

Univerzita Pardubice

Fakulta restaurování

Ateliér restaurování a konzervace nástěnné malby, sgrafita a mozaiky

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

**Změna vlastností vápenné kaše po zmrazení. Restaurování sgrafita
s výjevem *Únos Heleny Trojské* na zámku Litomyšl**

BcA. Andrea Šafaříková

Vedoucí práce: MgA. Zuzana Wichterlová

Konzultanti: Ing. Jan Válek, Ph.D., Ing. Renata Tišlová, Ph.D., Ing. Karol Bayer

Diplomová práce

2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	BcA. Andrea Šafaříková
Osobní číslo:	R22010
Studijní program:	N0222A310001 Restaurování a konzervace děl hmotného kulturního dědictví
Specializace:	Nástěnná malba, sgrafito, mozaiky a polychromie omítek a kamene
Téma práce:	Změna vlastností vápenné kaše po zmrazení. Restaurování sgrafita s výjevem Únos Heleny Trojské na zámku Litomyšl.
Zadávací katedra:	Ateliér restaurování malby a sgrafita

Zásady pro vypracování

Diplomová práce je prací, ve které student dokládá, že je schopen samostatně a tvůrčím způsobem provést komplexní restaurátorský zásah a zároveň teoreticky prostudovat, invenčně a samostatně řešit dané teoretické téma.

Andree Šafaříkové byla v rámci diplomové práce přidělena pravá část výjevu "Únos Heleny Trojské", který se nachází ve třetím figurálním pásu severozápadní fasády II. nádvoří na zámku v Litomyšli. Úkolem studentky je nejprve provést restaurátorský průzkum, v jehož rámci bude prozkoumána původní technika, rozsah druhotných zásahů, stav výjevu a rozsah jeho degradace a poškození. Dále budou provedeny zkoušky postupů. Diplomantka vyhodnotí výsledky průzkumu, připraví návrh na restaurátorský zákrok a provede restaurování. Důležitým krokem bude injektáž omítkových vrstev, která musí být v exteriéru velmi důsledná. Vzhledem k tomu, že výjev je součástí celku, je při restaurování nutné přizpůsobit míru retuše okolním výjevům. Restaurátorská dokumentace přiděleného úseku musí obsahovat všechny nezbytné údaje a kapitoly, včetně kvalitní fotodokumentace a grafické dokumentace. Průběh prací bude konzultován jak s vedoucím práce, tak se zástupci PU.

Rozšířená část diplomové práce se bude zabývat vlastnostmi vápenné kaše po zmrazení. Studentka má za úkol porovnat vápno, které prošlo mrazem, s referenčním nezmraženým vzorkem. Součástí experimentu bude i ověřování vhodných podmínek pro přípravu mražených vápen (ředění vodou, množství cyklů, rychlost mražení i tání). Pro experiment bude využita kaše uleželá i kaše z vápenného hydrátu. U vzorků bude sledován vliv mražení na vybrané vlastnosti, například na velikost částic, sedimentaci, rychlost karbonatce, i na výslednou pevnost malt připravených z testovaných kaší.

Po formální stránce dodrží diplomantka pravidla psaní diplomových prací, stanovená na FR UPCE.

Textová podoba diplomové práce včetně všech fotografií, grafických zákresů a dalších vyobrazení bude vedoucímu práce předložena ke korektuře nejpozději tři týdny před oficiálním odevzdáním diplomové práce.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- ALONZO, Rafael Ruiz. *Esgrafiado. Materiales, técnicas y aplicaciones*. 2015. ISBN 97884-86789-84-8.
- WAISSER, Pavel (ed.). *Sgrafita zámku v Litomyšli*. Litomyšl [i.e. Pardubice]: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Pardubicích, 2011. ISBN 978-80-904097-9-8.
- SEIFERTOVÁ RACKOVÁ, Eliška. *Zámek Litomyšl: malá kniha o velkém stavení*. [Litomyšl]: město Litomyšl, 2021. ISBN 978-80-907947-4-0.
- ŘÍHOVÁ, Vladislava (ed.). *Sgrafito 16.-20. století: výzkum a restaurování : příspěvky ze semináře Sgrafito 16.-20. století a workshopu Sgrafito Litomyšlského zámku, konaných 16. a 17. dubna 2009 v Kongresovém sále zámku Litomyšl*. Pardubice: Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2009. ISBN 978-80-7395-228-0.
- VOJTĚCHOVSKÝ, Jan (ed.). *Sgraffito in Change: original realization vs. secondary interventions : second international conference*. Pardubice: University of Pardubice, 2022. ISBN 978-80-7560-423-1.
- COOK K. L. K, HARTEL R. W. *Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production*. In. *Comprehensive reviews in food science and food*. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x>
- Hardcore Sustainable. What happens when you use frozen lime putty in lime plaster? In. *Youtube*. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=130mC6ehn04>
- MICHOLINOVÁ, Dagmar, NEČAS, Radovan. *Mechanical activation of frozen lime putties*. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/379/1/012009>
- *What happens when lime putty friezes?* Dostupné z: <https://preservationscience.com/materials/lime/FL.html>
- OATES, Joseph A. H. *Lime and limestone: chemistry and technology, production and uses*. Weinheim: Wiley, 1998. ISBN 3-527-29527-5.
- ZELINGER, Jiří. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Academia, 1987.
- HOŠEK, Jiří. *Omítky historických staveb*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. ISBN 80-04233-49-x.
- MORA, Paolo, Laura MORA a Paul PHILIPPOT. *Conservation of wall paintings*. Boston: Butterworths, c1984. ISBN 0-408-10812-6.
- MARTIN, Bill; WOOD, Chris; HENRY, Alison a STEWART, John (ed.). *Mortars, renders & plasters*. Practical building conservation. Farnham, Surrey: Ashgate, 2011. ISBN 978-0-7546-4559-7.

