



národní
úložiště
šedé
literatury

Výzkumná zpráva. Experimentální studie vlivu ošetření vápenné omítky na její mechanické vlastnosti

Slížková, Zuzana
2019

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-396569>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 17.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.
Prosecká 76, Praha, 190 00



Výzkumná zpráva

EXPERIMENTÁLNÍ STUDIE VLIVU OŠETŘENÍ VÁPENNÉ OMÍTKY NA JEJÍ MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Autorka:

doc. Ing. Zuzana Slížková, Ph.D.

Spoluautoři:

Mgr. Dita Frankeová, Ing. Lucie Jurkovská, Mgr. Dana Janotová, Ing. Ondřej Vála,
Ing. Ludvík Andert

Červenec 2019

ÚVOD

Studie provedená v ÚTAM AV ČR, v. v. i. byla motivovaná poptávkou restaurátorů po návrhu vhodného způsobu zpevnění omítky jižní fasády budovy Staré prelatury v klášteře Kladruby. Na fasádě Staré prelatury byl v létě 2019 zkoušen postup zpevnění vápennou vodou, doporučený NPÚ, ovšem s negativními dopady, s projevy odpadajícího písku z ošetřované fasády. Odpadlý písek v rámci určitého počtu cyklů močení omítky vápennou vodou byl restaurátory shromažďován, vysušen a jeho objem připadající na jednotnou plochu omítky byl fotograficky dokumentován (obr. 1).

Na ÚTAM byla na základě této skutečnosti provedena experimentální studie zaměřená na zjištění mechanických vlastností historické omítky ze Staré prelatury a na efekty zpevnění několika navrženými postupy. Vzorky historické omítky pro laboratorní zkoušky byly odebrané z fasády pod vedením jednatelky společnosti Lareno s.r.o. paní Lenky Procházkové v červnu 2019 a popsané byly předány ke zkouškám do ÚTAM.

Cílem mechanických zkoušek bylo zejména zjištění pevnosti omítky před jejím zpevňováním a po zpevnění vybranými postupy. Pro zhodnocení vhodného postupu zpevnění omítky byly provedeny doplňující analýzy zjišťující chemicko-mineralogické složení omítky, pórovitost, nasákavost omítky a její povrchovou soudržnost.

STRUKTURA VZORKŮ OMÍTKY

Omítka obsahuje kousky nerozmíchaného vápna, plevy a hliněné hrudky. Nejedná se o souvrství, zkoušeny byly pouze vzorky podkladní omítky (bez štuků a nátěrů). Detail hliněné hrudky vyseparované z omítky a zkoumané termickou analýzou je na obr. 2.



Obr. 1. Vzorky barokní omítky z jižní fasády Staré prelatury klášteře v Kladrubech před zpevněním.



Obr. 2. Složka omítky - hliněná hrudka o velikosti několika cm po vyjmutí ze vzorku omítky č. 15.

Místo odběru vzorku omítky č. 15 - kout u věže 1. patro. Měřítka na obrázku: 1 díl=1 cm.

NEGATIVNÍ EFEKT POSTUPU ZPEVNĚNÍ OMÍTKY VÁPENNOU VODOU - ZKOUŠKA IN SITU

Přímo na fasádě Staré prelatury byl testován postup zpevnění vápennou vodou (150 cyklů) a restaurátory byl měřen objem materiálu odpadlý z fasády z vymezené zkušební plochy během 10 cyklů namočení a vyschnutí omítky. S narůstajícím pořadovým číslem namočení omítky docházelo k nárůstu objemu materiálu, splaveného vápennou vodou z fasády na zem.



Obr. 3. Materiál historické omítky, splavený a odpadlý na zem při opakovaném ošetřování (postřiku) omítky vápennou vodou. Menší objem materiálu (nahore) byl sebraný ze země po skončení 10 cyklů v rámci 1-10 aplikace, větší objem (dole) po skončení 10 cyklů v rámci 82. - 92. aplikace. Vysušený materiál. Foto L. Procházková.

LABORATORNÍ ZKOUŠKY OMÍTKY

POUŽITÁ METODIKA

Termická analýza - identifikace pojiva omítky a vápenné a hliněné hrudky v omítce
SEM-EDS analýza – mikrostruktura omítky, prvkové složení komponent omítky
Rtuťová porozimetrie – velikost pórů v omítce, pórovitost
Pórovitost přístupná vodě – objem pórů přístupných vodě po namočení omítky do vody
Peeling test (hmotnost omítky odtržené lepicí páskou) – povrchová soudržnost omítky
Mechanické zkoušky - pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku

TLOUŠŤKA OMÍTKY

Dodané vzorky omítky měly různou tloušťku v rozmezí 15 až 26,5 mm. Průměrná tloušťka zkoumaných vzorků omítky je 21 mm.

CHEMICKO – MINERALOGICKÉ SLOŽENÍ OMÍTKY

Ze SEM-EDS analýzy vyplývá, že omítka obsahuje písek převážně na bázi křemene a hlinítkřemičitanů. V jednom vzorku omítky byla přítomná hliněná hrudka o velikosti několika cm – viz obr. 2. Hliněná hrudka byla analyzovaná termickou analýzou a bylo prokázáno, že obsahuje jílové minerály a oxyhydroxysloučeninu železa (goethit?).

Pojivo omítky je vápenné, připravené ze vzdušného vápna (obsah CaO ve vápenném pojivu je na základě SEM-EDS analýzy 89-100% hm.). Také termická analýza prokázala vzdušné vápno v pojivu omítky.

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI OMÍTKY

Pórovitost omítky přístupná vodě (po 24 hod uložení omítky pod vodou za atmosférického tlaku) je v průměru $31,4 \pm 1$ objemových %.

Absorpce vody vzorkem za atmosférického tlaku (nasákavost po 24 hod) je $19,8 \pm 1$ % hm.
Objemová hmotnost 1586 ± 31 kg m⁻³.

Pórovitost stanovená rtuťovou porozimetrií dosahuje hodnot 34-38% obj. Omítka obsahuje převážně póry velikosti 0,1-10 μm, jsou však přítomny i větší póry >10 μm, které jsou příznivé pro průnik konsolidačních prostředků i s větší velikostí částic.

Pevnost omítky byla stanovena zkouškou pevnosti v tahu za ohybu. Zkoušením čtyř zkušebních těles připravených z omítky (nestandardní velikosti těles vzhledem k historickému materiálu) byla zjištěna průměrná pevnost v tahu za ohybu 0,25 MPa se směrodatnou odchylkou 0,15.

Povrchová soudržnost omítky byla zkoušena tzv. peeling testem, podle metodiky ÚTAM publikované v odborném článku (1,2). Jedná se o zkoušku soudržnosti omítky při opakovaném odtrhávání lepicí pásky přilepené na povrch testované omítky (10 opakování na jednom místě povrchu omítky). Povrchová soudržnost omítky byla vyhodnocena jako velmi nízká na základě zjištěné průměrné hodnoty hmotnosti odtržené omítky 95 mg.

