



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
Stavebná fakulta

Mgr. Michal Hrčka

Autoreferát dizertačnej práce

**Vplyv erózných činiteľov na voľbu technológie vápennej malty
pri obnove kultúrnych pamiatok**

na získanie akademického titulu:	„philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“
v doktorandskom študijnom programe:	3659 Technológia stavieb
v študijnom odbore:	35. Stavebníctvo
Forma štúdia:	externá
Miesto a dátum:	Banská Štiavnica, 2022

Dizertačná práca bola vypracovaná na:

Katedre technológie stavieb, Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Predkladateľ:

Mgr. Michal Hrčka

Katedra technológie stavieb

Stavebná fakulta STU v Bratislave

Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ:

doc. Ing. Oto Makýš,

PhD. Katedra

technológie stavieb

Stavebná fakulta STU v

Bratislave Radlinského

11, 810 05 Bratislava

Oponenti:

prof. Ing. Anton Puškár, PhD.

externý spolupracovník

Katedra konštrukcií pozemných stavieb

Stavebná fakulta STU v Bratislave

Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Ing. Milan Plevák, PhD.

Slovenský zväz stavebných inžinierov

Mýtna 29, 811 07 Bratislava

doc. Ing. Renáta Korenková, PhD.

Katedra pozemného staviteľstva a urbanizmu

Stavebná fakulta Žilinská univerzita v Žiline

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

Autoreferát bol rozoslaný: 20.6.2022

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa 26.8.2022 o 13:00 h na Katedre technológie stavieb Stavebnej fakulty STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

Dekan stavebnej fakulty

Obsah

1. ÚVOD	4
2. DEGRADÁCIA VÁPENNÝCH MÁLT	4
3. CIELE A TÉZY DIZERTAČNEJ PRÁCE	5
3.1 CIELE PRÁCE	5
3.2 TÉZY PRÁCE	5
3.2 HYPOTÉZY PRÁCE	6
4. METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA,	6
5. VÝSLEDKY PRÁCE	6
5.1 VÝBER TÉMY DIZERTAČNEJ PRÁCE - FORMULOVANIE PROBLÉMU	6
5.2 EXPERIMENT: DEGRADÁCIA VÁPENNÝCH MÁLT	8
5.2.12 SANÁCIA SKÚŠOBNÉHO MÚRU PROTI ZAVLHANIU	8
5.2.13 OŠETROVANIE MÁLT PO APLIKÁCII	10
5.2.15 SPÔSOB VYKONANIA SKÚŠOK	10
5.2.15 VÝSLEDKY EXPERIMENTU	11
5.3 ZBER INFORMÁCIÍ Z TERÉNU O TECHNOLOGII REALIZOVANÝCH KONZERVAČNÝCH AKTIVÍT	14
5.3.1 DATABÁZA SKÚMANÝCH DÁT	14
5.3.2 VÝSLEDKY ZBERU DÁT Z TERÉNU O TECHNOLOGII REALIZOVANÝCH KONZERVAČNÝCH AKTIVÍT	15
5.4 ANALÝZA ODOBRATÝCH VZORIEK V LABORATÓRIU	19
5.4.1 ANALÝZA NASIAKAVOSTI ODOBRATÝCH VZORIEK	19
5.4.2 ANALÝZA ODOLNOSTI VOČI ZMRAZOVACÍM CYKLOM	20
5.4.3 ANALÝZA REAKTIVITY ODOBRATÝCH VZORIEK NA ACIDOBÁZICKÉ ČINIDLO	22
5.4.4 VÝSLEDKY ANALÝZY V LABORATÓRIU	22
6. PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE	24
6.1 PRÍNOS DIZERTAČNEJ PRÁCE PRE VEDU	24
6.2 PRÍNOS DIZERTAČNEJ PRÁCE PRE PEDAGOGIKU	24
6.3 PRÍNOS DIZERTAČNEJ PRÁCE PRE PRAX	25
7. ZÁVER	25
8. ZOZNAM VYBRANEJ LITERATÚRY	26
9. ZOZNAM VYBRANEJ PUBLIKAČNEJ A RECENZNEJ ČINNOSTI AUTORA	28
MONOGRAFIE	28
ČLÁNKY	29
INÉ TLAČOVINY	30
VIDEÁ A DIGITÁLNE ZDROJE	30
ZOSTAVOVATEĽ - EDITOR	30
RECENZIE	30

1. Úvod

Tradičné stavebné remeslá, aj s ich stavebnými a umelecko-remeselnými produktmi, sprevádzajú ľudstvo od nepamäti. Množstvo dnes zachovaných stavieb z minulého obdobia či už stojace dodnes, alebo zachované ako torzálna architektúra, alebo archeologický nález sú nevyčerpatelným zdrojom informácií o tradičnom materiáli a sprostredkovane aj o technológiách spracovania tohto materiálu. Ich existencia je to, čomu dnes hovoríme stavebné kultúrne dedičstvo. To sa stalo súčasťou kultúrnej a národnej identity každej jednej - aj našej - krajiny a má pre nás výnimočnú hodnotu. Riadna obnova tohto dedičstva však vyžaduje dostatočné informácie o spracovávanom materiáli, ale aj o tom ako k materiálu pristúpiť a nakladať s ním (technológia). Samotná technológia narábajúca s vápnom tradične, sa dnes považuje v bežnom staviteľstve za archaickú v niektorých kruhoch až prekonanú. Historické vápenné omietky a malty, ktoré sú v tejto práci hlavnou oblasťou nášho záujmu môžu byť okrem spojiva obohatené, či už zámerne alebo nie, obsahom pucolánových alebo hydraulických zložiek. Jednou z najvýznamnejších odlišností sanácie porúch pamiatok oproti bežným stavbám je návrh maltovej zmesi. Najviac škôd na historických stavbách bolo u nás v posledných desaťročiach spôsobených nevhodným použitím portlandského cementu bez správneho vedenia a dohľadu. Okrem porušenia zásady reverzibility tu, najmä v prípade hĺbkových škárovaní a iniektáží vonkajších stien, dochádza aj k vážnym vplyvom na ostatné materiály (nevhodný pomer spojív spôsobuje väčšia zmrázivosť mált a tým aj vyššia náchylnosť na tvorbu trhlín a mikrotrhlín v nich - obzvlášť v spojení s kamennými murivami, iná tepelná rozťažnosť, väčšia paronepriepustnosť a pod.).

2. Degradácia vápenných mált

Stavebné konštrukcie sú počas celej doby životnosti vystavené mnohým negatívnym vplyvom a javom. Degradáčne procesy štartujú už v okamihu založenia stavby a nemôžu byť nikdy úplne zastavené, avšak dajú sa spomaliť a značne obmedziť. Rovnako tak podliehajú degradácii a starnutiu vnútornej a vonkajšej omietky a malty, v prvom rade sa jedná o estetický problém, avšak dôležitejšie je, že narušenie celistvej povrchovej vrstvy umožní ľahšie preniknutie vlhkosti dovnútra stavebnej konštrukcie, a tým degradačné procesy urýchlia. Z tohto dôvodu je dôležité navrhovať také materiály s vysokými úžitkovými vlastnosťami, ktoré tieto vplyvy eliminujú, a predĺžia tak dobu medzi vykonávaním opráv a technický život celej konštrukcie. Degradácia stavebných materiálov a ich prirodzené starnutie sú pre technický stav stavieb nebezpečné, avšak pre pamiatkovú starostlivosť častokrát v určitej miere žiadúce - patina. Pri obnove historických budov sa vždy hľadá kompromis medzi odolnosťou, vzhľadom a kompatibilitou.

Vápenné malty a omietky sú heterogénne, zložené z rôznych zložiek s rozdielnym koeficientom teplotnej rozťažnosti. Vplyvom pôsobenia teploty na ne pôsobí rozdielna rozťažnosť rozdielna zmena objemu a vzniká tak porušenie materiálu. Rozdielny teplotný gradient medzi povrchom a vnútornými vrstvami spôsobuje vznik trhlín. Trhliny tak spôsobujú pokles pevnosti a zároveň sa znižuje odolnosť proti následnej chemickej a fyzikálnej korózii. Zrážková voda obsahuje plyny z ovzdušia - CO₂, SO₂ a iné, s nimi vytvára kyseliny, ktoré z dlhodobého hľadiska poškodzujú malty a omietky. Taktiež môže hnaná

vetrom strhávať častice prachu a drobné zrnká murovacieho materiálu a mált a spôsobovať tzv. veternú eróziu. Voda môže kondenzovaná na povrchu, alebo v póroch pri zamrznutí na ľad má o 9 % väčší objem ako kvapalná voda a následným kryštalizačným tlakom sa poruší štruktúra mált a omietok. V minulosti sa v remeslách súvisiacich s vápnom spomínal doba vhodná pre exteriérové práce „od Juraja po Michala¹“. Malty spracované v tomto období mali mať dostatočný časový priestor zníženie obsiahnutej vlhkosti a nábeh pevnosti. Nadmerná vlhkosť zároveň podporuje existenciu živých organizmov - baktérie, riasy, lišajníky. Difúzia vodnej pary cez stenu či budovu zvnútra budovy smerom von môže podliehať vnútornej kondenzácii, rozvoju húb a plesní a zníženiu únosnosti. Živočíchy pôsobia na vápenné malty a najmä svojimi výlučkami. Či už ide o exkrementy vtákov - vznik kyselín. Domáce zvieratá a človek - zasolenie najmä v soklových partiách. Nezanedbateľný je aj nechemický vplyv napríklad Murárik červenokrídly, alebo Murárik skalný poškodzuje vrstvy omietok a mált vyzobávaním hmoty. Nezanedbateľné je aj pôsobenie človeka, ktorý svojím pohybom dokáže deštruovať vnútornú štruktúru murív a mált.

3. Ciele a tézy dizertačnej práce

Zo súhrnu predchádzajúcich kapitol je zrejmé, že aj taká pre remeselníkov v minulosti jednoduchá vec akou je správne realizovanie technológie vápenej malty nám dnes robí problémy. Dôvodom je popísané pretrhnutie kontinuity jej používania a tiež nedostatočné overenie nových teoretických poznatkov v praxi.

Potreba ďalšieho zberu dát a aplikovaného výskumu však presahuje rozsah tejto práce.

3.1 Ciele práce

1. Experimentálne skúmanie vplyvu erózných činiteľov na modifikované vápenné malty.
2. Formulovanie technologických odporúčaní pre budúcu konzerváciu konštrukcií objektov pamiatkového záujmu vápennými produktmi.

3.2 Tézy práce

1. Analýza súčasného stavu využívania technológie vápenných mált na Slovensku a v zahraničí.
2. Syntéza poznatkov o vplyve erózných činiteľov na vápenné malty
3. Realizácia experimentov na skúšobnom múre in situ a na odobratých vzorkách in labo.
3. Vzájomné porovnanie (komparácia) stavu vzoriek skúšobného múru v priebehu viacerých rokov.
4. Zber informácií z terénu o technológii realizovaných konzervačných aktivít v priebehu posledných rokov a vyhodnotenie zozbieraných informácií.
4. Vyhodnotenie účinnosti rôznych súčasných prímiesí do vápenných mált
5. Návrh správneho technologického postupu prípravy a aplikácie vápenej malty

¹ od 24. apríla do 29. septembra

3.2 Hypotézy práce

Práca hodnotí rôzne prístupy ku príprave, aplikácií a ošetrovaniu vápenných mált. Snaží sa tieto poznatky overiť v praxi na skúšobnom múre a na súbore dát z terénu. Pre tento výskum boli preto vybrané a formulované nasledujúce hypotézy, ktoré bolo treba overiť a tým pádom potvrdiť alebo vyvrátiť.

1. Vhodne zvolené aditívum do mált so správnou technológiou prípravy malty predlžuje jej technický život.
2. Vápenné malty sami o sebe nemajú dostatočnú pevnosť v tlaku aj ohybe, z toho dôvodu spôsobujú zmrazovacie cykly ich nenávratnú deštrukciu.
3. Následné ošetrovanie vápenných mált zlepšuje ich vlastnosti
4. Pridanie cementov do vápenných mált zhoršuje ich fyzikálne a estetické vlastnosti potrebné pre obnovu historických murív.
5. Vhodná sanácia vlhkosti prízemných múrikov predĺži technický život muriva zhotoveného na akúkoľvek maltu.

Hypotézy je potrebné v ďalších krokoch buď potvrdiť alebo vyvrátiť s pomocou vhodne zvoleného experimentu a zberu dát.

4. Metodika práce a metódy skúmania,

Dobрым podkladom pre riešenie zadania je autorova osobná dlhoročná skúsenosť s vápennými technológiami doplnená skúmaním príslušnej literatúry. Dá sa povedať že aktéri venujúci sa tejto téme sa v poslednej dobe vzácné zhodujú na použití vápenných mált ako najvhodnejšej hmoty pre konzerváciu stavebných pamiatok.