Vedoucí diplomové práce:

MgA. Zuzana Wichterlová

Ateliér restaurování malby a sgrafita

Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2025**

L.S.

Mgr. BcA. Radomír Slovik
děkan

MgA. Zuzana Wichterlová
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 6. května 2025

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice (Dislokované pracoviště – Fakulta restaurování, Litomyšl).

V Litomyšli dne

.....

BcA. Andrea Šafaříková

Poděkování:

Mé poděkování patří všem, kteří mě podporovali a pomáhali mi při vzniku této práce. Chtěla bych poděkovat MgA. Zuzaně Wichterlové, za odborné vedení jak při práci, tak po dobu studia. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janovi Válkovi, Ph.D., Ing. Renatě Tišlové, Ph.D. a Ing. Karlovi Bayerovi za odborné vedení a pomoc při experimentální části této diplomové práce.

Děkuji své rodině, přátelům a blízkým, za podporu a pomoc v průběhu celého mého studia.

Název

Změna vlastností vápenné kaše po zmrazení. Restaurování sgrafita s výjevem *Únos Heleny Trojské* na zámku Litomyšl

Anotace

Diplomová práce představuje zkoumání změn vlastností vápenné kaše po zmrznutí a restaurování výjevu *Únos Heleny Trojské* na sgrafitové fasádě na zámku v Litomyšli.

První část práce byla zaměřena na zkoumání vápenné kaše připravené přímo z páleného vápna a vápenné kaše z vápenného hydrátu poté, co projdou procesem mrznutí. Za tímto účelem byl proveden experiment, v rámci kterého byly vzorky vápenných kaší vystaveny různým podmínkám mrznutí v klimatické komoře. V další fázi byly na promrzlých vápenných kaších provedeny experimenty za účelem zjištění, do jaké míry se liší jejich vlastnosti proti referenčním vzorkům. Z promrzlých vápenných kaší byly rovněž umíchány malty. Ty byly podrobeny dalším analýzám s cílem zjistit, jestli by byly vhodné pro použití v praxi.

Druhá část diplomové práce byla zaměřena na restaurování výjevu *Únos Heleny Trojské* na sgrafitové fasádě na zámku v Litomyšli. Jednalo se konkrétně o pravou část výjevu. Nejdříve byl proveden uměleckohistorický a restaurátorský průzkum, na jejichž základě byla dále stanovena koncepce restaurování. Následně bylo přistoupeno k restaurátorskému zásahu. Veškeré provedené práce byly fotograficky dokumentovány a byla zhotovena restaurátorská dokumentace včetně grafických zakresů.

Klíčová slova

mrznutí, vápenná kaše, vápenný hydrát, klimatická komora, vlastnosti vápenné kaše, vápenná malta, maltové trámký, sgrafito, zámek Litomyšl, renesance, UNESCO, Olbram Zoubek

Title

Change in the properties of lime putty after being frozen. Restoration of sgraffito with the scene *The abduction of Helen of Troy* on the facade of Litomyšl castle.

Annotation

The thesis presents a research of changes in the properties of lime putty after freezing and the restoration of the scene *The Abduction of Helen of Troy* on the sgraffito façade at the Litomyšl Castle.

The first part of the thesis was focused on examining lime putty made directly from quicklime and hydrated lime after undergoing the freezing process. For this purpose, an experiment was conducted in which samples of lime putty were exposed to various freezing conditions in the climatic chamber. The study compared differences in the properties of samples frozen in open versus closed containers, as well as samples subjected to single or multiple freeze cycles. In the next phase, experiments were performed on the frozen lime putties to determine the extent of property changes compared to reference samples. Mortars were also mixed from the frozen lime putties and subjected to further analyses to assess their suitability for practical use.

The second part of the thesis was focused on the restoration of the scene *The Abduction of Helen of Troy* on the sgraffito façade at Litomyšl Castle, specifically the right section of the scene. An art-historical and conservation survey were first carried out, based on which the restoration concept was developed. Restoration work then proceeded accordingly. All activities were thoroughly documented photographically, and conservation documentation, including graphic drawings, was prepared.

Key words

freezing, lime putty, lime hydrate, climatic chamber, lime putty properties, lime mortar, mortar prism samples, sgraffito, Litomyšl Castle, Renaissance, UNESCO, Olbram Zoubek

Obsah

Úvod.....	12
1 Změna vlastností vápenné kaše po zmrazení	13
1.1 Rešerše dostupných informací k tématu.....	13
1.1.1 Vlastnosti vápenné kaše a vápenného hydrátu	13
1.1.2 Experimenty zabývající se promrzlou vápennou kaší připravenou z páleného vápna a kaší z vápenného hydrátu	14
1.1.3 Rešerše související s vlastnostmi promrzlé vápenné kaše.....	17
1.2 Závěry rešerše	18
1.3 Příprava vzorků a použité materiály	19
1.3.1 Materiál	19
1.3.2 Příprava vzorků	19
1.3.3 Přípravný experiment k mrazení vzorků	20
1.3.4 Mrazení vzorků v klimatické komoře	21
1.3.4.1 Nastavení teplot v komoře	22
1.3.5 Příprava vzorků z čisté vápenné kaše.....	23
1.3.5.1 Sjednocení množství vody a pevné složky ve vzorcích	23
1.3.5.2 Příprava vzorků pro sledování karbonatace, sedimentace a TA analýzu	23
1.3.5.3 Příprava vzorků z vápenných malt	24
1.4 Metodika experimentu	26
1.4.1 Cíl experimentu.....	26
1.4.2 Použité metody měření a analýzy	26
1.4.2.1 Sledování karbonatace vzorků vápenných kaší a maltových trámek vážením	26
1.4.2.2 Sledování sedimentace vzorků vážením a vizuálním posouzením	26
1.4.2.3 Termická analýza	27
1.4.2.4 Ultrazvuková transmise.....	28
1.4.2.5 Stanovení modulu pružnosti.....	28
1.4.2.6 Pevnost v tahu za ohybu.....	29