DOPORUČENÍ PRO OŠETŘENÍ OMÍTKY ZA ÚČELEM ZPEVNĚNÍ

Vzhledem k tomu, že omítka byla velmi málo soudržná, obsahovala hliněné hrudky a mnohonásobné napouštění omítky vodnými prostředky by mohly omítku poškodit, byly navrženy pro laboratorní experiment a následně provedeny tři následující postupy zpevnění omítky:

A. Ošetření omítky organokřemičitým prostředkem na bázi ethylsilikátu s koncentrací 300 g SiO₂ v 1 litru zpevňujícího prostředku (nasáknutí celé vrstvy omítky). Po vyschnutí omítky opakovaně ošetření stejným prostředkem do nasáknutí celé vrstvy omítky. Pro laboratorní zkoušku byl použit prostředek Remmers KSE 300 a druhé napuštění bylo provedeno 3. dne po prvním ošetření omítky. Spotřeba prostředku Remmers KSE 300 celkem při tomto ošetření byla vypočtena na 5 l zpevňovače na 1 m² omítky.

B. Ošetření omítky stejným způsobem jako v postupu A (dvakrát aplikace prostředku Remmers KSE 300) a následně po vyschnutí omítky další ošetření vápenným prostředkem na bázi disperze nanočástic vápna (hydroxidu vápenatého) v ethanolu. Pro laboratorní zkoušku byl použit prostředek CaLoSiL E 25. Spotřeba prostředku Remmers KSE 300 celkem při tomto ošetření: 5 l zpevňovače na 1 m² omítky a následná spotřeba nanovápenného prostředku (CaLoSiL E 25) 2,5 l na 1 m² omítky.

C. Ošetření omítky vápenným prostředkem na bázi disperze nanočástic vápna (hydroxidu vápenatého) v ethanolu s koncentrací 25 g Ca(OH)₂ v 1 litru zpevňujícího prostředku (nasáknutí celé vrstvy omítky). Po vyschnutí omítky dvakrát opakovaně ošetření stejným prostředkem do nasáknutí celé vrstvy omítky. Pro laboratorní zkoušku byl použit prostředek CaLoSiL E 25 a následující napuštění bylo provedeno 3. dne po předchozím ošetření omítky. Spotřeba nanovápenného prostředku (CaLoSiL E 25) ve třech krocích byla celkem 8 l na 1 m² omítky.

Omítky byly napouštěny injekční stříkačkou rovnoměrným poléváním povrchu omítky zpevňujícím kapalným prostředkem do prosáknutí celé vrstvy omítky. Po 3 týdnech po ošetření byla nařezána zkušební tělíska a provedeny mechanické zkoušky. Před zkouškou pevnosti v tahu za ohybu byla zkoušena soudržnost omítky na povrchu odtrháváním lepicí pásky (peeling testem).

VLIV OŠETŘENÍ NA PEVNOST V TAHU ZA OHYBU OMÍTKY

Tab. 1. Pevnost v tahu za ohybu omítky po různém postupu zpevnění

Ošetření	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)	Směrodatná odchylka	Variační součinitel
A. 2x Remmers KSE 300	0,73	0,04	0,05
B. 2x Remmers KSE 300, 1x CaLoSiL E 25	0,67	0,01	0,02
C. 3x CaLoSiL E 25	0,41	0,13	0,33
<i>Referenční (neošetřená) omítka</i>	0,25	<i>0,15</i>	<i>0,59</i>

Zkoušení efektů zpevnění je při použití reálných vzorků omítky zatíženo problémem nehomogenity historického zkušebního materiálu a většinou také menším počtem zkušebních těles. Na druhou

stranu je cenné pozorovat vliv zpevňovačů přímo na autentickém materiálu, který vyžaduje konsolidační zásah.

Při srovnávání hodnot pevnosti nezpevněné a zpevněné omítky je nutné si uvědomit, že pevnostní zkoušky po ošetření jsou prováděny na jiných omítkových těliscích, než které byly zkoušeny (destruovány) ve stavu před ošetřením, a je také nutno přihlídnout k odchylce mezi hodnotami pevnosti jednotlivých zkušebních těles.

Nicméně, na základě zhodnocení výsledků pevnostních zkoušek lze konstatovat, že všechny tři zkoušené postupy vedly k významnému zpevnění omítky.

Nejvyšší pevnost v tahu za ohybu měla omítka po zpevnění prostředkem Remmers KSE 300 (2x), srovnatelně vysokou pevnost také omítka zpevněná kombinací Remmers KSE 300 (2x) a CaLoSiL E 25 (1x), nejnižší pevnost měla omítka zpevněná trojnásobnou aplikací prostředku CaLoSiL E 25.

VLIV OŠETŘENÍ OMÍTKY NA POVRCHOVOU SOUDRŽNOST OMÍTKY

Tab. 2. Hmotnost odtržené omítky po různém postupu zpevnění (test odtrhávání lepicí páskou)

Postup ošetření	Průměrná hmotnost odtržené omítky z povrchu (mg)	
	Před zpevněním	Po zpevnění
A. 2x Remmers KSE 300	91,2	26,6
B. 2x Remmers KSE 300, 1x CaLoSiL E 25	75,6	15,1
C. 3x CaLoSiL E 25	119	6

(Použitá oboustranná lepicí páska s plochou 10 cm², tloušťkou 1 mm).

Množství uvolněné omítky (v mg) odtržením lepicí pásky z povrchu omítky je pro jednotlivá ošetření omítky ve stavu před zpevněním a po zpevnění uvedeno v tabulce 2.

Nejlepšího efektu na povrchovou soudržnost omítky bylo dosaženo opakovanou aplikací prostředku CaLoSiL E 25 (viz obr. 16 v Příloze). Výrazné zpevnění povrchu omítky je důsledkem depozice vneseného vápna převážně v hloubce 0-6 mm pod povrchem omítky (zjištěno fenolftaleinovou zkouškou obarvením příčného řezu omítky).

Po ošetření nanovápem se z povrchu omítky uvolňovalo lepicí páskou již minimální množství materiálu (pouze 6 mg po zpevnění oproti 119 mg před zpevněním). I další dva způsoby zpevnění (zpevnění ethylsilikátem, a ethylsilikátem a následně nanovápem) významně zlepšily povrchovou soudržnost omítky, ale vzhledem k rovnoměrnější distribuci nového pojiva v hloubce omítky nebyl efekt zpevnění na povrchu tak výrazný.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Vzhledem k nízké pevnosti a soudržnosti omítky před zpevněním a vzhledem ke složení omítky (ojedinele hliněné hrudky v omítce) je zpevňování omítky opakovaným postřikem vápennou vodou

značně rizikové. Namočením dochází k dalšímu snížení pevnosti omítky a může dojít k dezintegraci omítky a odpadávání zrn písku.

Byly navrženy tři postupy zpevnění omítky prostředky na bázi ethylsilikátu a/nebo nanovápenné disperze a ve všech případech bylo prokázáno zpevnění omítky.