Na základe poznatkov zo štúdia bol stanovený základný predpoklad, že vhodne zvolená spôsob a postup aplikácie vápenných mált s následným vhodným ošetrovaním a sprievodnými stavebnými zásahmi môže významne predĺžiť technický život mált a omietok. Či už ide o múry, omietky, alebo o nátery.

Výsledkom analýzy zaoberajúcej sa odporúčaniami prípravy vápenných mált bolo zadefinovanie cieľov a tiež predmetnej dizertačnej práce. Pri plnení cieľov boli využité najmä vedecké metódy, ktorých súčasťou bol rad experimentov realizovaných in situ na konkrétnej pamiatke kláštora Sv. Kataríny v Naháči, kde boli vzorky zámerne ponechané rôznej miere deštrukcie aby bolo možné dlhodobým pozorovaním odčítať rôzne zmeny pri rôznych technológiách, receptúrach a spôsoboch ošetrovania. Aplikácia poznatkov získaných zo štúdia, praxe a literatúry v kombinácii s výsledkami experimentu, laboratórnym zisťovaním a analýzou dát z terénu priniesla možnosť presne stanoviť technológiu vápenných mált pre konzerváciu historických objektov.

5. Výsledky práce

5.1 Výber témy dizertačnej práce - formulovanie problému

Základným impulzom pre výber takto špecializovanej témy pre túto dizertačnú prácu, nadviazanú na stavebné dedičstvo minulých generácií, boli technologické komplikácie s použitím vzdušného vápna v rokoch 2011-2012 na Slovensku. Počas tohto zimného

obdobia z nepochopiteľných dôvodov došlo k značnej erózii vápenných mált použitých najmä na západnom a strednom Slovensku. Poškodené boli murivá a omietkové vrstvy pri ktorých bolo použité vzdušné vápno aj napriek tomu, že v minulých rokoch, za použitia rovnakého materiálu a technológie prečkali vápenné produkty zmrazovanie počas zimných mesiacov bez ujmy, alebo v prípade nezastrešených objektov s výrazne menšou ujmu.



Obrázok 1 Konzervovaná torzo kostola v Podhoranoch - Sokolníkoch, rok 2013, foto: autor

Jedným z príkladov poškodenia bolo aj torzo objektu pôvodne románskeho kostola (obr. 1) v Podhoranoch - Sokolíkoch² na ktorého konzervácii autor tejto práce spolupracoval so svojím školiteľom. Po základnom prieskume u subjektov spracúvajúcich vápno a vápenné produkty tradičným spôsobom boli zistené podobné ojedinelé medziročné anomálie aj na iných konzervovaných objektoch: Hrad Gýmeš a Kláštor s kostolom Katarínka. Nakoľko však nebolo možné podrobiť vzorky mált skúmaniu ani sme nemali dostatočné meteorologické podklady, v závere nebolo možné exaktne zodpovedať otázku čo spôsobilo nadmernú degradáciu vápenných produktov.

Na získanie faktami a výskumom podložených odpovedí bol k téme spracovaný základný výskum a jeho kompletne výsledky budú zapracované do dizertačnej práce. Základnou informačnou bázou pre úspešné vyhodnotenie zadanej témy sú praktické skúsenosti, vedomosti a informácie zo základného výskumu, ktorý autor práce realizoval priebežne na viacerých hradných lokalitách a zrúcaninách historických stavieb. Práve týmto smerom zamerali pozornosť. Dôvodom je ideálne skĺbenie rôznych druhov vápenných mált,

² Pôvodná románska stavba až z 11. storočia mala obdĺžnikovú loď zakončenú polkruhovou apsidou. Kostol mal na západnej strane emporu, ktorú niesli dva piliere. V južnej stene bol zistený ústupkovitý portál. Lokalita bola dlhodobo nevyužitá, ruiny v dôsledku neúdržby takmer 40 rokov chátrali.

omietok, náterov či iných produktov na báze vápna v spojitosti s výraznými eróznymi vplyvmi, ktoré pôsobia na nezastrešenú, či inak v minulosti oslabenú stavbu. Pre zber informácií je prínosným aj autorovo praktické pôsobenie na stavbách³, rôzneho charakteru v rôznych nadmorských výškach a rôznom stave.

5.2 Experiment: degradácia vápenných mált

Dôležitým pilierom získavania dát je experiment, ktorý prebieha od roku 2015 v spolupráci s OZ Katarínka na kláštore sv. Kataríny pri Dechticiach⁴. Konzervácia vonkajšieho múru kláštora na ktorý pôsobia erózne činitele z viacerých strán bol ideálnym miestom pre základný výskum. Na murivo pôsobila zvýšená vlhkosť zo všetkých strán. Zo zadnej strany od zásypu zrútenej stavby a zo strany základov boli murivá dotované vlhkosťou neustále. Rozhodnutie pristúpiť k tomuto experimentu padlo u investora vzhľadom na dlhodobé negatívne skúsenosti s konzerváciou nízkych prízemných múrikov modifikovanou vápennou maltou s pridaním bieleho cementu. Ukázalo sa, že táto nedokáže dostatočne odolávať špecifickým podmienkam, kde na murivo pôsobí vlhkosť zo všetkých strán a dlhodobo. Ložná malta v tomto prípade rýchlo degraduje.

OZ Katarínka⁵ mala v minulosti s podobným experimentálnym overovaním už skúsenosti. V spolupráci s Ing. Vladimírom Kohútom realizovali od roku 2003 experiment zameraný na konzerváciu koruny múrov v prostredí torzálnie zachovaných stavieb. „Vápenná malta nevykazuje vhodné vlastnosti na vrchné ukončenie múrov a už po jednej sezóne vplyvom striedania teplôt a zmrazovacích cyklov - obzvlášť pri pokrytí snehovou „špongiou“ dochádza ku rozdrobovaniu. Toto nastáva tiež v prípadoch, ak zmes obsahuje málo väčších zŕn plniva a priveľa prachovej zložky. Preto od roku 2006 (po vyhodnotení experimentu z r. 2003 dokazujúcom vhodnosť riešenia) koruny múrov zatravnávajú pôvodným trávovým substrátom, odloženým pri rozoberaní narušených korún múrov“⁶.

Na skúšobný múr na zrúcanine kláštora Katarínka bola aplikovaná konzervačná metóda s rekonštrukčnými prvkami za použitia vápenných mált. Pôvodne barokové murivo dĺžky 20mb, bez vchodu do kláštora 18mb, bolo rozdelené na 14 blokov⁷ výšky 1000 mm. Jednotlivé bloky boli konzervované za pomoci rôznych vápenných mált s rôznymi prímiesami (vzorky): bez prímies, tehlová drvina, metakaolín, trasový cement, zeolit, biely cement

5.2.12 Sanácia skúšobného múru proti zavíhaniu

Aby sme overili vplyv zvlhčania na murivá zo strany svahu, boli vzorky 1-4 izolované zo zadnej strany proti vlhkosti ílovým zhutneným zásypom. Vzorky 5-11 boli ponechané bez izolácie proti vlhkosti zo zadnej strany a boli prisýpané lokálnou sutinou. Vzorky 12-14 boli znovu izolované ílom.

³ od roku 2012 ako autorizovaný stavbyvedúci Slovenskej komory stavebných inžinierov

⁴ Táto spolupráca by nebola možná bez osobného vkladu Ing. Petra Hercega, predsedu OZ Katarínka.

⁵ <https://www.katarinka.sk>

⁶ <https://www.katarinka.sk/klaster-katarinka/odborne-prace-a-vyskum/pamiatkova-obnova-a-technologie/>

⁷ Z toho 12 konzervovaných blokov a 2 kontrolne bloky.

Obrázok 2: Analýza vplyvu erózných činiteľov, pôsobiacich na starnutie konštrukcií, pracovná tabuľka s prenesenými dátami z terénu. Na ďalšej strane je vložená skladná príloha. reprofoto: autor

5.2.13 Ošetrovanie mált po aplikácii

Na jednu vzorku pripadalo 1,39m muriva. Na vytipovanom mieste bol ponechaný (kontrolný blok) bez rekonštrukcie / konzervácie. Časti murované z mált nadstavených rôznym spôsobom boli po uzavretí koruny ošetrované nasledujúcim spôsobom (0,46 mb na jeden spôsob ošetrovania vzorky) (obr. 3):

- bez prekrytia a rosenia
- rosený povrch a prekrytie celtovinou
- zatrávnenie trávovými drnmi



Obrázok 3: Konzervované bloky muriva s aplikovaným rôznym spôsobom ošetrovania koruny, október 2015. foto: autor

5.2.15 Spôsob vykonania skúšok

Na murovacích maltách experimentálneho múru, ktorý bol súčasťou zrúcaniny kláštora boli hodnotené nasledujúce kritéria prostredníctvom skúšok.

Reaktivita malty na povrchu

Bola preverovaná hodnota PH jeden až tri mesiace po aplikácii mált. Skúškou nanesením acidobázickým indikátorom fenolftaleínom dňa 9.10.2015. Tento údaj bol dôležitý pre potreby hodnotenia schopnosti karbonatácie jednotlivých mált pod korunou prekrytou celtovinou a zatrávnením. V prípade zatrávnenia bolo v mieste potreby karbonatácie trvalo vlhké prostredie. Do databázy sa zaznačoval údaj ako: Reaguje = A = 0, Nereaguje = N = 1.

Hĺbka karbonatácie v mm

V rovnakom termíne 9.10.2015 bola skúškou nanesením acidobázickým indikátorom Fenolftaleínom kontrolovaná hĺbka karbonatácie v mm nástrekom nasýteného roztoku indikátoru v liehu. Následne sa bola zmeraná hĺbka v mm. Vzorky boli odobraté z koruny múru. Za korunu múru pre účely experimentu pokladáme horný úsek muriva v pohľadovej výške 200-300 mm.

Pevnosť koruny

Tento druh skúšky bol realizovaný ako orientačný pre potreby porovnania jednotlivých vzoriek v termíne 6.7.2018 a 26.9.2019. Prípadne odchýlky a zistenia boli zároveň doplnené do poznámky. V databáze boli samostatne hodnotené ošetrované a neošetrované úseky (tretiny: zatrávnenie, prekrytie bez ošetrovania). Tiež je dostupný priemer týchto meraní. Bodové hodnotenie na „školskej škále“ 1-5. 1 = najvyššia odolnosť voči vrypu, 5 = najnižšia odolnosť voči vrypu.

Dilatačné praskliny koruny

Spolu s pevnosťou sa hodnotili aj trhliny/praskliny v korune. Prípadne anomálie mimo bodového hodnotenia boli vyznačené v poznámke. Bodové hodnotenie na „školskej škále“ 1-5. 1 = najvyššia miera trhlín v porovnaní, 5 = najnižšia miera trhlín v porovnaní.

Pevnosť v polovici výšky múru

Vo výške 50cm nad okolitým terénom bola v termíne 6.7.2018 a 26.9.2019 realizovaná orientačná skúška pevnosti vrypom pre potreby porovnania jednotlivých vzoriek. Prípadne odchýlky a zistenia boli taktiež doplnené do poznámky. Bodové hodnotenie na „školskej škále“ 1-5. 1 = najvyššia odolnosť voči vrypu, 5 = najnižšia odolnosť voči vrypu.

Pevnosť pri zemi

Rovnako ako v prípade skúšky „Pevnosť v polovici výšky múru“ sme hodnotili pevnosti vrypom pre potreby porovnania jednotlivých vzoriek. V tomto prípade však do 100 mm nad okolitým terénom. Bodové hodnotenie na „školskej škále“ 1-5. 1 = najvyššia odolnosť voči vrypu, 5 = najnižšia odolnosť voči vrypu.

Vyplaveniny Ca(OH)_2 na CaCO_3

Posledným orientačným testom boli vizuálne porovnanie vplaveného neskarbonizovaného hydroxidu vápenatého následne karbonatovaného na povrchu za vzniku CaCO_3 . Bodové hodnotenie na „školskej škále“ 1-5. 1 = najvyššia miera vyplavenín v porovnaní medzi vzorkami, 5 = najnižšia miera vyplavenín v porovnaní medzi vzorkami.

Spracovateľnosť

V poznámke bolo pri niektorých vzorkách uvedené opisne aj kritérium dobrej spracovateľnosti a jednoduchej aplikácie konkrétnej modifikovanej malty. Informácia pochádzala od remeselníka, ktorý maltu spracovával a bola v porovnaní s inými vzorkami interpretovaná osobou zodpovednou za práce.