1.5 Výsledky experimentu	30
1.5.1 Změny vlastností vzorků po procesu mrznutí a po rozmrznutí	30
1.5.1.1 Výsledky – průběh mrazících cyklů a teplot ve vzorcích	30
1.5.1.2 Výsledky – vizuální posouzení sedimentace a velikosti částic	31
1.5.1.3 Výsledky – bubliny	32
1.5.2 Sledování sedimentace u promrzlých vzorků slitím volné vody	32
1.5.3 Sledování karbonatace vzorků vážením	34
1.5.4 Sledování karbonatace termickou analýzou	35
1.5.5 Testování maltových trámek	37
1.5.5.1 Sledování karbonatace maltových trámek vážením	37
1.5.5.2 Ultrazvuková transmise a stanovení modulu pružnosti	38
1.5.5.3 Pevnost v tahu za ohybu	39
1.6 Diskuse a závěr	39
2 Restaurování sgrafita s výjevem <i>Únos Heleny Trojské</i> na zámku Litomyšl	44
2.1 Úvodní údaje	44
2.1.1 Lokalizace památky	44
2.1.2 Údaje o památce	44
2.1.3 Údaje o akci	45
2.1.4 Údaje o dokumentaci	45
2.2 Úvod	46
2.3 Průzkum díla	47
2.3.1 Uměleckohistorický průzkum	47
2.3.1.1 Popis budovy díla	47
2.3.1.2 Stručná historie díla	47
2.3.1.3 Předlohy a analogie díla	49
2.3.1.4 Předchozí restaurátorské a stavební zásahy a průzkumy	49
2.3.2 Restaurátorský průzkum	53
2.3.2.1 Vizuální průzkum v rozptýleném denním světle	53

2.3.2.2 Perkusní průzkum (poklepem)	54
2.3.3 Komplexní vyhodnocení průzkumu	54
2.4 Zkoušky technologií a materiálů	58
2.5 Návrh restaurátorského zákroku	60
2.5.1 Návrh koncepce restaurování	60
2.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací	61
2.6 Dokumentace restaurátorského zásahu	61
2.6.1 Postup restaurátorských prací	61
2.6.1.2 Preventivní opatření	61
2.6.1.3 Konsolidace nesoudržných omítkových vrstev	62
2.6.1.4 Hloubková injektáž dutin	62
2.6.1.5 Čištění sádrovcových krust	62
2.6.1.6 Čištění	62
2.6.1.7 Konsolidace celého výjevu	63
2.6.1.8 Tmelení	63
2.6.1.9 Retuš	63
2.6.2 Použité materiály	63
2.6.3 Doporučený režim památky	65
2.7 Závěr	66
2.8 Seznam literatury, pramenů	67
2.8.1 Seznam literatury	67
2.8.2 Seznam pramenů	67
2.8.3 Databáze a internetové zdroje	68
2.9 Seznam obrazových příloh	70
2.10 Fotografická dokumentace	72
2.11 Grafická dokumentace	100
2.12 Přílohy	105

Úvod

Hlavní částí diplomové práce bylo zkoumání změn vlastností vápenných kaší poté, co projdou procesem mrznutí. Pro zjištění informací byly nejdříve dohledány rešerše, které se zabývaly mrznutím vápenných kaší, případně měly svým obsahem vliv na téma práce. V další části byla provedena příprava vzorků. Nejdříve byl proveden přípravný experiment, jehož cílem bylo zjistit za jakých podmínek dochází při mrznutí k největší změně vlastností vápenných kaší. Poté byly namíchány vzorky z dvou vápenných kaší připravených různým způsobem. Vzorky byly následně vloženy do klimatické komory, kde prošly procesem zmrznutí.

V další fázi byly provedeny experimenty zaměřující se na změnu vlastností vápenných kaší. Byla sledována sedimentace vápenných kaší v porovnání s referenčním vzorky, rychlost karbonatace a také, jestli došlo k alespoň částečné karbonataci již při mrznutí. Poté byly z vápenných kaší umíchány maltové trámky. Ty byly následně podrobeny testům pevnosti a pružnosti. Rovněž jako u vápenných kaší byla u maltových trámek pozorována rychlost karbonatace.

Výsledkem experimentu bylo zjištění, že promrzlé vápenné kaše mají proti referenčním kaším odlišnou strukturu, nicméně mráz neovlivňuje jejich karbonataci. Co se vápenných malt týče, promrzlá vápenná kaše nemá dle výsledků analýz výrazný vliv na výslednou pevnost malt, nicméně vyšší pevnost vykazovaly vzorky z vápenného hydrátu (promrzlé i referenční).

Diplomová práce se dále zabývá restaurováním pravé části výjevu *Únos Heleny Trójské* na sgrafitové fasádě zámku v Litomyšli. Nejdříve byl proveden uměleckohistorický a restaurátorský průzkum. Na základě informací získaných z průzkumu byla stanovena koncepce restaurování. Bylo rozhodnuto o respektování druhotných zásahů, které esteticky nebo technicky nenarušovaly integritu díla.