Omítka po trojnásobném napuštění CaLoSiLem E 25 dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 0,41 MPa, což představuje zvýšení pevnosti oproti průměru pevnosti nezpevněné omítky o 64%. Nárůst pevnosti je nižší ve srovnání s efektem zpevnění omítky po aplikaci ethylsilikátového zpevňovače (Remmers KSE 300). Důvodem je relativně nižší koncentrace pojiva (vápna) v nanovápenném zpevňovači (25g/l) ve srovnání s koncentrací SiO₂ (300g/l) v ethylsilikátovém zpevňovači (Remmers KSE 300). Doporučený postup při zpevňování omítky nanovápennou disperzí, např. CaLoSiL E 25, byl v roce 2015 publikován ve formě památkového postupu (3).

V popsané laboratorní studii byla použita nanovápenná disperze CaLoSiL E 25 s koncentrací vápna 25g/l v prostředku z důvodu její dostupnosti pro studii. Pro ošetření vápenné omítky v praxi lze doporučit i variantu nižší koncentrace nanovápenného prostředku (v tom případě se ošetření opakuje vícekrát, podle koncentrace vápna v produktu). Nižší koncentraci (např. 10g/l) je možné připravit ředěním více koncentrovaného produktu ethanolem. Je možné též volit komerční produkt s koncentrací 15g/l (CaLoSiL IP 15). Upřednostněním opakovaného ošetření omítky produktem s nižší koncentrací nanovápna před jednou aplikací více koncentrovaného prostředku se obvykle získá lepší distribuce nového vápenného pojiva ve vrstvě ošetřené vápenné omítky.

Nejvyšší pevnost po ošetření měla omítka po dvojnásobném napuštění prostředkem Remmers KSE 300. Lze předpokládat, že podobně efektivní budou i jiné organokřemičité prostředky na bázi ethylsilikátu s obdobnou koncentrací (300-400 g SiO₂ v 1 litru zpevňujícího produktu, např. Porosil Z, Porosil RZ, atd). Z odborné literatury je známo (4), že některé organokřemičité prostředky zanechávají dlouhou dobu ošetřený povrch hydrofobní, což je nežádoucí efekt vzhledem k požadovanému hydrofilnímu charakteru vápenné omítky. Z toho důvodu je výhodné provést ošetření omítky organokřemičitým prostředkem a následně, po vyschnutí omítky, ještě hydrofilním vápenným prostředkem na bázi nanovápenné disperze v alkoholu (postup zpevnění „B“). Vzhledem k charakteru pojiva omítky (uhličitan vápenatý ze vzdušného vápna) a vzhledem k přítomnosti hliněných hrudek v omítce je ošetření omítky výše popsanou kombinací aplikace ethylsilikátového a následně vápenného prostředku opodstatněná.

ZÁVĚR

Byly zjištěny chemicko-fyzikální vlastnosti historické omítky vyžadující zpevnění.

Bylo konstatováno, že postup zpevnění mnohonásobným máčením omítky vápennou vodou (až 150 krát), je pro omítku rizikový vzhledem k nízké pevnosti a soudržnosti omítky a obsahu hliněných komponent v omítce.

Na základě provedených laboratorních zkoušek bylo nejvyšší zpevnění dosaženo dvojnásobným ošetřením omítky organokřemičitým prostředkem na bázi ethylsilikátu s koncentrací SiO₂ 300 g/l. Z důvodu požadovaných hydrofilních vlastností omítky bylo doporučeno finální ošetření omítky nanovápenným prostředkem, např. CaLosil IP 15 nebo CaLoSiL E 25 (příp. i ředěním na nižší koncentraci ethanolem).

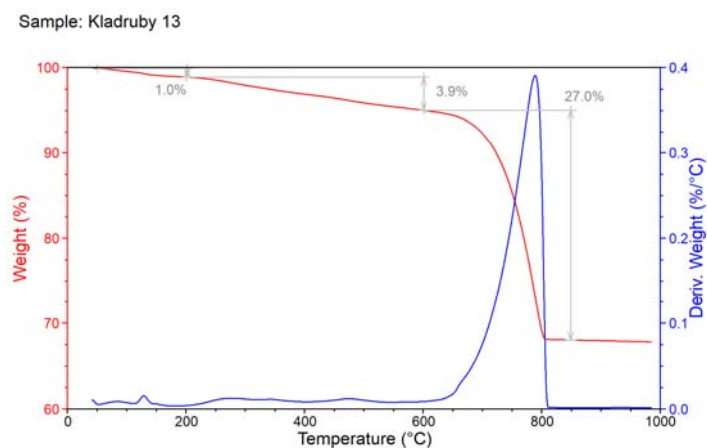
Literatura

- (1) Drdäcký, Miloš, et al. "Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces." *Materials and structures* 45.4 (2012): 505-520
- (2) Drdäcký, Miloš, and Zuzana Slížková. "In situ peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic plaster and render surfaces." *Studies in Conservation* 60.2 (2015): 121-130.
- (3) Slížková, Zuzana - Frankeová, Dita. Zpevnění historické vápenné omítky disperzí nanočástic hydroxidu vápenatého v alkoholu. Certifikovaný památkový postup. Certifikační orgán: Ministerstvo kultury ČR. Datum certifikace: 14.10.2015.
- (4) Slížková, Z.; Drdäcký, M; Frankeová, D. (June 2018). Comparative tests of strengthening effects on weak mortars consolidated with various agents. Proceedings of the first International conference on theoretical, applied and experimental mechanics. Cham: Springer, 2018 - (Gdoutos, E.), s. 21-26. Structural integrity, 5. ISBN 978-3-319-91988-1. ISSN 2522-560X.
- (5) A. Moropoulou et al. : Composite materials in ancient structures, *Cement and Concrete Research* 2005, 27: 295-300

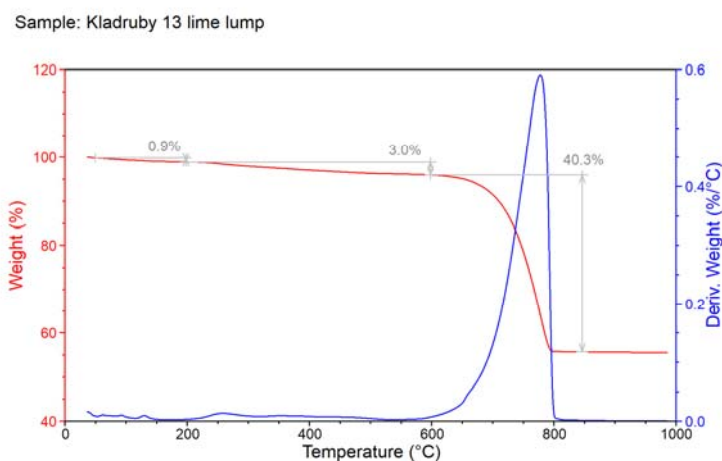
PŘÍLOHA

Termická analýza vzorků omítky

Termická analýza byla použita k identifikaci pojiva vzorku Kladruby 13. Byla analyzována pojivová frakce malty s velikostí částic menší než 0,063 mm, ale i odseparovaná hrudka nerozmíchaného vápenného pojiva. Záznamy obou vzorků (obr. 4 a 5) mají podobný průběh vyznačující se jedním výrazným dějem, a to rozkladem uhličitanu vápenatého v rozmezí teplot 600-800°C s hmotnostním úbytkem 27 %, resp. 40,3 %. Tyto úbytky odpovídají obsahu uhličitanu 61,4 % (vzorek Kladruby 13) a 92 % hm. (vzorek Kladruby 13 vápenná hrudka). Nižší obsah uhličitanu ve vzorku Kladruby 13 lze vysvětlit znečištěním analyzované frakce jemným kamenivem. V teplotním intervalu 200 – 600°C dochází u obou vzorků malt k malému a pozvolnému úbytku hmotnosti (3,9 % a 3 %), což svědčí o nízkém obsahu chemické vázané vody. Poměr uvolněného CO₂ a vázané vody CO₂/H₂O má u vzorku vápenné hrudky hodnotu 13. Tato hodnota odpovídá dle metodiky Moropoulou (5) pro historické malty vzdušnému vápnu.