5.2.15 Výsledky experimentu

Náš experiment zameraný na prízemné múriky rozšíril overovanie konzervácie korún a overil vhodnú kombináciu murovacej malty a ošetrovania muriva pred nepriazňou poveternosti a slnečného žiarenia. Taktiež nám mal poskytnúť odpovede na vplyv kontinuálneho vlhnutia na zadnú stranu múru.

Hĺbka a priebeh karbonatácie

Prvé údaje boli v podobe zisťovania hĺbky karbonatácie acidobázickým indikátorom Fenolftaleínom 9.10.2015 (v niektorých prípadoch pár týždňov po aplikácii)

Tabuľka 1 Hĺbky karbonatácie a reaktivita povrchu overená acidobázickým indikátorom Fenolftaleínom - 9.10.2015 na skúšobnom múre

číslo	označ.	názov bloku / aditíva	hĺbka	reaktivita povrchu
1	ČV-I	čisté vzdušné vápno	10	Nie
2	TH-I	tehlový prášok / drvina	0	Áno
2	MK-I	metakaolin	5	Nie
4	TC-I	trassový cement	3	Áno
5	ČV-S	čisté vzdušné vápno	10	Nie
6	TH-S	tehlový prášok / drvina	0	Nie
7	MK-S	metakaolin	3	Nie
8	KB-S	kontrolny blok -	100%	
9	BC-S	biely cement	0	Nie
10	TC-S	trassový cement	0	Áno
11	ZC-S	zeolit	0	Nie
12	BC-I	biely cement	0	Áno
13	ZMK-I	metakaolin	4	Nie
14	KB-I	kontrolny blok -	100%	

Údaje poukazujú na reaktivitu vzoriek na povrchu v prípade cementu a terasového cementu. Vápenná malta a malta s aditívami zeolit a metakaolín na povrchu nereagovala. Najlepšiu hĺbku karbonatácie vykazovala čistá vápenná malta 10 mm, nasleduje 5, 4 a 3 mm. Tehlový prach, biely cement, trasový cement a zeolit nevykazovali žiadnu karbonatáciu. Toto môže byť spôsobené konkurenčnosťou hydraulickej reakcie a karbonatácie. Zaujímavá je hĺbka karbonatácie vzorky s aditívom metakaolín. Miera karbonatácie je porovnateľná s maltou bez aditív. Predpokladáme, že to môže súvisieť s nižším difúznym odporom malty s metakaolínom v porovnaní s maltami s inými hydraulickými prísadami. Vzdušné CO₂ je schopné penetrovať v kratšom čase hlbšie pri rýchlejšom postupe karbonatácie. Vplyv môže mať aj rýchlejší priebeh hydraulickej reakcie v prípade aditíva metakaolín, čo by však vyžadovalo ďalší materiálový výskum.

Vyplaveniny

Počas testovanie sme hodnotili aj mieru vyplavenín neskarbonatovaného Ca(OH)₂ a jeho následnú zmenu na CaCO₃. Malty bez hydraulickej schopnosti vykazovali menšiu mieru vyplavenín. Malty s hydraulickou schopnosťou a nízkym difúznym odporom vykazovali taktiež nízku mieru vyplavenín, čo pravdepodobne súvisí s zákonitostami opísanými v predchádzajúcom odstavci „Hĺbka a priebeh karbonatácie“. Paradoxne v niektorých prípadoch neizolované muriva so zvýšenou mierou zvlhnutia zvyšujú počet karbonatačných cyklov, alebo poskytujú dostatok vlhkosti pre hydraulickú reakciu pokiaľ ho neposkytne ošetrovanie mált.

Pevnosť a mrazuvzdornosť

Ďalšie dáta sme získali postupne v podobe správania sa koruny muriva a maltových škár po zmrazovacích cykloch prvého zimného obdobia v rokoch 2018 a 2019. Podrobné údaje sú uvedené v prílohe.

Jednotlivé úseky boli podrobené sérii hodnotení in situ v období od 10. júla 2015 do 26. októbra 2019. Výsledky boli vyhodnotené na základe nasledujúcich kritérií:

- Reaktivita povrchu malty (testovaná pomocou fenolftaleínu)
- Hĺbka karbonatácie v mm (testovaná fenolftaleínom) na odlomenej vzorke
- Pevnosť koruny (vryp)
- Pevnosť koruny priemer zo zvolených ošetrovaní koruny
- Pevnosť muriva v strednej výške (vrypom)
- Pevnosť pri zemi (vrypom)
- Dilatačné trhliny korunky (okulárne)
- Premena Ca(OH)_2 na CaCO_3 stupeň karbonizácie (okulárne) - vyplavenie

Výsledkom testovania a pozorovaní bolo zostavenie odolnosti vzoriek voči zmrazovaniu. Hodnotenie na škále 1-5 (1 najlepšie).

Tabuľka 2 odolnosť vzoriek po sérii zmrazovacích cyklov

Číslo	Názov vzorky	Priemerný rating
07	metakaolín	1
13	metakaolín	1
11	zeolit	1,58
03	metakaolin	1,50
10	trassový cement	1,78
05	čisté vzdušné vápno	1,82
06	tehlový prášok	2,13
08	biely cement	2,13
10	trassový cement	2,30
04	trassový cement	2,30
02	tehlový prášok	2,47
12	biely cement	2,38
01	čisté vzdušné vápno	3,10

Počas zberu dát sa podarilo identifikovať hlavné erózne činitele pôsobiace na vápenné produkty. V prípade malt a omietok sú tieto veľmi podobné, boli rozdelené podľa spôsobu pôsobenia na vnútorné a vonkajšie a podľa času pôsobenia na realizačné a porealizačné. Sú to napríklad (zmrazovacie cykly počas realizácie a po nej, obsah vodorozpustných solí v maltách a murivách či okolí, pohyby nosiča, veterná erózia a iné)

Ošetrovanie malt

Prekrytie koruny múru v prípade čistej vápenej malty - permanentne vlhké prostredie spôsobilo pravdepodobne zníženie počtu karbonatačných cyklov. Malta bola v korune drobivá. Pri malte modifikovanej aditívami pôsobí zatrávnenie a prekrytie taktiež.

V mieste kde je koruna súdržná pod prekrytím vzniklo mennej dilatačných trhlín ako bez

ošetrovania povrchu koruny múru. Prekrytie (tráva, celta) znižuje teplotné výkyvy povrchu a tým reguluje povrchové prnutie v maltách.

5.3 Zber informácií z terénu o technológií realizovaných konzervačných aktivít

Do dnešného dňa sa podarilo získať dáta o materiáloch, technológií a celkovom stave vápenných produktov na nasledujúcich objektoch. Bud' rozhovorom s aktérmi pamiatkovej obnovy, alebo zápisom zo stavebných denníkov. Zoznam objektov je uvedený na základe kategórií, ktoré ovplyvňujú vyhodnotenie získaných dát.

Rozsah zbieraných dát

V rámci jednotlivých objektov, sú k dispozícii základné informácie o druhu jednotlivých zložiek vápenných mált a náterov (piesok, vápno, voda, prímеси), informácie o pomere miešania jednotlivých zložiek, spôsobe miešania (z haseného vápna, horúca kopa, z hydrátu) a prídavných prímесiach, ako aj technológií spracovania.

V druhom rade boli zaznané informácie o ošetrovaní vápenných produktov (prikrývanie, vlhčenie vodou, vlhčenie vápennou vodou, spevňovanie syntetickými chemickými prípravkami).

V neposlednom rade informácie o stave produktov v časovom odstupe vrátane informácií o nutnosti údržby či opravy vzhľadom na degradačné faktory pôsobiace či už na murovaciu - ložnú maltu, alebo na vápennú omietku.

Dáta boli zhromaždené v jednoduchéj databáze s možnosťou filtrovania a zoskupovania podľa viacerých kritérií, čo umožnilo lepšie vyhodnotenie.

5.3.1 Databáza skúmaných dát

Zber informácií z terénu o technológií realizovaných konzervačných aktivít - príloha k dizertačnej práci - Mgr. Michal Hrkáč																											
ID	Názov stavky	Mesto	Rok	Druh	Umiestnenie	Druh gipsu	Francúzsky druh vápna	Vápnik	Voda	Prímеси	Pomer	Spôsob miešania	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	Odčítaný materiál	
1	Bašta, Krupina	Krupina	2016	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
2	Baugartenovský dom	Banska Števnica	2021	Jednotvorná omietka	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	metakaolín	1:5-12	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	8	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
3	Baugartenovský dom	Banska Števnica	2021	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	3	bez zmeny	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Baugartenovský dom	Banska Števnica	2020	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
5	Breanov dom	Banska Števnica	2011	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
6	Breanov dom	Banska Števnica	2011	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
7	Breanov dom	Banska Števnica	2011	Jadrová omietka	INT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
8	Breanov dom	Banska Števnica	2011	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
9	Centrála	Banska Števnica	2016	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:4	Horúca malta	Spádová	0	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
10	Centrála	Banska Števnica	2019	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
11	Dom Staročimčák 5	Banska Števnica	2006	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:3	Horúca malta	Spádová	5	Prekrytie a vlhčenie	7	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
12	Gotický kostol, Strieborná 11	Banska Števnica	2017	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
13	Gotický kostol	Sádok	2009	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:3	Horúca malta	Horizontálna	5	Prekrytie a vlhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
14	Gotický kostol, zručenina	Liptovská Anna	2013	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Varín	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	4	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
15	Gotický kostol, zručenina	Liptovská Anna	2016	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Varín	Pitná	metakaolín	1:5-12	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
16	Gotický kostol, zručenina	Liptovská Anna	2014	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Varín	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	4	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
17	Gotický kostol, zručenina	Liptovská Anna	2012	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Varín	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
18	Hellou dom	Banska Števnica	2014	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	0	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
19	Hrad Čachtice	Čachtice	2009	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Užitková	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
20	Hrad Čachtice	Čachtice	2010	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Užitková	0	1:2	2 haseného vápna	Spádová	0	0	0	rozpad	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Hrad Filáľovo	Filáľovo	2014	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Čadčiov, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
22	Hrad Filáľovo	Filáľovo	2011	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Čadčiov, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
23	Hrad Filáľovo	Filáľovo	2009	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Čadčiov, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
24	Hrad Filáľovo	Filáľovo	2008	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Čadčiov, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
25	Hrad Filáľovo	Filáľovo	2006	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Čadčiov, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
26	Hrad Lietava	Lietava	2012	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Varín	Dažďová metakaolín	1:5-11	Horúca malta	Spádová	4	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
27	Hrad Lietava	Lietava	2011	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Varín	Dažďová cement	0,95-5,7	Horúca malta	Spádová	4	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
28	Hrad Lietava	Lietava	2009	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Varín	Dažďová cement	0,95-2,5-7	Horúca malta	Spádová	4	Prekrytie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
29	Hrad Lietava	Lietava	2008	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Varín	Dažďová 0	2,5-7	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
30	Hrad Lietava	Lietava	2003	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Varín	Dažďová 0	1:2	2 haseného vápna	Spádová	0	Prekrytie	0	degradácia povrchu	0	degradácia povrchu	0	rozpad	0	0	0	0	0
31	Hrad Likava	Likava	2017	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Dažďová metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie	6	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
32	Hrad Murán	Murán	2013	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	3	Prekrytie a vlhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
33	Hrad Paríč	Trebišov	2013	Murovacia malta	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	Gombasek kušové	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
34	Hrad Saris	Veľký Saris	2009	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Gombasek	Pitná cement	0,5-1:4	Horúca malta	Spádová	0	Prekrytie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
35	Hrad Sábov	Sábovské podhradie	2009	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	1:5-12	2 haseného vápna	Spádová	5	Prekrytie a vlhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
36	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2012	Jadrová omietka	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Nováky	Dažďová cement	0,5-1:4	2 haseného vápna	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
37	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2019	Jadrová omietka	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-4	Vzdúne	Nováky	Dažďová metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	4	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
38	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2019	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Nováky	Dažďová metakaolín	1:4-12	Horúca malta	Spádová	4	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
39	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2012	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Nováky	Dažďová 0	1:2	2 haseného vápna	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
40	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2007	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúne	Nováky	Dažďová cement	0,55-2,5-7	2 haseného vápna	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
41	Kalvária	Banska Števnica	2009	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	kušové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
42	Kláštor	Skalka nad Váhom	2015	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúne	Žirany	Pitná	0	1:3	Horúca malta	Spádová	0	Prekrytie a vlhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny
43	Kostol Margita	Kopčany	2013	Maltová diška	INT	Potérak kremeč	0-4	Vzdúne	kušové	Žirany	Pitná	metakaolín	1:5-12	Horúca malta	Spádová	2	Prekrytie a vlhčenie	15	bez zmeny	0	0	0	0	0	0	0	
44	Kostol sv. Michala	Podhradý	2013	Murovacia malta	EXT	RUIIN	Baumit Stenimortier	0-4	Baumit	Baumit	Pitná	trass, cement	1:3	Baumit	Spádová	2	Vlhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny

Obrázok 4 Databáza zbieraných dát. Na ďalšej strane je vložená skladaná príloha, reprofoto: autor

Zber informácií z terénu o technológii realizovaných konzervačných aktivít - príloha k dizertačnej práci - Mgr. Michal Hrčák

NO	Názov stavby	Mesto	Rok	Druh	Umiestnení e	Druh plniva	Frakci a (mm)	Druh váp. Produktu	Váno, Zdroj	Yoda	Primes	Pomer A-PO-PL	Sošob miešania	Odešlan ie váp. (mes)	Druh miešiacz	Odešlan ie malt. (dni)	Ošetrovanie	Ošetrov anie v dňoch	Stav po 1. roku	Stav po 2. roku	Stav po 10. roku	Poznámka
1	Bažta, Krušina	Krušina	2016	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	tehlové murivo
2	Bauartnerovský dom	Banská Štavnica	2021	Jednotvová om.	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	8	bez zmeny	bez zmeny	0	0
3	Bauartnerovský dom	Banská Štavnica	2020	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	0	0	0
4	Bauartnerovský dom	Banská Štavnica	2020	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
5	Breanov dom	Banská Štavnica	2011	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	0
6	Breanov dom	Banská Štavnica	2011	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	0
7	Breanov dom	Banská Štavnica	2011	Jadrová omietka	INT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	0
8	Breanov dom	Banská Štavnica	2011	Murovacia malta	INT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	0
9	Centrália	Banská Štavnica	2016	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:4	Horica malta	2	Sádová	0	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
10	Centrália	Banská Štavnica	2019	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	0	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
11	Dom Starožernocká 5	Banská Štavnica	2006	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Sádová	5	Prekrytie a vŕhčenie	7	bez zmeny	bez zmeny	strata adhézie	Nevhodná príprava podkladu
12	Gotický dom, Strieborná 11	Banská Štavnica	2017	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
13	Gotický Kostol	Sádok	2009	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Horizontálna Spádová	5	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	bez zmeny	0
14	Gotický kostol, zručianina	Liptovská Anna	2013	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	4	bez zmeny	0	0	0
15	Gotický kostol, zručianina	Liptovská Anna	2016	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Spádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	degradácia povrchu	0	0
16	Gotický kostol, zručianina	Liptovská Anna	2014	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	4	bez zmeny	degradácia povrchu	0	0
17	Gotický kostol, zručianina	Liptovská Anna	2012	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné kusové	Varín	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	degradácia povrchu	0	0
18	Hellöv dom	Banská Štavnica	2014	Murovacia malta	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	0	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
19	Hrad Čachtice	Hrad Čachtice	2009	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Užitková	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
20	Hrad Čachtice	Hrad Čachtice	2010	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Užitková	0	1:2	Z hasného vápna	1	Spádová	0	0	rozpad	0	0	0	0
21	Hrad Filakovo	Filakovo	2014	Murovacia malta	EXT RUIN	Čadičový, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
22	Hrad Filakovo	Filakovo	2011	Murovacia malta	EXT RUIN	Čadičový, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
23	Hrad Filakovo	Filakovo	2009	Murovacia malta	EXT RUIN	Čadičový, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
24	Hrad Filakovo	Filakovo	2008	Murovacia malta	EXT RUIN	Čadičový, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
25	Hrad Filakovo	Filakovo	2006	Murovacia malta	EXT RUIN	Čadičový, ostrý + piekovec	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
26	Hrad Lietava	Lietava	2012	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Varín	Dažďová	metakaolín	1:1-1:1	Horica malta	2	Spádová	4	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
27	Hrad Lietava	Lietava	2011	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Varín	Dažďová	cement	0,5%-5-7	Horica malta	2	Spádová	4	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
28	Hrad Lietava	Lietava	2009	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Varín	Dažďová	cement	0,5%-2,5-7	Horica malta	2	Spádová	4	Prekrytie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
29	Hrad Lietava	Lietava	2008	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Varín	Dažďová	0	2,5-7	Horica malta	2	Spádová	3	Prekrytie	3	bez zmeny	degradácia povrchu	0	0
30	Hrad Lietava	Lietava	2003	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Varín	Dažďová	0	1:2	Z hasného vápna	3	Spádová	0	Prekrytie	0	degradácia povrchu	rozpad	0	0
31	Hrad Likava	Likava	2017	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Dažďová	metakaolín	1:1-1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie	6	bez zmeny	bez zmeny	0	0
32	Hrad Muráň	Muráň	2013	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
33	Hrad Panč	Trebišov	2013	Murovacia malta	EXT RUIN	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Gombasek Kusové Gombasek	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
34	Hrad Saríš	Veľký Šaríš	2009	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	cement	0,5:1:4	Horica malta	2	Sádová	0	Prekrytie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
35	Hrad Šárov	Šárovské podhradie	2009	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	biely cement	1:5:12	Z hasného vápna	6	Spádová	5	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
36	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2012	Jadrová omietka	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Nováky	Dažďová	cement	0,5:1:4	Z hasného vápna	12	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	0	0
37	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2019	Jadrová omietka	EXT	Sutina, Vápenec	0-4	Vzdúžné	Nováky	Dažďová	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	4	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
38	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2019	Murovacia malta	EXT	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Nováky	Dažďová	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	4	Prekrytie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
39	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2012	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Nováky	Dažďová	0	1:2	Z hasného vápna	12	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	0	0
40	Hrad Uhrovec	Uhrovec	2007	Murovacia malta	EXT RUIN	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Nováky	Dažďová	cement	0,5%-2,5-7	Z hasného vápna	12	Spádová	0	Prekrytie	4	bez zmeny	bez zmeny	0	0
41	Kalvária	Banská Štavnica	2009	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné kusové	Tisovec	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
42	Kláštôr	Skalka nad Váhom	2015	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Sádová	0	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
43	Kostol Mareta	Kočan	2013	Maltová diážka	INT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné kusové	Žirany	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	15	bez zmeny	0	0	0
44	Kostol sv. Michala	Podhorany	2013	Murovacia malta	EXT	Baumit SteinMorter	0-4	Vzdúžné kusové	Baumit SteinMorter	Pitná	trass, cement	1:3	Baumit SteinMorter	2	Spádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	3	bez zmeny	bez zmeny	0	0
45	Kostol sv. Michala	Podhorany	2013	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	9	bez zmeny	bez zmeny	0	0
46	Kostol sv. Michala	Podhorany	2013	Murovacia malta	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
47	Kostol sv. Michala	Podhorany	2012	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Sádová	2	Prekrytie a vŕhčenie	3	rozpad	0	0	0
48	Moldv kameň, Hrad	Moldv kameň	2016	Jadrová omietka	INT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	0	Vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
49	Nový hrad	Hanigovce	2014	Murovacia malta	EXT	Sutina, Vápenec	0-8	Vzdúžné	Gombasek	Dažďová	0	1:2	Z hasného vápna	4	Spádová	0	Prekrytie	1	bez zmeny	bez zmeny	0	0
50	Oravský hrad	Oravský podzámok	2009	Jednotvová om.	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	0	1:2	Horica malta	2	Spádová	50	Prekrytie a vŕhčenie	12	bez zmeny	bez zmeny	0	0
51	Oravský hrad	Oravský podzámok	2017	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	5	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
52	Piargská brána	Banská Štavnica	2019	Jadrová omietka	EXT	Potérak kremčivý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4:12	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	7	bez zmeny	bez zmeny	0	0
53	Piargská brána	Banská Štavnica	2019	Finálna omietka	EXT	Kremčiká, gulatozrný	0-2	Vzdúžné	Žirany	Pitná	metakaolín	1:4:12	Z hasného vápna	6	Spádová	1	Prekrytie a vŕhčenie	7	bez zmeny	bez zmeny	0	0
54	Remeselnícký dom 5	Banská Štavnica	2008	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Sádová	4	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
55	Remeselnícký dom 5	Banská Štavnica	2008	Sokľová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	drevené drť	1:2,5	Horica malta	2	Sádová	4	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
56	Remeselnícký dom 5	Banská Štavnica	2008	Sokľová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	drevené drť	1:2,5	Horica malta	2	Sádová	4	Prekrytie a vŕhčenie	2	bez zmeny	bez zmeny	0	0
57	Stary zámok	Banská Štavnica	2004	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Baumit	Pitná	0	1:3	Horica malta	2	Spádová	0	Prekrytie	7	bez zmeny	strata adhézie	0	0
58	Stary zámok	Banská Štavnica	2004	Finálna omietka	EXT	Kremčiká, gulatozrný	0-2	Vzdúžné	Žirany	Pitná	0	1:3	Z hasného vápna	1	Spádová	1	Prekrytie	7	bez zmeny	bez zmeny	0	0
59	Templársky hrad	Voderady	2014	Murovacia malta	EXT RUIN	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Žirany	Pitná	cement	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	0	Prekrytie a vŕhčenie	5	bez zmeny	bez zmeny	0	0
60	Vila Lavina	Doľný Smokovec	2015	Finálna omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	7	bez zmeny	bez zmeny	0	0
61	Vila Lavina	Doľný Smokovec	2015	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	3	Prekrytie a vŕhčenie	8	bez zmeny	bez zmeny	0	0
62	Zontheľovská renesančná kúria	Žakalie	2016	Jadrová omietka	EXT	Vápenec, ostrý	0-4	Vzdúžné	Varín	Pitná	metakaolín	1:5:12	Horica malta	2	Sádová	5	Prekrytie a vŕhčenie	10	bez zmeny	bez zmeny	0	0
63	Zručianiny kláštora Katarína	Naháč	1996	Murovacia malta																		

5.3.2 Výsledky zberu dát z terénu o technológii realizovaných konzervačných aktivít

Zber dát z lokalít podporil a rozšíril predchádzajúce dve aktivity: Experiment: degradácia vápenných mált a analýza odobratých vzoriek v laboratóriu. Databáza je živým dokumentom, ktorý sa bude dať v budúcnosti aktualizovať o ďalšie poznatky. Napríklad pridaním kritéria „stav po 20. roku“. Údaje vyplývajúce z databázy údajov podporujú zistenia za ďalších častí dizertačnej práce.

Prínosným poznatkom bolo napríklad porovnanie konzervačných aktivít na hrade Čachtice z roku 2009 a 2010 kde pri rovnakej technológii použitia „horúcej malty“ boli dosiahnuté diametrálne odlišné výsledky. Aktivita z roku 2009 (konzervácia fasád kaplnky) je funkčná dodnes a rozsiahlejšia konzervačná akcia zameraná na všetky časti hradu zlyhala po prvom roku, resp. po prvom zimnom období. Rozdiel bol v tomto prípade v technológii. Úspešná aktivita zrealizovala horúcu maltu podľa odporúčanej technológie a venovala sa precízne dodatočnému ošetrovaniu mált obyčajným prekrytím proti silnému slnečnému žiareniu. Neúspešná aktivita prekrytie nerealizovala v dostatočnej miere a pravdepodobne nedodržala technológiu vápennej malty.

Ďalší konzervačný zásah sme opisovali v kapitole „Výber témy dizertačnej práce - formulovanie problému“. Ide o konzerváciu torzálne zachovaných základov kostola v Podhoranoch - Sokolníkoch pri Nitre. Problém z nekvalitou vápna sa kvôli nedostatku vzoriek a údajov nepodarilo preukázať. Technológiu bolo treba modifikovať aj z dôvodu enormného zaťaženia prízemných murív turistami - zašliapávanie a odkopávanie murovacích elementov. Nakoniec sa pristúpilo k použitiu vápenej malty nadstavenej metakaolínom v pomere 1:5:12 a 1:5:12⁸ v mieste nadviazania podzemných murív na nadzemné. Nadzemné murivá boli nakoniec realizované vápenné - cementovou maltou s pridaním trasu (pevnosť v tlaku 10 MPa) s precíznym vložením dilatácií v mieste cezúr stavebného vývoja. Medzivrstva z prídavkom aditíva bola vložená ako odolnejšia zóna z dôvodu zaťažovania vápenno-cementovým murivom koruny pri prehriati. Od roku 2013 takto zvolená technológia funguje. Problémom sú vypadávajúce kamene koruny, čo je už však pojednanie o technológií murovania a kotvenia.