Nejvýraznějším poškozením byly dutiny v omítce. Omítka tak nebyla dostatečně soudržná a vyžadovala výrazný zásah. Proto bylo přistoupeno k injektáži dutin maltou na hydraulické bázi. Závěrečným úkonem byla retuš, kdy byla pro zvýšení plasticity do rytých míst nanášena tmavší barva. Bílá místa byla retušována barvou s odstínem, který byl stanoven pro celou sgrafitovou fasádu. Pro odlišení retuše pro budoucí zásahy byla do barvy přidána zinková běloba, která se při nasvícení UV světlem projevuje žlutou luminiscencí. Veškeré zásahy byly v průběhu prací fotograficky dokumentovány a všechny zjištění a postupy a grafické zákresy jsou součástí restaurátorské dokumentace.

1 Změna vlastností vápenné kaše po zmrazení

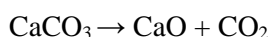
1.1 Rešerše dostupných informací k tématu

Rešerše dostupných zdrojů a informací byly dohledávány zejména v odborných člancích a experimentech, které byly zaměřené na procesy promrznutí vápna a krystalizace vody.

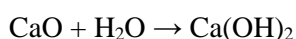
1.1.1 Vlastnosti vápenné kaše a vápenného hydrátu

Uleželá vápenná kaše a vápenný hydrát, kterými se zabývá tato diplomové práce, se vyznačují odlišnými vlastnostmi. Proces vzniku hašeného vápna začíná u vápence, který z chemického hlediska nese název uhličitán vápenatý (CaCO_3). Vápenec se pálí v peci při teplotě 900–1050 °C, čímž vznikne oxid vápenatý (CaO). Při pálení vápence, kalcinaci, dochází k poklesu jeho hmotnosti o 44 %.¹ Následně nastává proces hašení, tedy hydratace. Tímto procesem dochází k přeměně oxidu vápenatého (CaO) na hydroxid vápenatý (Ca(OH)_2). Vápenná kaše se hasí v přebytku vody. Vápenný hydrát se ovšem hasí tzv. za sucha, tedy beze zbytku vody. Procesem karbonatace vzniká opět uhličitán vápenatý (CaCO_3).²

Pálení uhličitánu vápenatého za vzniku oxidu vápenatého a oxidu uhličitého:



Hašení oxidu vápenatého vodou za vzniku hydroxidu vápenatého



Poslední fází vápenné kaše je její vysychání a následná karbonatace. Proces probíhá od povrchu vápna směrem do hloubky, protože vápno na sebe postupně navazuje oxid uhličitý ze vzduchu. Po chemické stránce se vápno opět mění na uhličitán vápenatý (CaCO_3).³ U procesu karbonatace dochází k exotermické reakci, která je řízená dvěma hlavními mechanismy, a to difuzí atmosférického plynu CO_2 a chemickou reakcí mezi rozpuštěným oxidem uhličitým (CO_2) a hydroxidem vápenatým (Ca(OH)_2). S procesem karbonatace roste také hmotnost, která na konci procesu dosahuje přibližně

¹ GALVÁN-RUIZ, M. et al. *Characterization of Calcium Carbonate, Calcium Oxide, and Calcium Hydroxide as Starting Point to the Improvement of Lime for Their Use in Construction* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/232815496_Characterization_of_Calcium_Carbonate_Calcium_Oxide_and_Calcium_Hydroxide_as_Starting_Point_to_the_Improvement_of_Lime_for_Their_Use_in_Construction [cit. 9.1.2025].

² VÁLEK, Jan. *Vápenné technologie historických staveb. Příprava specializovaných vápenných pojiv pro obnovu historických staveb. Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky. Praha, 2015, s. 22-23.*

³ *Ibidem*, s. 20-21.

135 %. Voda odehrává u procesu karbonatace významnou roli. Bez její přítomnosti nedochází k reakci mezi oxidem uhličitým a hydroxidem vápenatým. Odborné články uvádí, že karbonatace probíhá rychleji u odleželých vápenných kaš než u vápenného hydrátu, a to z důvodu menších částic, které vápenná kaše obsahuje.⁴

Kvalitu vzdušného vápna určuje norma ČSN. Důležitým parametrem, který se váže na pálené vápno, je vydatnost (ČSN 72 2215) a reaktivita (ČSN 72 2216). Zásadním doplňkovým parametrem kvalitního vzdušného vápna je jeho plasticita. Ta není u normy ČSN udávána. Plasticitu jako parametr kvality vápna udává norma ASTM C 110. Ta je stanovena na rozmezí hodnot 300–500 (jedná se o hodnotu bez jednotky).⁵ Míra plasticity se ovšem v praxi posuzuje většinou empiricky. Výsledkem je fakt, že kvalitní vápenná kaše by měla mít vysokou viskozitu.⁶

Dle některých názorů je ukazatelem kvality stejnorodost kaše, tedy obsah a kvalita hrubých částic při naředění kaše v přebytku vody. Hrubé částice, které není možné rozmělnit nebo rozetřít jemným tlakem, mohou způsobovat objemovou nestálost.⁷

Literatura uvádí problémy s promrzlým vápnem při uskladnění vápenné kaše, tedy v době, kdy je hašená vápenná kaše ponechána ve zrací jámě. Poté, co vápno dozraje, je nutné odstranit vrchní část vápenné kaše, která je karbonatována, znečištěna a může být degradována vlivem mrazu.⁸ Aby se zamezilo vyschnutí nebo promrznutí vápenné kaše ve zrací jámě, bývá jáma na vápno často překryta vrstvou písku, dřevěnými deskami či foliemi.⁹

1.1.2 Experimenty zabývající se promrzlou vápennou kaší připravenou z páleného vápna a kaší z vápenného hydrátu

Petra Vávrová a Petr Kotlík z Oddělení chemické technologie konzervace památek ICT Praha popisují reologické vlastnosti vápenných kaší, tedy jejich zpracovatelnost, plasticitu a sedimentaci částic.¹⁰ V rámci své práce popsali také reologické vlastnosti promrzlé vápenné kaše. Zmiňují, že objektivní vysvětlení rizik použití promrzlé vápenné kaše není pořád známé. Jako předpoklad toho, proč

⁴ CIZER, Ůlem et. al. *Real-time investigation of reaction rate and mineral phase modifications of lime carbonation* [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812002383> [cit. 9.1.2025].