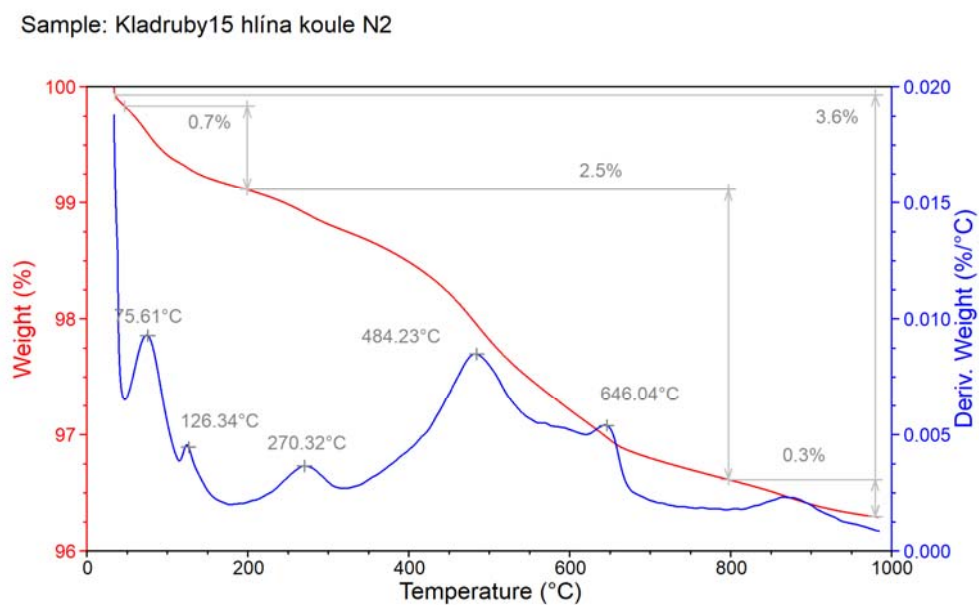


Obr. 4 : Záznam termické analýzy vzorku Kladruby 13



Obr. 5 : Záznam termické analýzy vápenné hrudky ze vzorku Kladruby 13

Dalším analyzovaným vzorkem byl vzorek hliněné hrudky Kladruby 15. Na záznamu TGA/DTG analýzy bylo zaznamenáno několik pásů v celém teplotním intervalu (obr. 6) s celkovým hmotnostním úbytkem 3,6 % hm. Při teplotách do 200°C dochází k uvolnění fyzikálně vázané vody ze vzorku, v intervalu teplot 200°C-700°C se uvolňuje voda vázaná chemicky, jedná se pravděpodobně o dehydrataci oxyhydroxysloučenin železa (goethit?, pás 270°C) a jílových minerálů (pásky 484°C a 646°C). Poslední malý úbytek 800-1000°C souvisí s uvolněním CO₂ z karbonátů.