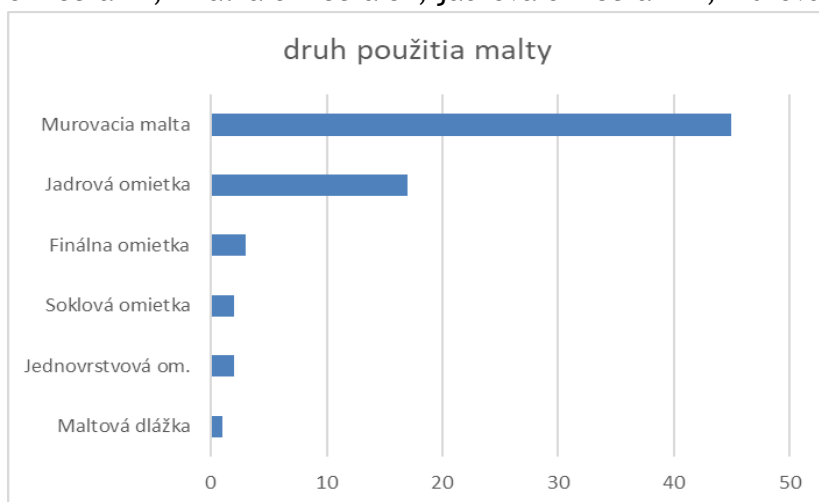
Zaujímavé je zistenie na Kláštore Sv. Kataríny, ktoré je tiež zaznamenané v databáze a na ktoré nadväzuje náš výskum In situ. Tento experiment potvrdzuje vhodnosť použitia zatrávnenia korún (bio sanácia) pre predĺženie životnosti vápenných mált. Zároveň z neho vyplýva nevhodnosť použitia hydrofobizácie pre zrenie vápenných mált.

⁸ prímes:pojivo:plnivo



Obrázok 5 Použitie vápenných mált pri obnove barokovej Piargskej brány. Údaje sú zahrnuté v databáze objektov. 2021. foto: autor

Z analýzy zozbieraných dát vyplýva, že pri 70 vzorkách mált boli skúmane nasledujúce druhy produktov z vápenných mált: maltová dlážka 1x, jednovrstvová omietka 2x, soklová omietka 2x, finálna omietka 3x, jadrová omietka 17x, murovací malta 45x.

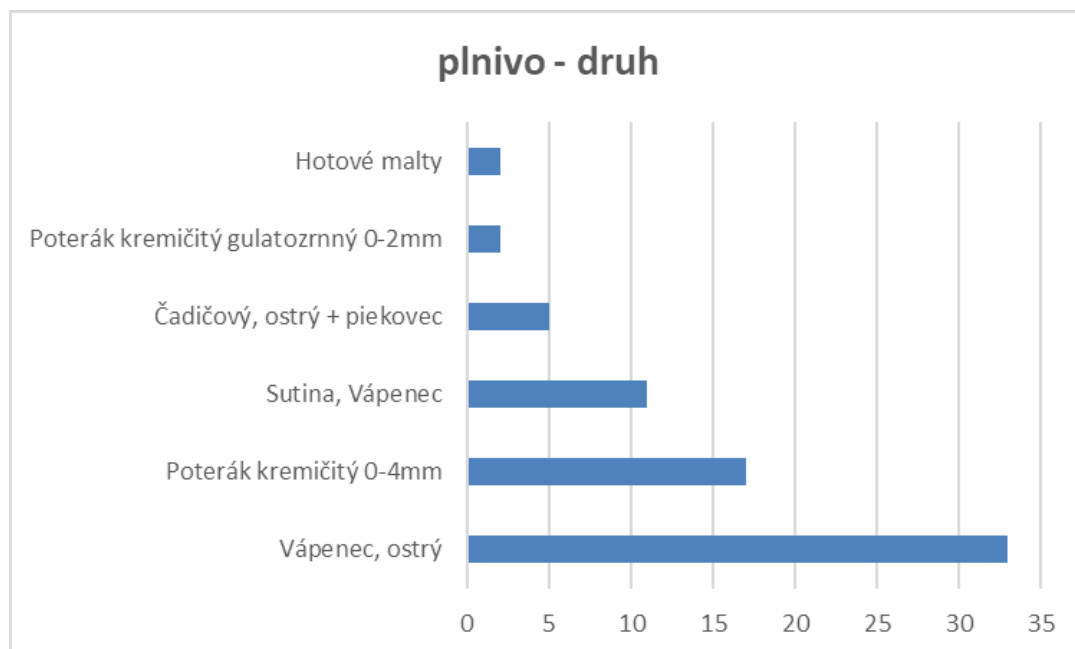


Graf 1 Druhy produktov z vápenných mált

Najpoužívanejším aditívom do mál bol metakaolín 17x, cement 7x, biely cement 3x, iné 3x a vzorka bez prímiesí 40x ako referenčná.

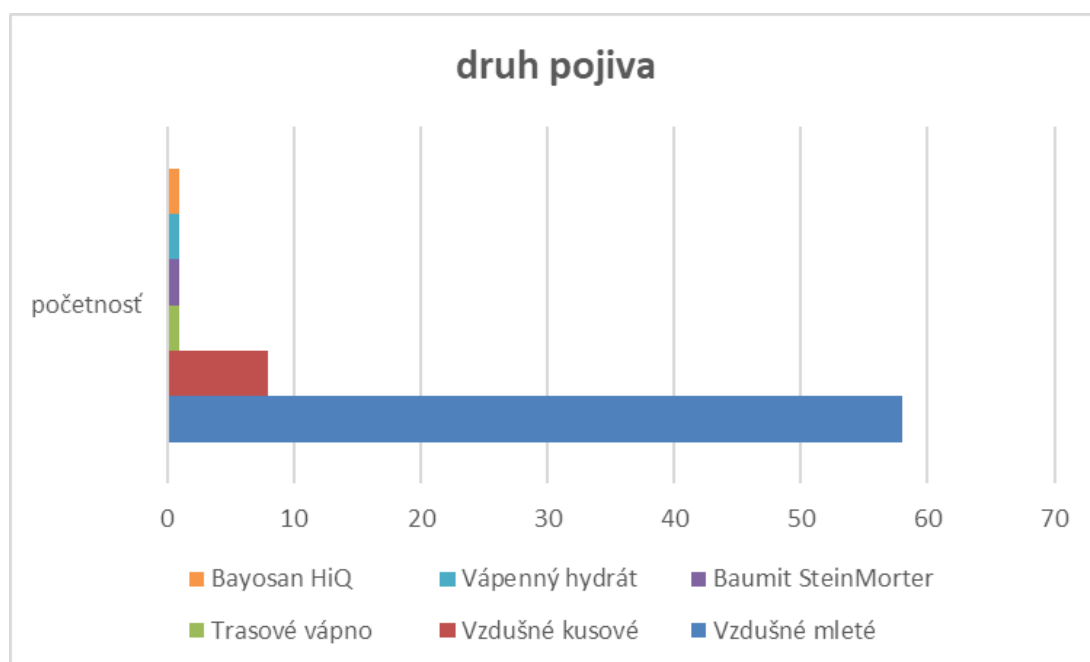
ledované vzorky boli prevažne lokalizované v exteriéri a to až v 66 prípadoch. Z toho v 36 prípadoch išlo o exteriér v ruje - bez zastrešenia, kde boli podmienky rádovo náročnejšie. Iba v 4 prípadoch sme sledovali vzorky v interiéri.

Z pohľadu plniva bol najpoužívanější drvený ostrý vápenec 33x, sutina s prevažným obsahom vápenca 11x, kremičitý gulatozrný štrk frácie 0-4mm 17x, a frácie 0-2mm 2x, čadičová ostrá drva 5x a hotové malty 2x. Iba v piatich prípadoch bolo použité plnivo frácie 0-2mm z toho 2x obsiahnuté v hotových maltách.



Graf 2 Plnivá vápenných mált používané na sledovaných objektoch

Ako spojivo bolo pre prípravu malty na sledovaných objektoch použité najmä vzdušné mleté vápno 58x, vzdušné kusové vápno 8x, trasové vápno 1x, Baunit SteinMorter 1x, vápenný hydrát 1x, Bayosan HiQ 1x. Pri vápnach toto pochádzalo z vápenky v Žiranoch 37x, Varíne 15x, Tisovci 7x, Nováky 5x a Gombasek 3x.



Graf 3 Druh pojiva použitého pre prípravu mált na sledovaných objektoch

Ako zmesová voda bola použitá dažďová voda v 19 prípadoch, v dvoch prípadoch úžitková potrubná voda a 49 prípadoch pitná voda. Pre prípravu bola v 52 prípadoch použitá technológia prípravy malty tzv. „Horúca malta“, 16x bola pripravená v haseného vápna v dvoch prípadoch boli použité hotové malty. Pre ich zamiešanie bolo v 68 prípadoch použitá spádová miešačka 1 x vrtuľové miešadlo a iba 1x odporúčaná horizontálna miešačka.

Pokiaľ bola pre prípravu mált zvolená vápenná kaša pre zlepšenie vlastností bola táto odležaná 12 mesiacov v 4 prípadoch, 1 mesiac v 3 prípadoch, 60 mesiacov v 3 prípadoch, 6 mesiacov v 2 prípadoch, 3 mesiace v 1 prípade a 4 mesiace v tiež v jednom prípade.



Graf 4 Odležanie vápenej kaše pri sledovaných vzorkách v mesiacoch

Podobne pri malte pokiaľ bolo pre zlepšenie jej vlastností metóda odležania vo vlhku bez výmeny vzduchu bolo to 2 mesiace v 20 prípadoch, 0 mesiacov v 18 prípadoch, 3 mesiace v 16 prípadoch, 4 mesiace v 8 prípadoch, 1 mesiac v 2 prípadoch a 5 mesiacov v 6 prípadoch.

Po aplikácii a zapracovaní malty boli tieto výsledné produkty ošetrované počas zrenia vlhčením a následným prekrytím 44x, iba prekrytím 14x, ponechané bez ošetrovania 7x, vlhčené 3x, chránené zatrávnením 1x a nástrek hydrofobizáciou 1x.



Graf 5 Po aplikácii a zapracovaní malty - početnosť vzoriek.

Štatistické zisťovanie súboru údajov pri tomto zbere potvrdilo, že v horizonte 10 rokov sa najlepšie odolali vzorky ktoré boli precízne ošetrované. V tomto časovom horizonte výborne odolávali eróznym činiteľom vzorky modifikované prímiesami ale aj čistá vápenná malty.

5.4 Analýza odobratých vzoriek v laboratóriu

Počas murovania skúšobného múru boli odobraté vzorky malty uzavretých a otvorených sklenených nádob (10. júla 2015). Valcovité vzorky mali nasledujúce rozmery: priemer 80 mm a výšku 100 mm. Tieto boli po 4 roky trvajúcim zrení podrobené sérii testov. Z povahy experimentu nebolo možné zabezpečiť testovanie dostatočného počtu vzoriek pre preukázané štatistické zisťovanie. Pre analýzu nasiakavosti a mrazuvzdornosti sme vybrali vzorky z otvorenej nádoby nakoľko sme predpokladali, že tieto budú mať vzhľadom na dlhodobé pôsobenie vzdušnej vlhkosti a CO₂ lepšie vlastnosti.

5.4.1 Analýza nasiakavosti odobratých vzoriek

Nasiakavosť je schopnosť materiálu absorbovať vodu. Množstvo nasiakavosti závisí od štruktúry omietky, t. j. od rozloženia a počtu pórov, ale aj od ich vzájomného prepojenia. V teréne sa dá rýchlo zistiť nasiakavosť omietky pomocou Karstenovej trubice. Tento spôsob bol využitý aj v prípade našich vzoriek.

Karstenova trubica (obr. 6), je vlastne byreta s definovanou plochou zmáčania substrátu, v ktorej sa odčítava množstvo vody, ktoré prešlo touto jednotkovou plochou do stavebného materiálu za určitý čas.

Skúška nasiakavosti je rýchly a jednoduchý spôsob. Hrdlo Karstenovej rúrky sa pripevní k omietke plastovým tmelom, aby sa zabezpečil vodotesný kontakt. Hrdlo sa potom pritlačí k materiálu (horizontálne alebo vertikálne) a voľný koniec trubice sa naplní vodou. Voda prenikajúca do omietky spôsobuje pokles hladiny vody v rúrke, v ktorej sa nachádza vodný kameň. Keď sa hladina vody v skúmavke ustáli, zaznamenaná sa množstvo vody absorbovanej skúšanou omietkou.

V našom prípade sme podrobili skúške vzorky z otvorenej nádoby / obalu nakoľko tieto po overení rozsahu karbonatácie acidobázickým činidlom vykazovali vyššiu kvalitu.



Obrázok 6: Test nasiakavosti za pomoci Karstenovej trubice, 2020. foto: autor

Test prebiehal ako na uzavretej v niektorých prípadoch až sklovitej štruktúre vzniknutej odtlačením do nádoby a otvorenejšej štruktúre na hornom okraji. Pre testovanie bola použitá destilovaná voda.