⁵ BLÁHA, Jiří et al. *Vápno*. STOP. Praha, 2001, s. 13-15.

⁶ *Ibidem*, s. 31.

⁷ *Ibidem*, s. 15.

⁸ VÁLEK, Jan. Tradiční technologie výroby vápna. In. *Vápenné technologie historických staveb*. Národní technické Muzeum. Praha 2015, s. 33.

⁹ MICHONOVÁ, Dagmar. *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*. ČKAIT. Praha 2006, s. 18.

¹⁰ VÁVROVÁ, P., KOTLÍK, P. *Rheological properties of lime putty*. Department of chemical technology of monuments conservation. ITC Praha [online]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://schleibinger.com/k2004/vavrova04/Prezentace_Regensburg.pdf [cit. 1. 3. 2025]

by se promrzlá vápenná kaše neměla používat pro přípravu vápenných malt uvádí fakt, že při jejím zmrazení dochází ke shlukování jemných částic. Tím se zhoršují její reologické vlastnosti. Ty by mělo být dle jejich názoru možné zlepšit opětovnou mechanickou aktivací (promícháním).¹¹

V roce 2018 vznikl článek, který popisuje experiment zabývající se vlastnostmi vápna, které prošlo promrznutím.¹² Ing. Dagmar Michoinová, Ph.D. a Ing. Radovan Nečas zkoumali vlastnosti promrzlého vápna. Vzorky sestávaly z kaší připravených přímo z páleného vápna a vápenného hydrátu z Vápenky Čertovy schody a. s., kdy obě kaše byly 3 roky odleželé a obsahovaly stejné množství vody. Následně byly vzorky (přibližně 1 kg každého vzorku) promíchány a vystaveny 5 cyklům mrazení v klimatické komoře, a to od teploty -10 °C do pokojové teploty. Teplota v klimatické komoře pozvolna klesala po dobu 6 hodin. Následně byla udržována na hodnotě -10 °C po dobu 6 hodin. Poté byly vzorky ponechány při pokojové teplotě (přibližně 24 °C) po dobu 6 hodin, aby došlo k jejich rozmrazení. Po ukončení cyklů byly vzorky ponechány v pokojové teplotě po dobu 1 měsíce. Poté byly vzorky aktivovány laboratorním míchadlem. U vzorků byla měřena distribuce velikosti částic laserovým analyzátozem velikosti částic v prostředí izopropylalkoholu. Měření bylo provedeno před zmrazením, po rozmrznutí a po 1 měsíci od provedení experimentu, a to po promíchání vzorků. Částice větší než 0,315 mm byly odstraněny sítím, aby nedošlo k ucpání měřicího přístroje.¹³

Závěrem experimentu byl fakt, že vápenná kaše i kaše z vápenného hydrátu po promrznutí ztrácí klíčovou vlastnost, a to svou plasticitu a optimální distribuci částic. Po zmrazení byl zaznamenán nárůst hrubších částic, což vedlo k jejich sedimentaci v suspenzi. To dle autorů souviselo pravděpodobně se změnami povrchového náboje spolu s agregací krystalů portlanditu. Vlastnosti promrzlého vápna se výrazně zlepšily po opětovném promíchání, došlo také k zmenšení velikosti částic. Nicméně nedošlo k úplnému obnovení původních vlastností kaší. Dle autorů experimentu se po promrznutí méně projevuje reopektické chování vápen. Vzorky, které prošly procesem mrznutí, měly vzhled a vlastnosti vodní suspenze, byly velmi řídké a vykazovaly velmi rychlou sedimentaci pevných částic. Co se rozdílů mezi vlastnostmi vápenné kaše a kaše z vápenného hydrátu po promrznutí týče, autoři uvádí, že mezi jednotlivými kašemi není výrazný rozdíl.¹⁴ Fakt, že vápno po promrznutí ztrácí pojivé vlastnosti popisuje Ing. Dagmar Michoinová, Ph.D. také v knize věnující se přípravě vápenných malt.¹⁵

¹¹ VÁVROVÁ, P., KOTLÍK, P. *Rheological properties of lime putty*. Department of chemical technology of monuments conservation. ITC Praha [online]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://schleibinger.com/k2004/vavrova04/Prezentace_Regensburg.pdf [cit. 1. 3. 2025]

¹² MICHAINOVÁ, Dagmar, NEČAS, Radovan. *Mechanical activation of frozen lime putties* [online]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/379/1/012009> [cit. 21. 10. 2024].

¹³ *Ibidem*, s. 2-4.

¹⁴ *Ibidem*, s. 8.

¹⁵ MICHAINOVÁ, Dagmar. *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*. ČKAIT. Praha 2006, s. 32.

Kolektiv autorů v monografii vydané společností STOP¹⁶ porovnával vlastnosti vápenné kaše a vápenného hydrátu. Ve vydané monografii popisují pouze výsledky jejich experimentu, nikoli postup a použité analýzy. Uvádí, že vápenná kaše má proti vápennému hydrátu výrazně vyšší viskozitu. Dle jejich tvrzení způsobí zmrazení odleželé vápenné kaše na jeden cyklus (například na -18 °C) výrazný pokles viskozity. Přesto u ní dle jejich názoru zůstává viskozita vyšší než u čerstvého vápenného hydrátu.¹⁷

Dále byl objeven nepublikovaný článek na internetu o experimentu, který proběhl v USA.¹⁸ Autoři experimentu zkoumali, co se stane s vápennou kaší, když promrzne. Vápno, které prošlo mrazem za přirozených podmínek, tj. venku, propasírovali přes síto, aby co nejvíc rozbili hrudky vzniklé v důsledku mrazu. Následně z něj umíchali maltu v poměru 3 : 1 (3 díly písku, 1 díl vápenné kaše). Následující den při vizuálním posouzení zjistili, že malty z promrzlé vápenné kaše byly mnohem tvrdší a pevnější než běžné malty z nepromrznutého vápna.