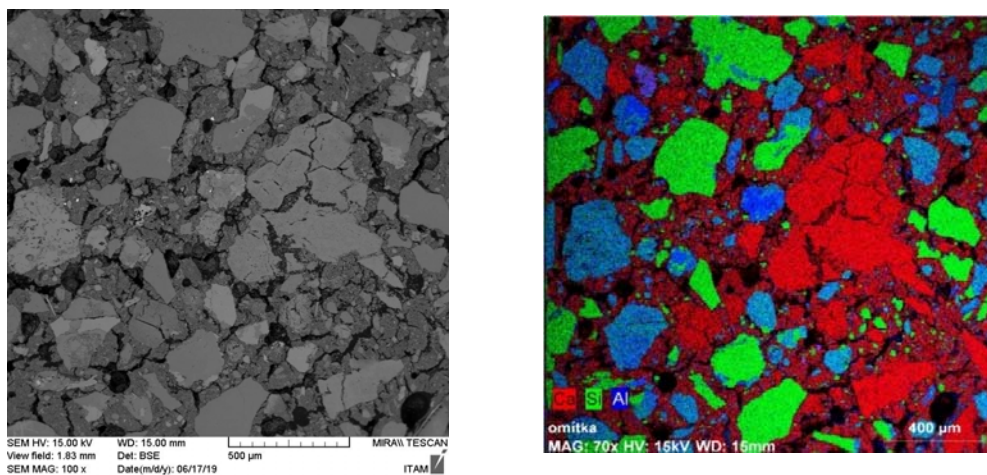


Obr. 6 : Záznam termické analýzy vzorku hliněné hrudky ze vzorku Kladruby 15

SEM-EDS analýza



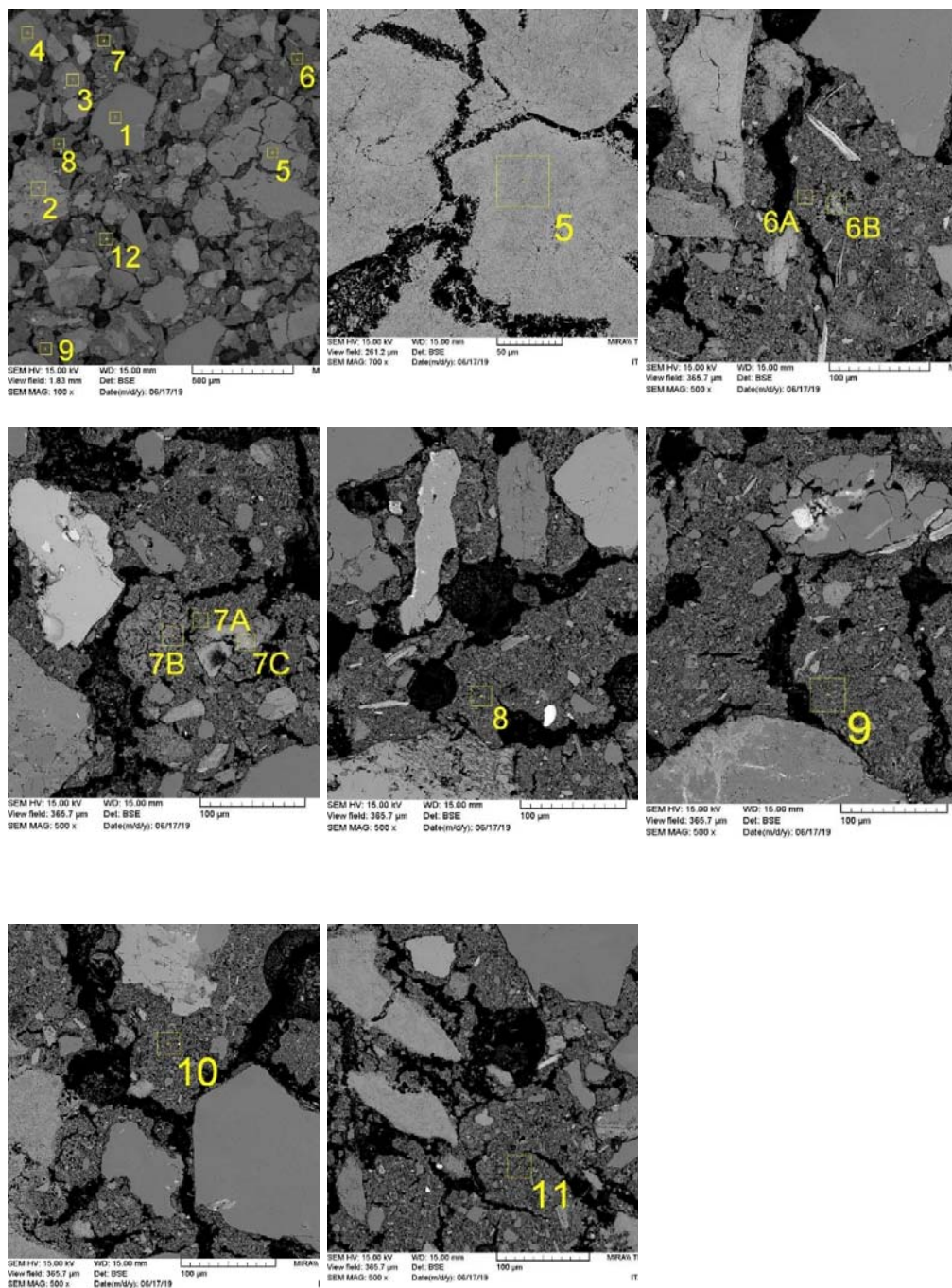
Obr. 7 Analyzovaný vzorek omítky - vlevo makrosnímek, vpravo snímek z elektronového mikroskopu (SEM)



Obr. 8 Vlevo mikrostruktura omítky (SEM), vpravo chemické složení písku a pojiva omítky (SEM-EDS mapa: zelená zrna křemene, modrá zrna hlinitokřemičitanů, červená vápenné pojivo omítky)

Tab.3. Chemické složení (SEM-EDS analýza) komponent omítky

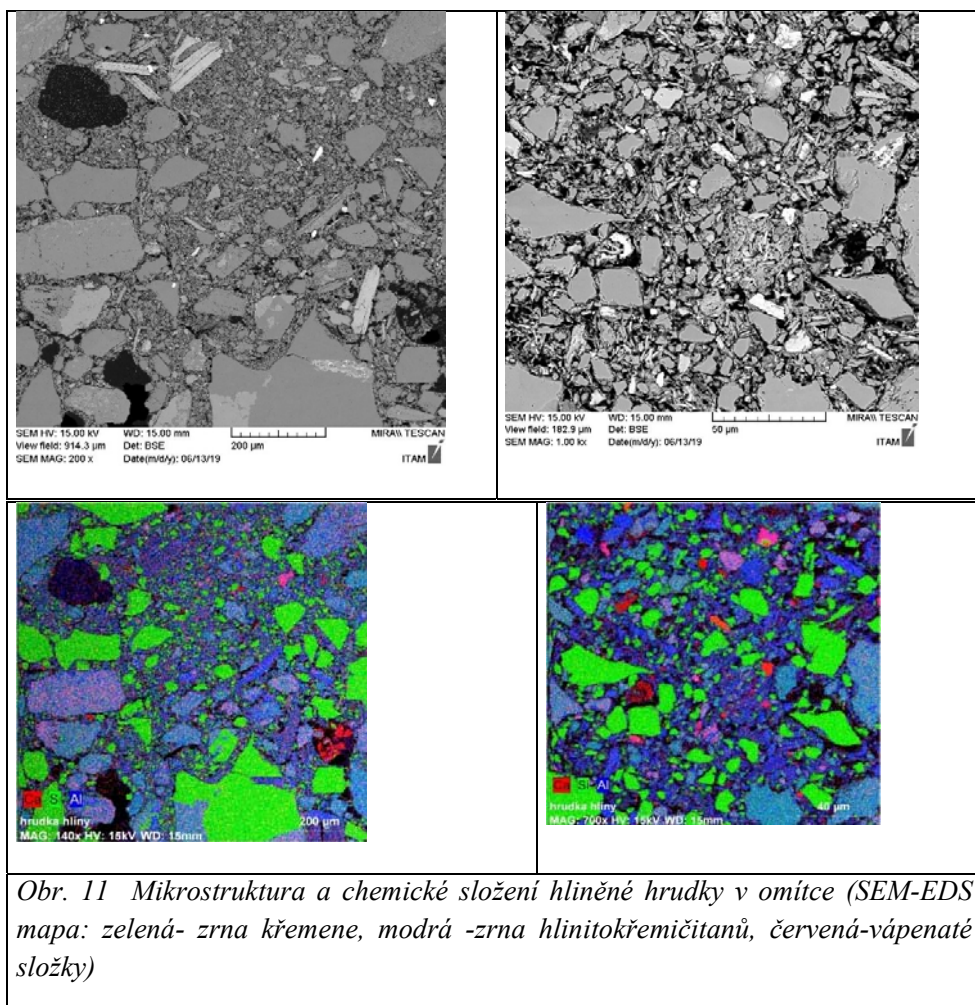
	1	2	3	4	5	6A	6B	7A	7B	7C	8	9	10	11
CaO		0,21	0,58	3,27	100	97,5	98,3	93,2	98,3	97,5	98,3	89,1	90,3	92,2
SiO ₂	100	62,1	58,2	62,9		0,61	0,48	2,85	0,22	0,72	0,33	6,38	5,05	3,82
Al ₂ O ₃		19,2	25,4	22,1		0,31		1,59	0,19	0,14	0,12	2,65	2,12	1,91
MgO			1,63	0,06		0,65	0,59	1,19	0,86	1,20	0,54	1,02	0,77	0,81
Na ₂ O		0,51	8,74	10,7		0,14	0,13	0,09	0,08	0,08		0,16	0,20	0,11
K ₂ O		17,8	1,10	0,63			0,05	0,11			0,07	0,43	0,22	0,22
SO ₃						0,28	0,11	0,40	0,09	0,16	0,31	0,28	0,31	0,29
Cl			0,05			0,25	0,34	0,19	0,24	0,18	0,31		0,21	0,15
TiO ₂			0,11			0,25							0,15	
FeO		0,11	4,16	0,23				0,40					0,66	0,52



Obr. 9 Analyzované komponenty omítky: 1 – křemenné zrno, 2,3,4 – zrna živců (hlinitokřemičitanů), 5 – kousek vápna, 6 až 11- vápenné pojivo. Chemické složení komponent viz Tabulka 3.



Obr. 10 Analyzovaný vzorek hliněné hrudky - vlevo makrosnímek, vpravo snímek z elektronového mikroskopu (SEM).