Tabuľka 3 Analýza nasiakavosti odobratých vzoriek vápenných mált s rôznymi prímiesami na uzavretej štruktúre

označ.	vzorka podľa prímiesi	nasiakavosť ml/min.
VT	tehlový prášok	4
VC	čisté vzdušné vápno	5
M	metakaolin	0,4
TC	trassový cement	0,7
BC	biely cement	1
VZ	zeolit	2,5

Tabuľka 4 Analýza nasiakavosti odobratých vzoriek vápenných mált s rôznymi prímiesami na otvorenej štruktúre

označ.	vzorka podľa prímiesi	nasiakavosť ml/min.
VT	tehlový prášok	5
VC	čisté vzdušné vápno	5,6
M	metakaolin	0,8
TC	trassový cement	1
BC	biely cement	1,1
VZ	zeolit	2,8

5.4.2 Analýza odolnosti voči zmrazovacím cyklom

Ďalším krokom boli cyklické skúšky zmrazovania vzoriek. Pevnosť uloženej vzorky po 0 - 22 zmrazovacích cykloch. Pre posudzovanie boli vybrané vzorky z otvorenej nádoby / obalu nakoľko tieto po overení rozsahu karbonatácie acidobázickým činidlom vykazovali vyššiu kvalitu.



*Obrázok 7 Vzorky odobraté počas konzervácie muriva, pripravené na testovanie, 2020.
foto: autor*

Najlepšie odolné zmesi vydržali 22 zmrazovacích cyklov pri priemernej teplote $-19,8^{\circ}\text{C}$. Je potrebné uviesť, že išlo o extrémne podmienky, keď boli vzorky úplne nasýtené vodou a následne zmrazené. Po približne 12 hodinách zmrazovania sa úplne rozmrazili a cyklus sa opakoval. Takéto extrémne vystavenie mrazu nie je v prírode bežné. V prírodných podmienkach je však materiál vystavený aj zvýšenému pôsobeniu slnečného žiarenia, čo je dôvodom ďalších zmien. Popri hĺbke deštrukcie vzorky sme sledovali aj nasýtenie vzorky vodou pri namočení v podobe uvoľňovania vzduchu obsiahnutého v póroch, ako aj vznik trhlín.

	N. deň, V. m.	priemer: $-19,8$									
				1	2	3	4	5	6		
				ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST
no	dátum	čas	typ	°C	tehlová drť	čisto vápenná	metakaolín	trassový cement	biely cement	zeolit	
					N. deň, V. m.	N. deň, V. m.	N. deň, V. m.	N. deň, V. m.	N. deň, V. m.	N. deň, V. m.	
0	29.04.2020	15:00	Kon		Vzorka drobná - rozpadá sa už pred zamrazovaním, po namočení bublinkuje čiern. Všetky vzorky po namočení nechajú odísť vzduch.	Drobná ale pevná, po namočení bublinkuje čiern.	po namočení bublinkuje 10min.	po namočení bublinkuje 10min.	po namočení bublinkuje 10min.	po namočení bublinkuje čiern.	
1	29.04.2020	15:15	M								
1	03.05.2020	16:40	V	-26							
2	04.05.2020	11:50	M	19	Vzorky ponorené na 30 minút, bledne ženy v štruktúre, najväčšie bublinkuje BC, TC, M						
2	04.05.2020	17:17	V	-14	2	0,5	0	0	0	0	
3	05.05.2020	7:53	M								
3	05.05.2020	11:12	V	-10							0
4	05.05.2020	15:35	M		Pri namočení odpadla ďalšia časť, ktorá nebola dostatočne v styku s valčekom.	Pri namočení odpadla ďalšia časť, ktorá nebola dostatočne v styku s valčekom.					0
4	06.05.2020	7:28	V	-30			0				0
5	06.05.2020	15:05	M	5		4		0	0		
5	07.05.2020	6:49	V	-20	x	5	0	0	1	V strede vzorky čísa trhlina	2
6	07.05.2020	16:30	M	-22							
6	08.05.2020	12:00	V	24	po mrazení výber vzorky na priame skúšky a teplotu +24	x	0	uzavretá štruktúra prijať menšie vody	rozpadavé okraje	2	rozpadavé okraje, celková štruktúra OK
7	11.05.2020	7:00	M								
7	11.05.2020	13:01	V	-20		0			3	3 cm okraj, 1 cm jadro	3
8	11.05.2020	16:00	M	17							
8	12.05.2020	8:05	V	-20			0,5	okraje	3		0
9	12.05.2020	12:34	M								
9	13.05.2020	6:55	V	-20		0	1	okraje	3	uzavretá štruktúra rozpadavá, uzavretá 3cm	4
10	13.05.2020	16:44	M								
10	14.05.2020	7:09	V	-20		0	1		1		x
11	14.05.2020	20:15	M								
11	15.05.2020	7:30	V	-20		0	1		1	jadro	
12	15.05.2020	16:35	M								
12	16.05.2020	8:37	V	-20		0	2	uzavretá štruktúra sklovitá	1	jadro	
13	18.05.2020	7:00	M								
13	18.05.2020	15:00	V	-16		0	4	trhlina	1	jadro	
14	18.05.2020	15:23	M								
14	18.05.2020	17:56	V	0		0	5	rozpad štruktúry, posledné zvyšky jadra	2	jadro	
15	19.05.2020	8:01	M								
15	19.05.2020	16:20	V	-20		0,5	trhlina a okraje rozpad 0,5	5	rozpad štruktúry, posledné zvyšky jadra	2	jadro
16	20.05.2020	7:26	M								
16	20.05.2020	17:00	V	-20		2	rozpad vna trhlina	1	rozpad štruktúry, posledné zvyšky jadra	2	jadro
17	22.05.2020	9:06	M								
17	22.05.2020	12:30	V	-12		2		2	rozpad štruktúry, posledné zvyšky jadra	2	jadro
18	22.05.2020	6:40	M								
18	25.05.2020	13:00	V	-18		2		x	trhlina naplnená, rozpadla rukami, posledný rozpad	2	jadro
19	25.05.2020	6:40	M								
19	26.05.2020	15:00	V	-20		2			2	jadro	
20	27.05.2020	7:00	M								
20	28.05.2020	18:01	V	-21		2			2	jadro	
21	29.05.2020	9:55	M								
21	29.05.2020	17:00	V	-19		2			2	jadro	
22	01.06.2020	15:00	M								
22	02.06.2020	7:23	V	-21		4			2	jadro	

Na ďalšej strane je vložená skladaná príloha vo formáte A3

5.4.3 Analýza reaktivity odobratých vzoriek na acidobázické činidlo

Orientačné meranie reaktivity vzoriek z vápennej malty s prímiesami na acidobázické činidlo Fenolftaleín. Pokles pH spôsobí prechod fenolftaleínu z fialovej do bezfarebnej formy. V našom prípade sa neskarbonatované spojivo - CaOH_2 vyfarbilo ako fialové nakoľko vzorka vykazovala výrazne zásadité pH (obr. 8). Nakoľko vzorky neboli typové a ich počet nebol dostatočný touto analýzou sme vedeli overiť iba základné hypotézy. Skúmali sme vzorky (obr. 8) ktoré boli uzavreté v pohároch ako aj tie ktoré boli otvorené pre reakciu so vzdušným CO_2 .

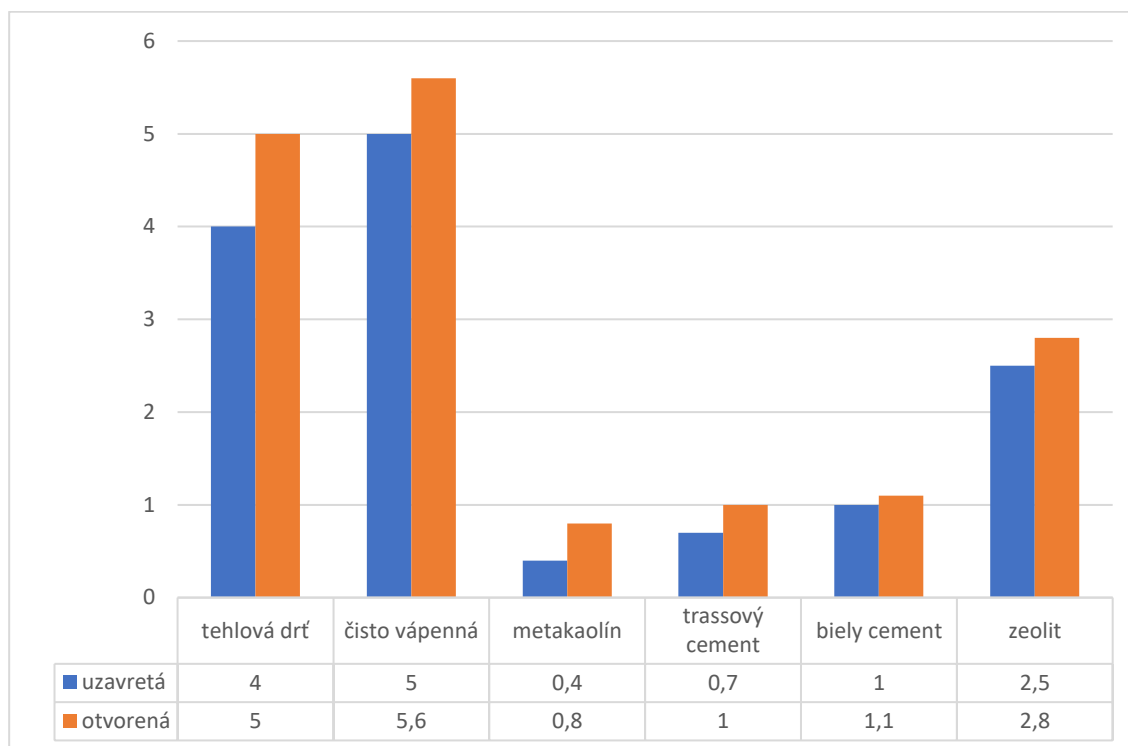


Obrázok 8 Vápenná malta s trasom analýza priebehu karbonatácie. Otvorená vzorka mohla karbonatovať za prístupu vzdušného CO_2 a vlhkosti do polovice výšky vzorky. Zatvorená vzorka karbonatovala iba na povrchu v kontakte s malou zásobou vzduchu a vzdušného CO_2 a vlhkosti po vybratí z obalu vykazovala zvýšené PH na čo poukazuje sfarbenie acidobázickým činidlom. Tento princíp sa opakuje pri všetkých testovaných vzorkách. Na vzorke „0 - otvorená“ je zároveň vidieť presné rozhranie čela karbonatácie.

5.4.4 Výsledky analýzy v laboratóriu

Výsledky analýzy nasiakavosti odobratých vzoriek

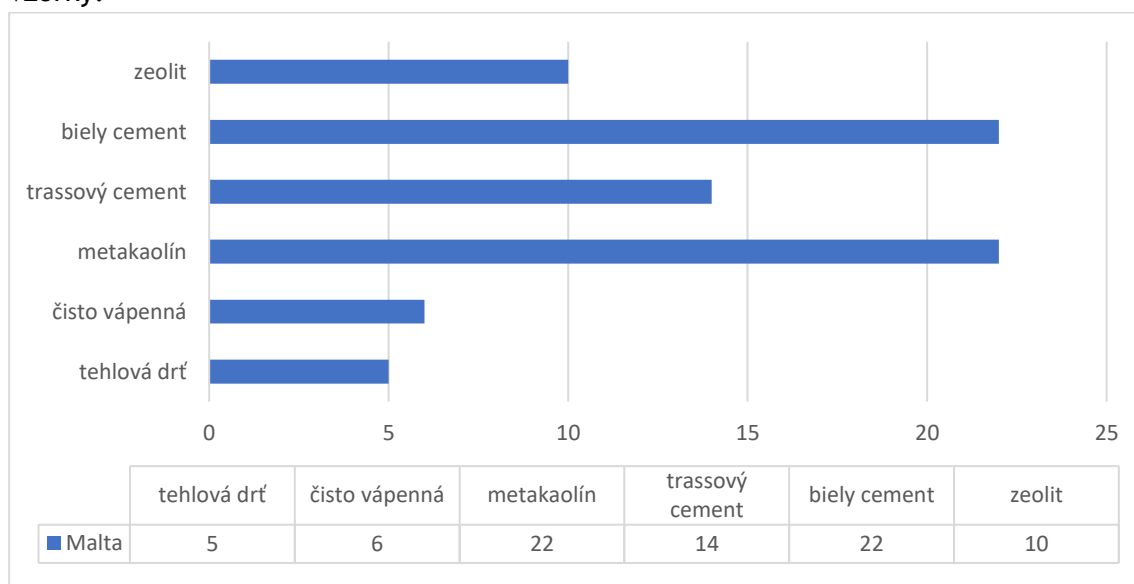
Základne výsledky tejto analýzy preukázali, že nasiakavosť otvorenej štruktúry je mierne vyššia ako pri štruktúre uzavretej. Najnižšiu nasiakavosť mala vzorka M - metakaolín 0,4 ml / min, nasleduje TC - trasový cement 0,7 ml / min., BC - biely cement 1 ml / min., VZ - zeolit 2,5 ml / min., VT - tehlový prášok / drva 4 ml / min. a na záver VC - čisté vzdušné vápno 5 ml / min. Malty s vybranými prísadami vykazovali nižšiu nasiakavosť ako čistá vápenná malta prípadne malta s pridaním aditíva tehlová drvina/prach pravdepodobne nevhodnej kvality.