Následně provedli testy v laboratorních podmínkách v Mississippi Lime Company. Hrudkovité vápno, které prošlo mrazem, zpracovávali po dobu 1 hodiny pomocí mixéru, dokud nevznikla hladká kaše. Vápno pak podrobili několika testům. Bylo zjištěno, že u promrzlé vápenné kaše se zlepšila se její plasticita. Karbonatace promrzlé vápenné kaše proběhla přibližně o 15 % rychleji než u nepromrzlé vápenné kaše. Ve vápně, které neprošlo mrazem, byly pomocí analyzátoru velikosti částic Microtrac naměřeny velikosti částic od 1 do 15 mikronů. V promrzlém vápně byly i pro promíchání mixérem částice, které přesahovaly 100 mikronů.¹⁹

Výsledek testu poukazyval na fakt, že vápenné malty, které byly připravené z promrzlého vápna, vykazovaly vyšší pevnostní vlastnosti a rychleji karbonatovaly.²⁰

Odborné literatury, která se zabývá přímo vlastnostmi vápna a vápenných malt po přemrznutí je relativně málo. Kromě odborných článků byly nalezeny i experimenty s přemrzlým vápnem prováděné laicky.

V roce 2021 se člen *Dancing Rabbit Ecovillage*, komunity zabývající se ekologickým bydlením, rozhodl při rekonstrukci domu provést fasádní omítku z promrzlé vápenné kaše, kterou našel poblíž domu.²¹ Hrudkovité vápno, které ztratilo svou plasticitu, promíchal vrtulí na vrtačce a následně ho

¹⁶ BLÁHA, Jiří et al. *Vápno*. STOP. Praha, 2001.

¹⁷ *Ibidem*, s. 31.

¹⁸ *What happens when lime putty freezes?* [online]. Dostupné z: <https://preservationsscience.com/materials/lime/FL.html> [cit. 21. 10. 2024]

¹⁹ *Ibidem*

²⁰ *Ibidem*

²¹ Hardcore Sustainable. *What happens when you use frozen lime putty in lime plaster?* In. *Youtube* [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=13OmC6ehn04> [cit. 16.11.2024].

přepasíroval přes jemné síto. Při setí byly patrné poměrně velké hrudky vápna, které nebylo možné rozmělnit. Propasírovaná a promíchaná vápenná kaše měla při vizuálním posouzení opět strukturu nepromrzlé vápenné kaše. Výsledná provedená omítka se vizuálně neodlišovala od klasické omítky, neobjevily se v ní praskliny a vykazovala dobrou pevnost.

1.1.3 Rešerše související s vlastnostmi promrzlé vápenné kaše

V článku zabývajícím se mechanismem krystalizace vody ve zmrzlině píšou autoři o procesu vzniku krystalů ledu při mrznutí.²² V článku jsou popsány informace, které mají svým obsahem vliv na téma této diplomové práce.

Autoři článku upozorňují na fakt, že při příliš nízké teplotě nedochází k tvorbě velkých krystalů (vznikají pouze menší krystaly). To je ovlivněno rychlostí ochlazování. Obecně platí, že pomalé zmrazování vede k vytvoření menšího počtu jader na daný objem a čas, což umožňuje větší prostor pro růst každého krystalu. Rychlé zmrazování naopak zvyšuje rychlost nukleace (vznik krystalů) a vytváří větší počet malých krystalů. Co se chemické struktury týče, molekuly vody postupně vytváří krystalické mřížky. Ačkoli vnitřní struktura ledu je obvykle rovnoměrná, růstové podmínky výrazně ovlivňují vnější tvar a velikost, tedy morfologii krystalu.²³

Při mírném nárůstu teploty na bod tání dochází k tání krystalů. Menší krystaly mají tendenci se roztát dříve než větší. Když teplota opět klesne pod bod mrazu, voda z menších krystalů se naváže na ty větší. Dochází tak k růstu krystalů nabalováním volné vody.²⁴ Zásadní je ovšem také množství vody. Autoři uvádí, že čím více vody se v suspenzi nachází, tím se tvoří větší krystaly vody.²⁵

A. E. Carte se ve své studii zabýval vzduchovými bublinami, které vznikají v ledu při zamrznutí.²⁶ Uvádí, že bubliny vznikají jako důsledek vylučování plynů z kapaliny při mrznutí. Jedním z faktorů, které ovlivňují množství a velikost bublin v ledu, je rychlost mrznutí. Voda nasycená vzduchem, která zamrzala při teplotě 0 °C, obsahovala při rychlosti mrznutí 0,5 mm/1 min. 6 bublin na 1 mm³ a při rychlosti mrznutí 5 mm/1 min obsahovala 300 bublin na 1 mm³. Bubliny se tvořily vždy na rozhraní ledu a vody. To znamená, že bubliny byly postupným zamrznutím tlačeny směrem dolů na dno

²² COOK K. L. K, HARTEL R. W. *Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production*. In: Comprehensive reviews in food science and food safety [online]. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x> [cit. 2. 11. 2024]

²³ Ibidem, s. 214-215.

²⁴ Ibidem, s. 216.

²⁵ Ibidem, s. 213.