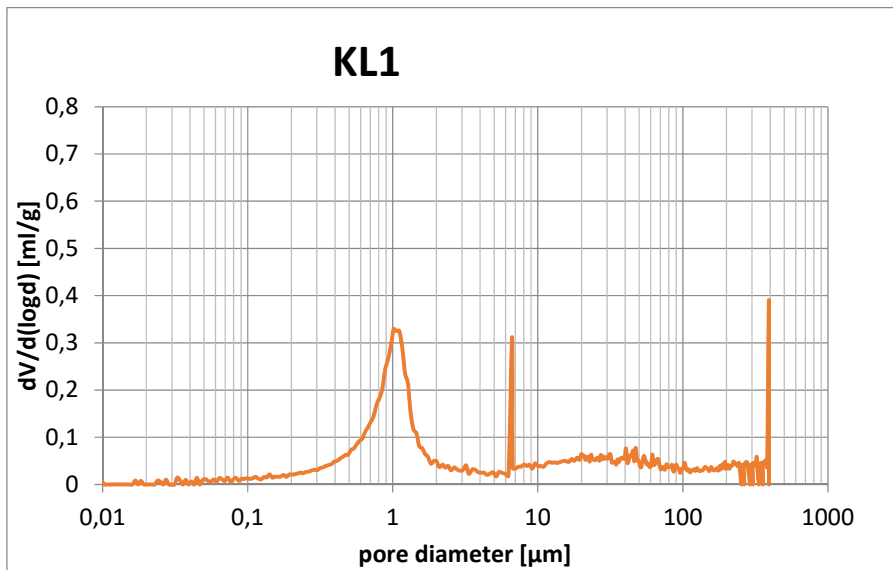


Obr. 11 Mikrostruktura a chemické složení hliněné hrudky v omítce (SEM-EDS mapa: zelená- zrna křemene, modrá -zrna hlinitokřemičitanů, červená-vápenaté složky)

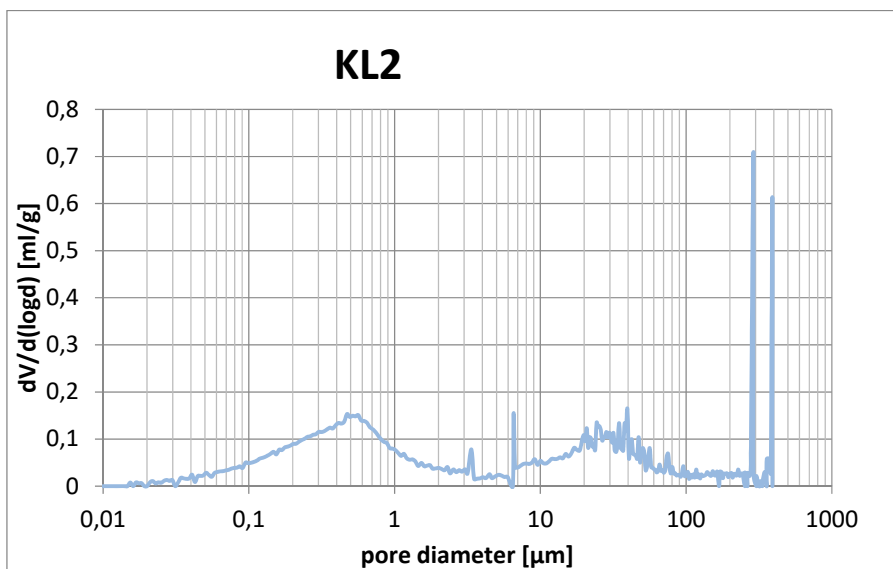
Rtuťová porozimetrie

Tab.4. Distribuce velikosti pórů v omítce (analyzovány dva vzorky, značené 1 a 2)

Distribuce velikosti pórů (% obj.)							
SAMPLE	Pórovitost [% obj.]	0,005-0,01 μm	0,01-0,1 μm	0,1- 1 μm	1-10 μm	10-100 μm	100-375 μm
KL1 sl	33,91	0,16	2,90	30,18	33,53	22,71	10,53
KL2 sl	37,90	0,28	6,92	41,74	16,14	28,61	6,30



Obr. 12 Distribuce velikosti pórů v omítce ze vzorku 1



Obr. 13 Distribuce velikosti pórů v omítce ze vzorku 2

Pórovitost přístupná vodě za atmosférického tlaku podle ČSN EN 1015-10.

Vzorky omítek byly vysušeny do konstantní hmotnosti, byla zaznamenána jejich počáteční hmotnost v suchém stavu (m_0), následně byly uloženy pod vodou (destilovaná voda) po dobu 24 hodin. Vodou nasycené vzorky byly zváženy na vzduchu a pod vodou.

Pórovitost přístupná vodě po 24 hod uložení pod vodou za atmosférického tlaku je v průměru $31,4 \pm 1$ objemových %. Absorpce vody vzorkem za atmosférického tlaku je $19,8 \pm 1$ %. hm. Objemová hmotnost 1586 ± 31 kg m⁻³.

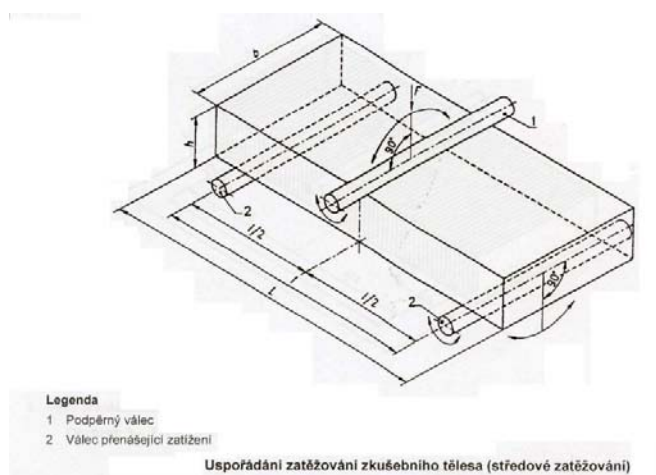
Tab.5. Fyzikální vlastnosti sady dodaných vzorků omítky

Výpočty podle vzorců uvedených v ČSN EN 1015-10 a ČSN EN 1936 (7/2007).

označení vzorků	Hmotnost vody (g)	Zdánlivý objem (ml)	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Průměr stdv	Volume of open pores	Oteřená pórovitost [%]	Průměr stdv	Absorpce vody vzorkem atm. tlak [%]	Průměr stdv
1 kus omítky	16,5	56,3	1644		16,5	29,4		17,8	
2 kus omítky	8,7	26,8	1554		8,8	32,7		21,0	
3 kus omítky (s plevami)	15,2	48,3	1574	1586	15,3	31,6	31,4	20,0	19,8
4 kus omítky	30,7	94,4	1556	31	30,7	32,6	1,1	20,9	1,1
9 kus omítky	47,1	152,2	1592		47,2	31,0		19,5	
6 kus omítky (s plevami)	37,7	121,9	1595		37,8	31,0		19,4	