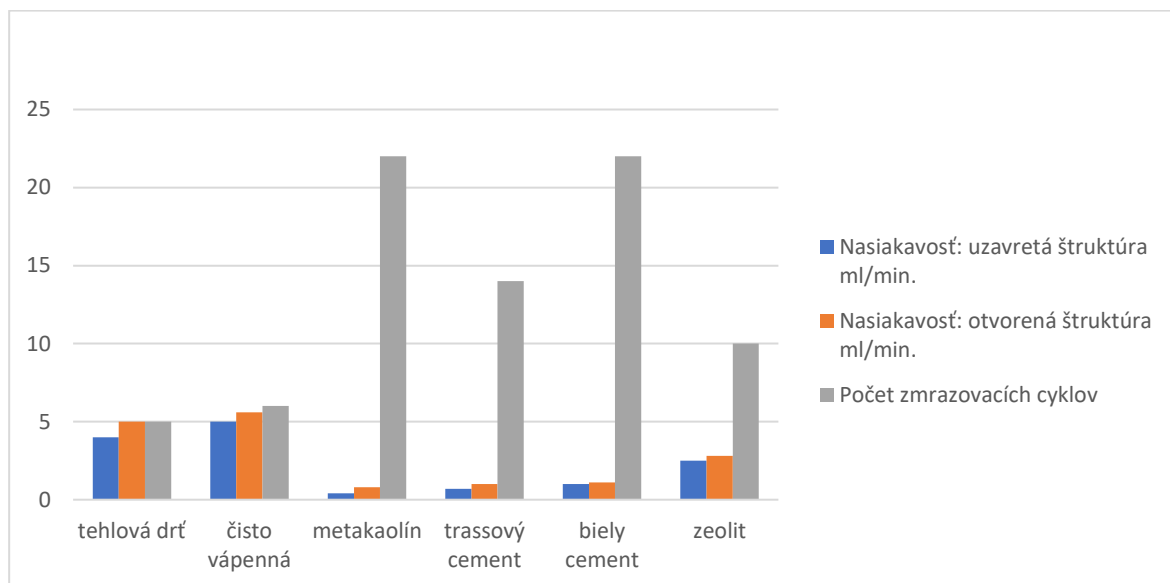
Graf 6 Analýza nasiakavosti odobratých vzoriek na otvorenej a uzavretej štruktúre povrchu vyjadrená v ml/min.

Výsledky analýzy odolnosti voči zmrazovacím cyklom

Analýza preukázala, že vzorky vápenej malty modifikované metakaolínom a bielym cementom obstáli v teste najlepšie (22 cyklov). Vzorka s pridaním trasového cementu odolala 14 tým zmrazovacím cyklom. Malta so zeolitom 10 cyklom a najhoršie obstáli čistá vápenná malta 6 cyklov a paradoxne aj malta s pridaním tehlového prachu 5 cyklov. Pri oboch týchto vzorkách však nebola karbonatácia ukončená a výhľadom na preschnutie vzorky.



Graf 7 Odolnosť vzoriek modifikovaných mált voči zmrazovacím cyklom - In labo



Graf 8 Vzťah nasiakavosti a odolnosti voči zmrazovacím cyklom

Výsledky analýzy reaktivity odobratých vzoriek na acidobázické činidlo

Údaje získané touto analýzou, ako potvrdzuje obrázok 34. sú najmä orientačné. Poskytli informáciu o spôsobe a priebehu karbonatácie vo vápenných maltách, ktorá prebieha najmä na povrchu vzorky ktorý je v kontakte so vzduchom. Pre ďalšiu analýzu tohto typu by bolo nutné zabezpečiť viac vzoriek z každého typu malty. Z pohľadu materiálového skúmania by bolo vhodné preskúmanie hĺbky karbonatácie vzoriek za určitý čas vzhľadom na ošetrovanie vápenných mált.

6. Prínosy dizertačnej práce

6.1 Prínos dizertačnej práce pre vedu

Dizertačná práca, ako aj výstupy z experimentov a meraní poskytujú základny podklad pre teoretický výskum. **Len málo výskumníkov zároveň overovalo svoje zistenia a hypotézy na konkrétnych skúšobných experimentoch in situ.** Prínosné je aj vzťahnutie teoretických poznatkov na laboratórne rozborov vzoriek získaných popri realizácii spomínaného experimentu a ich následne aspoň základné vyhodnotenie. Predĺženie prípravy dizertačnej práce dovolilo získavať poznatky priebežne počas ôsmich rokov. Skúšobný múr dovoľuje realizovať cyklické overovanie aj do budúcnosti.

Práca opisuje konkrétne overiteľné zásahy do technológie vápenných mált a ich receptúr ako aj sprievodne stavebné zásahy, ktoré môžu zlepšiť celkový finálny stav vápenných produktov a vápenných mált. Poznatky získane počas práce zároveň položili nové otázky pre ďalší výskum a upresnili spôsob realizácie experimentálnych múrikov pre ďalšie obdobie.

6.2 Prínos dizertačnej práce pre pedagogiku

Z pohľadu prínosu dizertačnej práce pre pedagogický proces možno konštatovať, že daná práca plní svoj účel aj v tomto smere. Jednotlivé výskumy poskytujú dostatočný základ ako

aj odpovede pre stanovenie technológie vápenej malty vzhľadom na vplyv erózných činiteľov. Výsledky práce a diskusia umožňujú zadanie niekoľkých ďalších vysokoškolských ako aj stredoškolských prác v rôznych stupňoch. Realizovaný a stále funkčný experiment skúšobného múru dovoľuje získavanie nových poznatkov a po ich syntéze zapracovanie do skrípt, učebných textov a prednášok. Nezanedbateľné je aj množstvo sprievodného fotografického materiálu. Prínosnými môžu byť aj exkurzie na miesto experimentu s odborným výkladom

6.3 Prínos dizertačnej práce pre prax

Predkladaná práca ako aj obsiahnutý prehľad témy, experimenty a závery budú dobrým podkladom pre aktérov pôsobiacich v oblasti ochrany pamiatok, konzervácii historických materiálov, ale aj pre tradičnú stavebnú a „ekologickú“ výstavbu. Návrh technológie vápenej malty a sprievodných opatrení môže pomôcť pri konzervácii hradov a torzálne zachovaných stavieb v rámci Slovenska ako aj v strednej Európe. Databáza použitých technológií a receptúr je zároveň dobrým podkladom pre ďalší aplikovaný výskum na vybraných lokalitách.

7. Záver

Po aplikovanom výskume vo forme výskumu a zberu dát z rôznych lokalít bolo možné stanoviť najvhodnejšie materiálové zloženie a technológiu vápennej malty. Tieto dve zložky nemožno oddeliť. Dobré zostavený pomer jednotlivých zložiek bez vhodne zvolenej technológie miešania, aplikácie a následného ošetrovania či údržby nezabezpečí dobrý výsledok a naopak.

V globále bolo overené, že čistá vápenná a modifikovaná vápenná malta môže dlhodobo plniť svoju funkciu či už ako murovaciu maltu, omietku, náter, alebo glet pokiaľ má vhodné zvolené zložky a navrhnutú technológiu. Zároveň musia byť splnené podmienky pre zrenie. Pred aplikáciou vápennej malty je nutné ukončiť sprievodné stavebné úpravy. Podložka, alebo základy nesmú vykazovať dlhodobo zvýšenú vlhkosť najmä v období keď by od nich navlhnuté vápenné malty, omietky a produkty vymrzali. Ideálna je pre ich technický život dobre realizovaná sanácia vlhkosti a prestrešenie. Pre funkčnosť vápenného systému by mal byť zachovaný princíp compatibility. Ani jedna zo zložiek systému (murivo, omietky, nátery, glety), ako v interiéru tak aj v exteriéri by nemali mať príliš rozdielny difúzny odpor, pevnosť v tlaku, či mieru tepelnej rozťažnosti. Platí, že smerom do exteriéru by mali tieto hodnoty klesať.

Štatistické zisťovanie súboru údajov pri zbere v rámci práce potvrdilo, že v horizonte 10 rokov sa najlepšie odolali vzorky ktoré boli precízne ošetrované. V tomto časovom horizonte výborne odolávali eróznym činiteľom ošetrované vzorky modifikované prímiesami ale aj čistá vápenná malta. Nakoľko prax často krát nemá ideálne podmienky pre aplikáciu, je vhodné v miestach zvýšeného vplyvu erózných činiteľov modifikovať vápenné malty hydraulickými prísadami a následne tieto modifikované malty vhodne ošetriť.

Malty používané pre konzerváciu a reštaurovanie pamiatok sú často krát prvou viditeľnou súčasťou Národných kultúrnych pamiatok a ovplyvňujú ich celkovú autenticitu a vizuálnu stránku. Požiadavka na ich odolnosť nesmie byť nadradená zachovaniu pamiatkových hodnôt.

8. Zoznam vybranej literatúry

Ashurst J. - Ashurst, N. Practical Building Conservation. Vol. 3. Plasters, Mortars and Renders [Kniha]. - London : English Heritage Technical Handbook, Gower Technical Press., 1989.

Benešová H. et al. Stanovení pucolánové aktivity alternativních silikátových pojiv. IN: Seminár METAKAOLIN 2010 [Konferencia]. - Brno : FAST VUT v Brne, 2010.

Benezet J.C. a A. Benhassaine Mletie a puzolánová reaktivita kremenných práškov [Časopis] / Technologie prášku. 105 (1-3). doi:10.1016 / S0032-5910 (99) 00133-3.. - 1999. - s. 167-171.

Bóna M. - Fabian, P. - Hoferek, A. - Hrčka, M. - Kohút, V. - Makýš, O. - Šimkovič, M. - Vlčko, J. - Závacký, J. Ochrana zrúcanín v kultúrnej krajine [Kniha]. - Lietava : ZnZLH, 2006. - ISBN 80-969477-0-2.

Boyton R. S. Chemistry and Technology of Lime and Limestone. [Kniha]. - New York : Interscience Publishers, 1966.

Elert K. Rodriguez-Navarro, C., Pardo, E., Hansen, E., Cazalla, O. Lime Mortars for Conservation of Historic Buildings [Periodikum] // Studies in Conservation. - 2002. - 47.

Elsen J. Microscopy of historic mortars - a review [Konferencia] // Cement and Concrete Research 36. Pages 1416-1424.. - Dortmund : [s.n.], 2006.

Girsa, V. Michoinová, D. Historické omietky záchrana, konzervácia, obnova (metodika prístupu k historickým omietkam ak ich záchrane) [Kniha]. - Praha : České vysoké učenie technické v Prahe Spracovala Fakulta architektúry, 2013. - ISBN 978-80-01-05229-7.

Groot G, Bartos, P., Hudhes, J. Historic Mortars: Characteristic and Tests [Konferencia] // International RILEM workshop - Advanced Concrete and Masonry Centre. - Paisley : University of Paisley, 2000.

Herceg P. Doterajšie skúsenosti pri obnove zrúcaniny kláštora Katarínka [Kniha]. - Bratislava : ZKSM-OC Katarínka, 2009.

Holmes S. Building with lime, tretie vydanie [Kniha]. - London : ITDG Publishing, 2022.

Hrčka M., Vošková, K. (editori) Materiály, techniky a technológie pri obnove pamiatok, [Kniha]. - Banská Štiavnica: Obnova s.r.o. pre Pamiatkový úrad SR, 2002. - ISBN: 80-969475-4-0. 87 st.

Hrčka M., Vošková, K. (editori) Vápno a vápenné technológie pri obnove pamiatok [Kniha]. - Banská Štiavnica: Obnova s.r.o. pre Spolok Banskej Štiavnice '91, 2005. - ISBN: 80-969475-3-2.

Kotlík P. Stavební materiály historických objekt : Materiály, koroze, sanace [Kniha]. - Praha : Vydavatelství VŠCHT, 1999.

