezeně, dosud nedošlo k poklesu jeho užitných parametrů (pevnost, schopnost pasivovat výztuž vůči korozi atd.).

Uvedené lze shrnout v konstatování, že z hlediska působení agresivních látek lze stav betonu nosných prvků železobetonového skeletu označit za stabilizovaný. Dominantní příčinou poruch u exteriérových prvků je synergické působení vlhkosti a cyklické působení mrazu.

m 60
A 70

Děkuji za pozornost