Mechanické zkoušky

Schéma stanovení pevnosti za ohybu při soustředěném zatížení



Vyhodnocení podle ČSN 12372 (721145) Stanovení pevnosti za ohybu při soustředěném zatížení

$$R_{tf} = \frac{3.F.l}{2.b.h^2}$$

R_{tf} pevnost v ohybu, v megapascálech
 F, F_{max} zatížení při porušení, v newtonech
 l vzdálenost mezi podpěrnými válečky, v milimetrech
 b šířka průřezu zkušební tělesa v blízkosti lomové plochy, v milimetrech
 h (tloušťka) výška průřezu zkušební tělesa v blízkosti lomové plochy, v mm

Ohyb Nezpevněná omítka

CSN 12372

Pevnost v ohybu [MPa]

Název vzorku	F _{max} [N]	Výška h [mm]	Šířka b [mm]	Podpory l [mm]	Název záznamu	Název obr	délka [mm]	Pevnost R _{tf} [MPa]
kr 1	9,18	14,44	22,1	40	kr_001.xls			0,12
kr 2	54,05	19,65	27,98	40	kr_002.xls			0,30
kr 3	30,23	21,25	27,79	40	kr_003.xls			0,14
kr 4	166,48	24,36	38,62	40	kr_004.xls			0,44
Průměr =								0,25
Směrodatná odchylka								0,15
Variační součinitel								0,59

Siloměr lukas
 2kN
 Snímač průhybu none
 rychlost zatěžování 0,15 mm x min⁻¹

Ohyb Zpevněná omítka

CSN 12372

Pevnost v ohybu [MPa]

Název vzorku	F _{max} [N]	Výška h [mm]	Šířka b [mm]	Podpory l [mm]	Název záznamu	Název obr	délka [mm]	Pevnost R _{tf} [MPa]
k12_1	110,46	19,81	24,11	40	k12_001.xls			0,70
k12_2	91,53	17,99	22,58	40	k12_002.xls			0,75
Průměr =								0,73
Směrodatná odchylka								0,04
Variační součinitel								0,05

Siloměr Lukas
 2kN

Snímač průhybu none
 rychlost zatěžování 0,15 mm x min-1

Ohyb Zpevněná omítka

CSN 12372

Pevnost v ohybu [MPa]

Název vzorku	F _{max} [N]	Výška h [mm]	Šířka b [mm]	Podpory l [mm]	Název záznamu	Název obr	délka [mm]	Pevnost R _{tf} [MPa]
k13_1	95,07	19,52	22,45	40	k13_001.xls			0,67
k13_2	77,78	18,03	21,04	40	k13_002.xls			0,68
Průměr =								0,67
Směrodatná odchylka								0,01
Variační součinitel								0,02

Siloměr lukas
 2kN
 Snímač průhybu none
 rychlost zatěžování 0,15 mm x min-1

Ohyb Zpevněná omítka

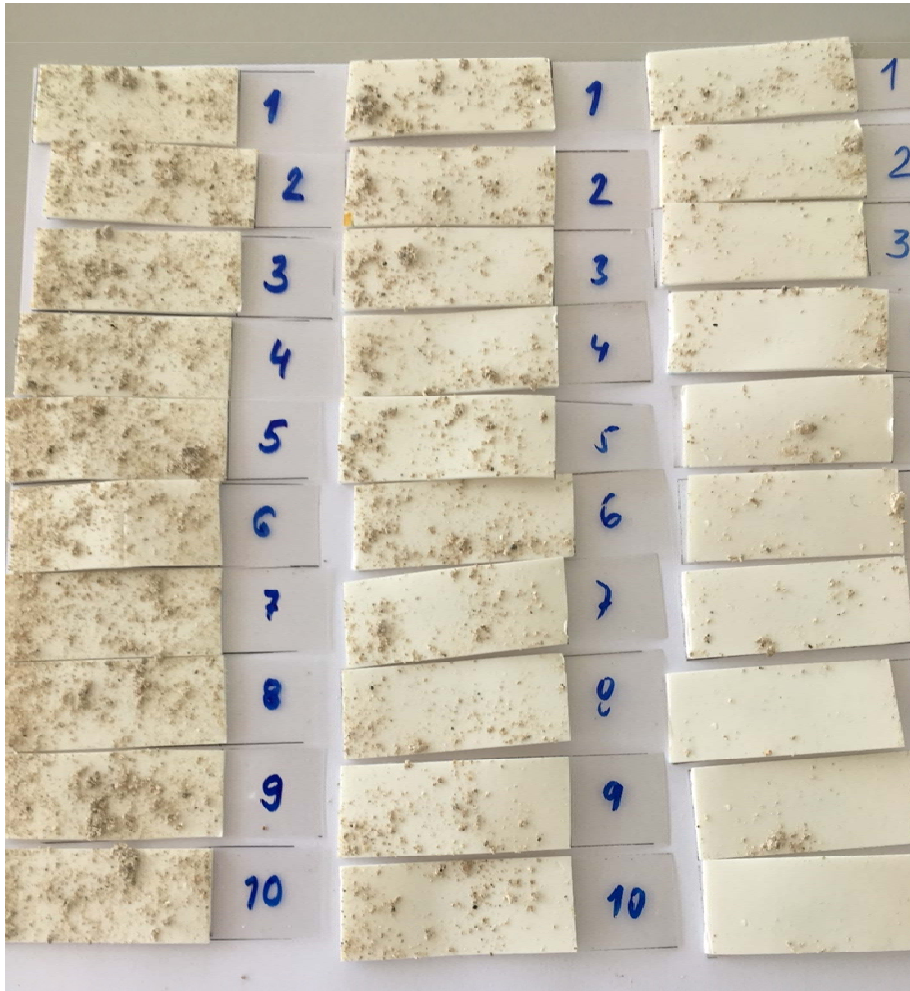
CSN 12372

Pevnost v ohybu [MPa]