Koutník P., Bezucha, P., Poslední, M., Antoř, P., Rovnaníková, P., Roubíček, P. VLIV PŘÍDAVKU RŮZNÝCH PUCOLÁNŮ NA BÁZI METAKAOLINITU NA VLASTNOSTI VÁPENNÝCH OMÍTEK [Konferencia] // Seminář METAKAOLIN 2008. - Brno : Fakulta stavební VUT v Brně, 2008.

Kramar S., Mirtič, B. Karakterizacija historičnih ometov kot del konservatorskorestavratorskih posegov in arheoloških poizkopavalnih analiz. [Kniha]. - [s.l.] : RMZ - Materials and Geoenvironment 56, 2009.

Makýš O. Rekonštrukcie stavieb - technológie [Kniha]. - Bratislava : Jaga group., 2000.

Makýš O. Technologie renovace stavieb, [Kniha]. - Bratislava : Jaga group., 2004.

Marinowitz C., Neuwald-Burg, M. Historic documents in understanding and evaluation of historic lime mortars [Periodikum] // Historic mortars. Characterisation, Assessment and Repair. - Springer : [s.n.], 2012.

Matas T., Válek, J., Jiroušek, J. EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM TRADIČNÍCH VÁPENNÝCH POJIV [Konferencia] // Úsek diagnostiky historických konstrukcí, ÚTAM AV ČR, v. v. i., Prosecká 76, Praha 9, Konference Skoušen. - 2012.

Mertens G., Snellings, R., Van Balen, K., Bicer-Simsir, B., Verlooy, P., Elsen, J. Pozzolan reactions of common natural zeolites with lime and parameters affecting their reactivity. [Konferencia] // Cement Concrete Res 2009. - 2009. - Zv. 39.

Michoínová D. Některé historické postupy přípravy vápenných malt z různých druhů vápenného pojiva. [Časopis]. - Praha : NPÚ, 2010. - 70/2 : Zv. Správy památkové péče.

Michoínová D. Příprava vápenných malt v péči o stavební památky [Kniha]. - Praha : Informační centrum ČKAIT,, 2006.

Michoínová D. Příspěvek k modifikaci vlastností vápenných malt tradičními organickými přísadami [Časopis]. - Praha : Národní památkový ústav, 2013. - 2013/5. : Zv. Zprávy památkové péče.

Palomo A., Blanco- Varela, M. T., Martinez- Ramirez, S., Puertas, F., Fortes, C. Historic Mortars: Characterization and Durability. New Tendences for Research. [Kniha]. - Madrid : Eduardo Torroja Institute., 2022.

Pavlík V. Puzolány, puzolánové materiály, puzolánová reakcia, použitie v cemente (vápne) - štúdijný materiál [Správa]. - Bratislava : STU, 2017.

Pernicová R., Pavlíková, M., Černý, R. POSOUZENÍ VLIVU STÁRNUTÍ NA ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI MODIFIKOVANÝCH VÁPENNÝCH OMÍTEK. [Konferencia] // Seminář METAKAOLIN 2008, 20. 3. 2008. - Brno : Fakulta stavební VUT v Brně, 2008. - ISBN 978-80-214-3582-7.

Pesce G.L.A. Ottimizzazione del processo di attivazione termica del caolino impiegato come agente idraulicizzante nelle malte di calce aerea [Kniha]. - [s.l.] : Università degli studi di Genova. Dipartimento di Edilizia, Urbanistica e Ingegneria dei Materiali. Dipartimento di Edilizia, Urbanistica e Ingegneria dei Materiali. Dottorato di Ricerca XVII (ING-IND/22)., 2012.

Rovnaníková P. Omítky pro obnovu památek - pojiva, příměsi, kamenivo, přísady a Staveništní malty versus suché maltové směsi, [Konferencia] // Staveništní malty a suché maltové směsi při obnově památek. - Praha : STOP, 2013.

Rovnaníková P. Omítky. Chemické a technologické vlastnosti. [Kniha]. - Praha : STOP, 2002. - ISBN80-86657-00-0.

Rovnaníková P. Pucolány ve vápenných omítkách [Konferencia] // Sborník konference Sanace a rekonstrukce staveb. - Brno : WTA CZ, 2003.

Rovnaníková P. Tradicní vápenné technologie [Konferencia] // Tradicní vápenné technologie. - Příbor : NPÚ, Územní odborné, 2002.

Škvára F.: Technologie anorganických pojiv I. Část 2: Vzdušné maltoviny, ostatní anorganická pojiva, technologické výpočty [Část knihy] // skripta VŠCHT / aut. knihy ŠKVÁRA F.: - Praha : [s.n.], 1995.

Užáková M., Pavlík, V., Palou, M. VPLYV PRÍMESI ZEOLITU NA FYZIKÁLNO-MECHANICKÉ VLASTNOSTI VÁPENNÝCH MÁLT [Konferencia] // PRÍRODNÉ A SYNTETICKÉ ZEOLITY NA SLOVENSKU - Odborný seminár, Bratislava, 23.6.2015 . - Bratislava : FCHPT STU, 2015.

Válek J. ODLÍŠNOSTI HISTORICKÝCH A MODERNÍCH VÁPENNÝCH POJIV POUŽITÝCH PRO PŘÍPRAVU MALT A OMÍTEK [Konferencia] // VÁPENICKÝ SEMINÁŘ 2011. - Plasy : [s.n.], 2011.

Válek J., Zeman . A. Lime particles in hot mixed mortars: characterisation and technological links [Konferencia] // Sborník 12th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, 15.-19. Září 2009. - Dortmund, Germany. : [s.n.], 2009.

WTA Smernica WTA 2-7-01/D Vápenné omietky v pamiatkovej starostlivosti. . - Praha : [s.n.], 2007.

Žarnić R. Lastnosti gradiv [Kniha]. - Ljubljana : Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij, 2005.

Žitnik J., Žitnik, D., Berdajs, A. Gradbeniški priročnik [Kniha]. - Ljubljana : Tehniška založba Slovenije, 2008.

9. Zoznam vybranej publikačnej a recenznej činnosti autora

Monografie

HRČKA, M., - KOHÚT, V. - MAKÝŠ, O. - STANÍK, I. - ZÁVACKY, J. 2017. Pasportizácia ruín, Monografia k realizácii stavebných výskumov zrúcanín. 1.vyd. Pezinok: Rensans, s.r.o., 2018, 94s., ISBN 80-899-8307-0.

HRČKA, M., - MAKÝŠ, O. 2017. Tradičné stolárske remeslo. Renesans, Bratislava, 2017. ISBN: 978-80-89402-95-3, 144 st.

HRČKA, M., - MAKÝŠ, O. 2016. Vzdelávanie v tradičných remeslách. Renesans, Bratislava, 2016. ISBN: 978-80-89402-88-5

HRČKA, M., - KOHÚT, V. - MAKÝŠ, O. - STANÍK, I. - ZÁVACKÝ, J. 2015. Príprava konzervácie zrúcanín - komplexná monografia k realizácii stavebných obhliadok. Slovenská technická univerzita Bratislava, 2015. ISBN: 978-80-89402-80-9, 128 st.

HRČKA, M., a kol. 2014. Obnova obytných budov, Príručka pre vlastníkov, ako postupovať v súlade s princípmi udržateľného rozvoja. Hlavné mesto SR Bratislava, 2014. ISBN: 978-80-971869-2-0, 40 st.

HRČKA, M., a kol. 2008. Spoznajme problémy zrúcanín. Združenie na záchranu Lietavského hradu, Lietava, 2008. ISBN 978-80-970125-9-5.

HRČKA, M., Makýš, O. a kol. 2006. Ochrana zrúcanín v kultúrnej krajine. Združenie na záchranu Lietavského hradu, Lietava, 2006. ISBN: 8096947702, 146 st.

Články

HRČKA, M., - MAKÝŠ, O. - ŠTASTNÝ, P. 2019. Brief Evaluation of Moisture Fighting Technologies. In: Advances and Trends in technology, Leiden (NL): CRC Press Taylor & Francis Group 2019. ISBN 978-0-367-075-095. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85068386562.

HRČKA, M., 2018. Rekonštrukcia historických klenieb. IN: Eurostav 7-8/2018, Bratislava, 2018. 26 - 29 st.

HRČKA, M., - MAKÝŠ, O. - ŠROBÁROVÁ, D. - ŠTASTNÝ, P. 2018. Effects of Technologies on Fighting Moisture. In: ESAT 2018, Košice: TU KE, ISBN: 978-80-553-2982-6.

HRČKA, M., 2014. Charakter vápenných produktov použitých v priebehu realizačných prác v rokoch 2003-2013. IN: Hrad Lietava 2003-2013. Združenie na záchranu Lietavského hradu, Lietava, 2014. ISBN 978-80-971888-7-0. 124 st.

HRČKA, M., 2013. Technológie a materiály použité pri obnove posledného remeselníckeho domu v B. Štiavnicí. IN: Bardkontakt 2013 - Meštiansky dom - ochrana a obnova, vydaný v rámci 21. ročníka vedeckej konferencie k problematike mestských pamiatkových centier. Bardejov, 20. - 21. augusta 2013. ISBN: 978-80-971427-4-2. 187 st.

HRČKA, M., 2011. Portál Obnova (Obnova.sk). IN: Informačno-komunikačné technológie - využitie v prezentačnej činnosti múzeí. Zborník príspevkov z konferencie. Slovenské technické múzeum a Slovenské národné múzeum, Bratislava, 2011. ISBN 978-80-970250-5-2. 102 st.

HRČKA, M., 2010. Obnova pohľadového a nepohľadového kamenného muriva. Skúsenosti z realizácií na Slovensku. IN: Kameň pri obnove pamiatok. Spolok Banskej Štiavnice`91, Banská Štiavnica, 2010. ISBN: 978-80-970 219-3-1. 104 st.

HRČKA, M., 2010. Je v starostlivosti o pamiatky miesto pre tradičné technológie aj moderné materiály a prístupy? IN: Památky v 21. Století - Jejich význam, využití, obnova a ochrana. OS Pomněnka a Historicko-astronomická Společnost, Brno, 2010. ISBN: 878-80-86994-99-4. 180 st.

HRČKA, M., 2008. Technológie a materiály používané pri konzervácii hradných zrúcanín v minulosti a dnes. IN: Počiatky pamiatkovej ochrany hradných zrúcanín. Združenie na záchranu stredovekého architektonického dedičstva nitrianskeho kraja - LEUSTACH. 2008.

Iné tlačoviny

HRČKA, M., - CHOVANOVÁ, I. 2021. 2020. Vitráže - brožúra k remeselnému kurzu. Banská Štiavnica, Obnova s.r.o., 2020.

HRČKA, M., a kol. 2006. Ochrana a obnova pamiatok v krajine - brožúra. Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb, Bratislava, 2006. ISBN: 978-80-969777-9-6, 44 st.

Videá a digitálne zdroje

HRČKA, M., 2022. Články, usmernenia, diskusné príspevky, heslá a technologické postupy v rámci projektu Obnova.sk. [cit. 2022.05.18.] Dostupné na internete: www.obnova.sk. 2001 - 2022, ISSN 1336-3603.

HRČKA, M., - CHOVANOVÁ, I. 2021. Oživené pamiatky - séria 10tich dokumentárnych filmov na témy Replika historického okna, Vitráže, Vápenné omietky, Kamenné exteriérové dlažby, Obnova drevených konštrukcií, Obnova historických dverí, Drevená podlaha, Sanácia vlhkosti, Kamenné oporné múry a Šindľová krytina. [video]. Bratislava, Shape Production s.r.o., 2000 - 2021.

Zostavovateľ - editor

HRČKA, M., - VOŠKOVÁ, K. 2005. Vápno a vápenné technológie pri obnove pamiatok. Obnova s.r.o. pre Spolok Banskej Štiavnice '91, Banská Štiavnica, 2005. ISBN: 80-969475-3-2. 161 st.

HRČKA, M., - VOŠKOVÁ, K. 2002. Materiály, techniky a technológie pri obnove pamiatok. Obnova s.r.o. pre Pamiatkový úrad SR, Banská Štiavnica, 2002. ISBN: 80-969475-4-0. 87 st.

Recenzie

Šťastný, P. 2022. Skúmanie účinnosti technológie magnetokinetického odvlhčovania po jej nasadení na pamiatkovo chránenej budove (Investigation of the effectiveness of magnetokinetic dehumidification technology after its deployment on a listed building). 2022. ISSN 2454-0382

MAKÝŠ, O., - NÉMETH, A. 2017. Renovácia omietok. 1. vyd. Pezinok: Renesans, s.r.o., 2017, 98s. ISBN 978-80-89402-96-0.