²⁶ E. A. Carte. *Air Bubbles in Ice* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/231046748_Air_Bubbles_in_Ice [cit. 15. 2. 2025]

nádoby. Po rozmrznutí ledu se vzduch opět rozpustil do vody. Dalšími faktory, které ovlivňují velikost a množství bublin v ledu jsou množství rozpuštěného vzduchu ve vodě, tlak, únik bublin při vzlaku nebo tloušťka vrstvy vody.²⁷

1.2 Závěry rešerše

Při rešerši tématu bylo zjištěno, že se vlastnostem přemrzlého vápna dosud věnovalo relativně málo odborné literatury. Obecně lze říci, že neexistuje jednotný názor na to, zda a za jakých podmínek je možné přemrzlou kaši v praxi použít.

Ing. Dagmar Michoinová, Ph.D. a Ing. Radovan Nečas uvádějí, že při promrznání vápenné kaše dochází k nárustu hrubších částic, tedy k vzniku vápenných hrudek. Zároveň po rozmrznutí dochází k výrazné sedimentaci vápenné kaše, přičemž není rozdíl mezi kaší přímo z páleného vápna a kaší z vápenného hydrátu. V důsledku působení mrazu ztrácí vápenná kaše své klíčové vlastnosti, a to především svoji plasticitu a dochází ke zhoršení reologických vlastností. Spolu se sedimentací se jedná o důsledek vzniku hrubších částic. Nicméně je možné tyto vlastnosti po aktivaci mixérem a rozbití vápenných hrudek z velké části obnovit.²⁸ Hrudky je možné rozbít také pomocí síta, kdy se hrudky třením o síto rozmělní.²⁹

V rámci nepublikovaného experimentu, který byl dohledán na internetu dochází u malt připravených z promrzlé vápenné kaše k rychlejší karbonataci.³⁰ Nicméně byla rychlosti karbonatace posouzena pouze vizuálně. Měření rychlosti karbonatace pomocí analytického přístroje nebylo v článku uvedeno.

Z dostupných rešerší vyplývá, že voda odehrává při zamrznání významnou roli. Cook K. L. K a Hartel R. W. uvádí, že k tvorbě největších krystalů dochází při teplotě kolem 0 °C. Jejich vznik ovšem ovlivňuje zejména rychlost zamrznání a množství vody. Čím déle voda mrazne, tím dochází k vzniku větších krystalů. Když se voda nachází v suspenzi, větší krystaly se tvoří v důsledku přítomnosti většího podílu vody.³¹ E. A. Carte uvádí, že při zamrznání vody dochází k vylučování vzduchu rozpuštěného ve vodě. K zamrznání dochází od povrchu, uvolněná bublina vzduchu je při promrznání tlačena ke dnu

²⁷ Ibidem

²⁸ MICHAINOVÁ, Dagmar, NEČAS, Radovan. *Mechanical activation of frozen lime putties* [online]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/379/1/012009> [cit. 21. 10. 2024].

²⁹ Hardcore Sustainable. What happens when you use frozen lime putty in lime plaster? In. *Youtube* [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=13OmC6ehn04> [cit. 16.11.2024].

³⁰ *What happens when lime putty freezes?* [online]. Dostupné z: <https://preservation-science.com/materials/lime/FL.html> [cit. 21. 10. 2024]

³¹ COOK K. L. K, HARTEL R. W. *Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production*. In. *Comprehensive reviews in food science and food safety* [online]. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x> [cit. 2. 11. 2024]

nádoby. Tím, že voda zamrzá od vrchu a mění své skupenství, na dně nádoby vznikají vzduchové kapsy v podobě bublin. Jejich velikost i množství závisí především na teplotě, která by měla být kolem 0 °C a také na rychlosti zamrzání. Při rychlejším mrznutí dochází k vytvoření většího množství bublin.³²

Výsledky rešerší se svými postoji liší, přičemž některé použití promrzlé vápenné kaše v praxi nevyvrací, jiné ji kvůli změně vlastností nedoporučují. To vytváří nejednoznačný postoj vůči problematice promrzlé vápenné kaše.

1.3 Příprava vzorků a použité materiály

1.3.1 Materiál

Při experimentu byly porovnávány vlastnosti dvou vápenných kaší připravených různým způsobem, a to přímo z páleného vápna (dále nazývána vápenná kaše *K*) a komerčního vápenného hydrátu (dále nazýván vápenný hydrát *H*). Oba vzorky byly připraveny pálením vysokoprocenního koněpruského vápence, který se vyznačuje vysokou čistotou a nízkým obsahem nečistot (viz Tabulka 1). Vzorek *K* byl z páleného kusového vápna hašeného v přebytku vody. Vzorek *H* byl komerční, jednalo se konkrétně o vápenný hydrát *Čerták* z Vápenky Čertovy schody, naložený do vody dne 14 dní před začátkem experimentu.

Surovina	Kalcit	Dolomit	Křemen
Koněpruský vápenec	98,0 hm. %	1,9 hm. %	0,1 hm. %

Tab. 1: Fázová analýza Koněpruského vápence použitého pro přípravu páleného vápna. Analýza byla provedena metodou rentgenové práškové difrakce (XRD)³³

1.3.2 Příprava vzorků

Pro přesné porovnávání výsledků experimentu byly obě kaše před započítím experimentu cezené přes laboratorní síto, na velikost částic 0 - 0,063 mm. Následně byly ponechány v uzavřených nádobách po dobu 14 dnů, aby došlo k jejich sedimentaci. Oddělená voda byla slita.

³² Carte, E. A. *Air Bubbles in Ice* [online]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/231046748_Air_Bubbles_in_Ice [cit. 15. 2. 2025]

³³ ESTÉBANEZ, Pérez Marta. *XRD – Analysis Report*. Nепublikovaný text. Ústav teoretické a aplikované mechaniky. Telč 2014.