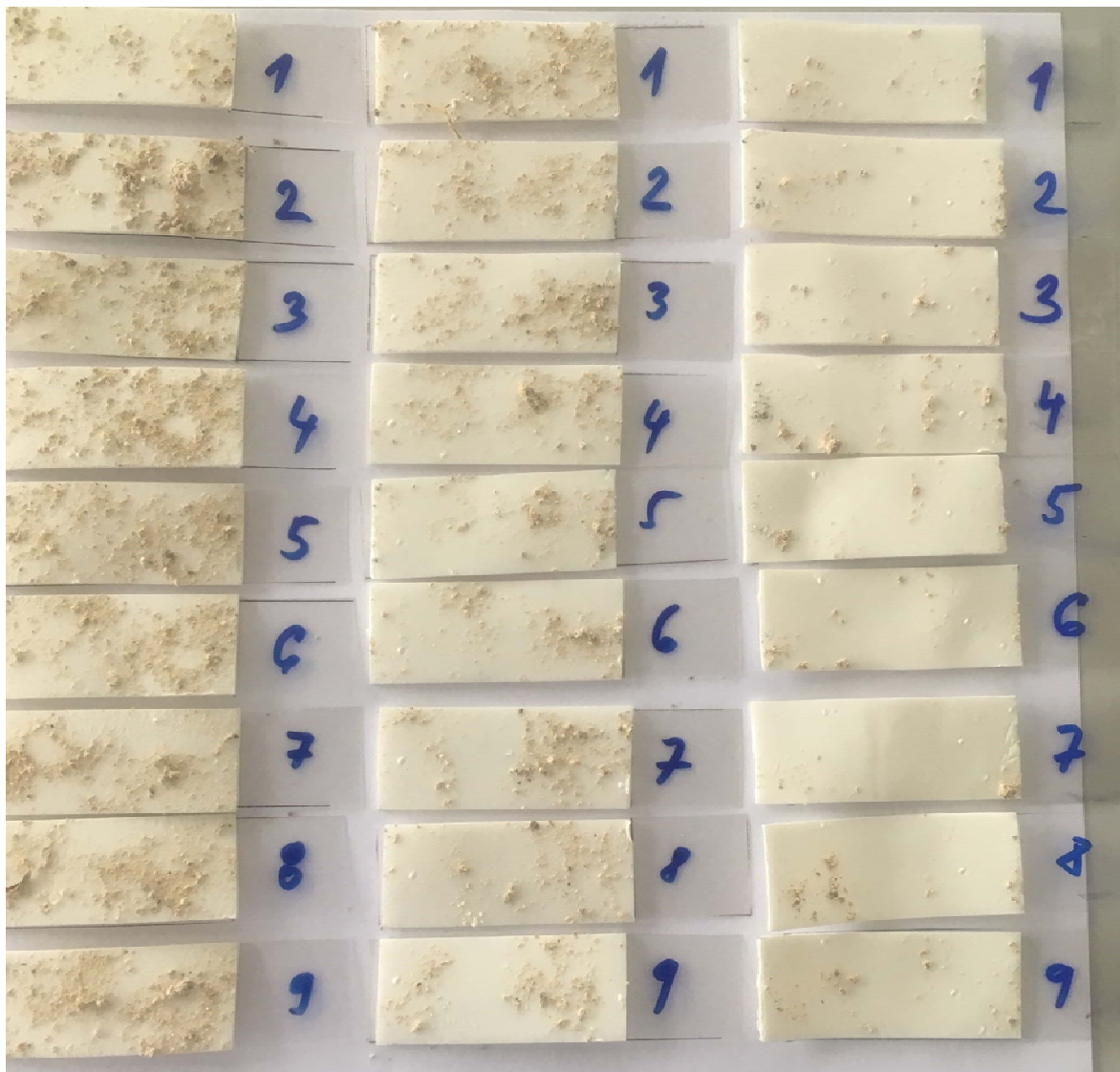
Název vzorku	F _{max} [N]	Výška h [mm]	Šířka b [mm]	Podpory l [mm]	Název záznamu	Název obr	délka [mm]	Pevnost R _{tf} [MPa]
k14_1	55,81	18,86	18,76	40	k14_001.xls			0,50
k14_2	25,91	17,99	15,31	40	k14_002.xls			0,31
Průměr =								0,41
Směrodatná odchylka								0,13
Variační součinitel								0,33

Siloměr lukas
 2kN
 Snímač průhybu none
 rychlost zatěžování 0,15 mm x min-1

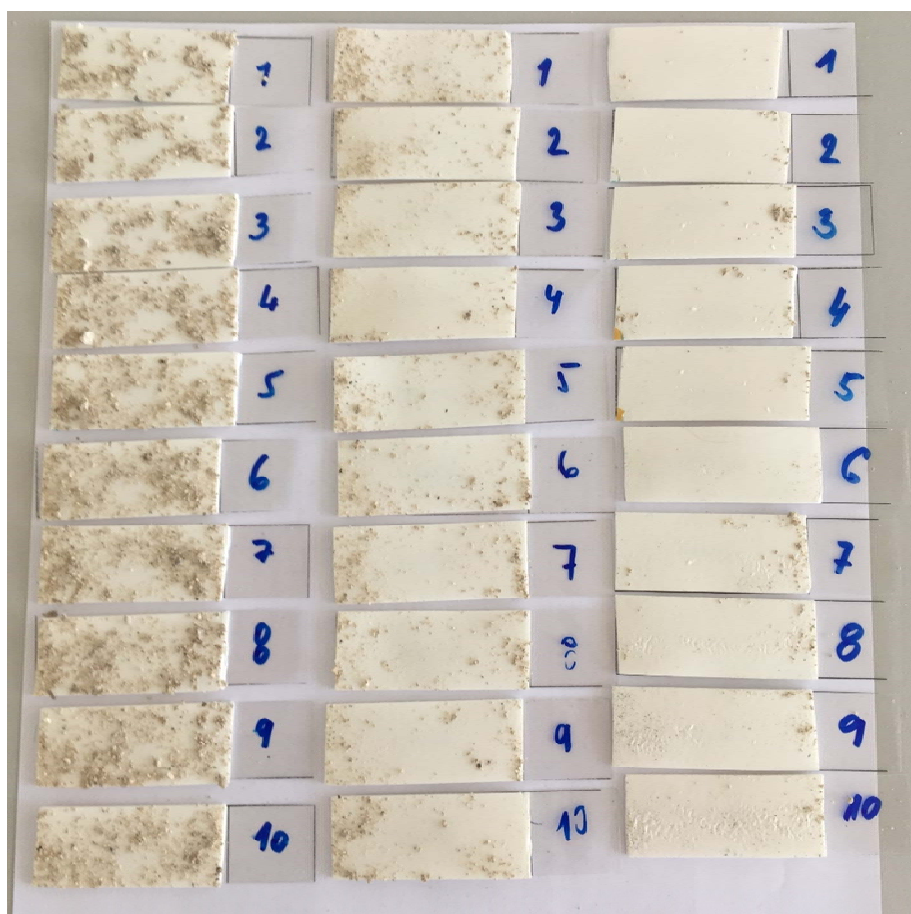
Výsledky zkoušky povrchové soudržnosti (peeling testu)



Obr. 14. Výsledky peeling testu před a po zpevnění. V levém sloupci omítka odtržená lepicí páskou z povrchu vzorku před zpevněním (10 odtrhů na stejném místě). Ve středním sloupci odtržená omítka po zpevnění jednou aplikací prostředku Remmers KSE 300. V pravém sloupci odtržená omítka po zpevnění dvěma aplikacemi prostředku Remmers KSE 300.



Obr. 15. Výsledky peeling testu před a po zpevnění. V levém sloupci odtržená omítka lepicí páskou z povrchu vzorku před zpevněním (10 odtrhů na stejném místě). Ve středním sloupci odtržená omítka po zpevnění jednou aplikací prostředku Remmers KSE 300. V pravém sloupci odtržená omítka po zpevnění dvěma aplikacemi prostředku Remmers KSE 300 a po přestávce dvou dní 1 aplikací prostředku CaLoSiL E 25.



Obr. 16. Výsledky peeling testu před a po zpevnění omítky prostředkem CaLoSiL E 25. V levém sloupci odtržená omítka lepicí páskou z povrchu vzorku před zpevňováním (10 odtrhů na stejném místě). Ve středním sloupci odtržená omítka po zpevnění jednou aplikací prostředku, v pravém sloupci odtržená omítka po zpevnění dvěma aplikacemi prostředku CaLoSiL E 25.