Po sedimentaci byly kaše promíchány a byly odebrány vzorky pro zjištění obsahu vody vážením. Odebrané vzorky byly zváženy na laboratorní váze *Kern* s přesností vážení 0,001 g. Bylo zjištěno, že ve vápenné kaši *K* se nachází 80,6 % (hm.) vody, přičemž ve vápenné kaši *H* bylo 68,4 % (hm.) vody. Voda ve vápenné kaši *H* byla pro shodné hodnoty doplněna na 80,6 % (hm.). To znamená, že vápenné kaše byly natolik řídké, že připomínaly spíše vápenné mléko. Proto jsou v této kapitole dále nazývány jako vápenné suspenze.

V dalším kroku následovala příprava jednotlivých vzorků. Do průhledných nádob bylo naváženo 700 g materiálu. Ty byly následně uzavřeny. Bylo připraveno celkem 8 vzorků (4 vzorky připravené z vápenné suspenze *K* a 4 vzorky připravené z vápenné suspenze *H*).

Pro umíchání vápenných malt byl připraven jemnozrný křemičitý písek z Poříčí. Ten byl prosetý přes síto o velikosti ok do 1 mm.

Vápenné vzorky byly mrazeny v klimatické komoře značky *Vötsch VC4018*. Cílem byl kontrolovaný průběh mrazení. Přesnější postup mrazení byl nastaven až na základě přípravného experimentu. Klimatická komora umožňovala přesně nastavit požadovanou teplotu, délku a také rychlost přechodu mezi teplotami. Pomocí klimatické komory bylo tak možné kontrolovaně simulovat obdobné podmínky, kterým by mohly být vápenné kaše vystaveny v přirozených podmínkách. Vzorky byly umístěny do klimatické komory tak, aby vzduch v komoře proudil na všechny rovnoměrně. V průběhu mrazení byly do středů 3 vzorků *H* vloženy sondy teploměru se záznamem *Comet U3631*. Teploměr snímal také teplotu uvnitř klimatické komory. Cílem byla kontrola nastavení klimatické komory a sledování průběhu mrazících cyklů ve středu vzorků.

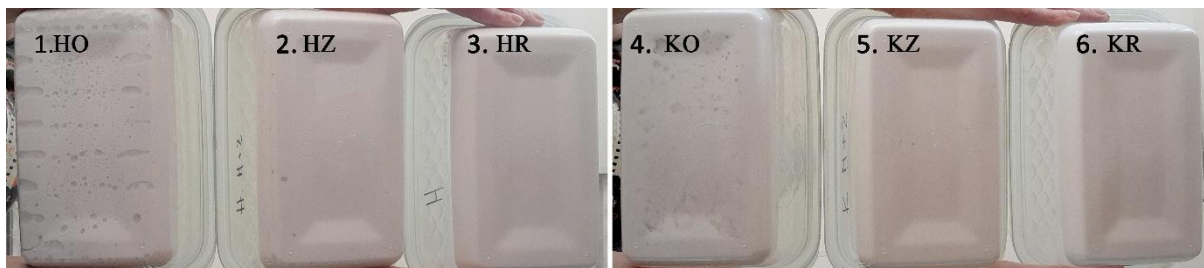
1.3.3 Přípravný experiment k mrazení vzorků

Pro dosažení požadovaných podmínek při mrznutí bylo zmrazení provedeno v klimatické komoře. Před zahájením experimentu byl proveden přípravný experiment, který měl za úkol na základě různých poměrů vápenné kaše a vody zjistit, při jakém poměru dochází k nejvýraznější vizuální změně vápen. Byly připraveny 3 vzorky vápenné kaše *K* a 3 vzorky vápenného hydrátu *H*. Jeden vzorek z každé kaše sloužil jako referenční. Dva další vzorky byly vloženy do klimatické komory – jeden vzorek otevřený, jeden zavřený plastovým víčkem. Připravené vzorky nesly tyto označení: 1. vápenný hydrát *H* mrazený otevřený, 2. vápenný hydrát *H* mrazený zavřený, 3. vápenný hydrát *H*, referenční vzorek, 4. vápenná kaše *K* mrazená otevřená, 5. vápenná kaše *K* mrazená zavřená, 6. vápenná kaše *K*, referenční vzorek. Vzorky *K* a vzorky *H* prošly procesem zmrazení, a to 5 cykly zmrazení v klimatické komoře při teplotě +5 a -5 °C.

Po skončení cyklů mrazení byly ve vzorcích viditelné hrudky vápna rozličné velikosti. Bylo zjištěno, že při přidání většího množství vody do vápenné kaše, kdy alespoň 70 % suspenze tvoří voda, dochází k větší změně vzhledu vápna i k tvoření větších hrudek vápna.

Při zkoumání vzorků po procesu mrznutí byly na dně a bocích nádob patrné vzduchové bubliny (Obr. 1). Vápenná suspenze mrzla od vrchu, což mělo za následek vtlačení vzduchu na dno nádoby, a tak se vytvořily vzduchové kapsy. Plastové stěny nádoby částečně izolovaly boky a dno nádoby. Po rozmrznutí a sedimentaci vápna se vzduch opět rozpustil do vody a kapsy zmizely. Vysvětlením je, že vápno, respektive voda obsahuje rozpuštěné plyny. Ty se z ní vyloučí při fázovém přechodu na led. Když voda mrzla, vylučovala do okolí vzduch. V ledu tak nebyl žádný vzduch rozpuštěn. Když povrch suspenze zamrzl nejdříve, vzduch byl vtlačen na dno nádoby. Tak vznikly vzduchové bubliny.

Bylo tak rozhodnuto o mrazení dalších vzorků s obsahem vyššího podílu vody, to znamená, že další vzorky byly řidší a svou konzistencí se blížily spíše nátěrové hmotě.



Obr. 1: Bubliny na dně nádob s vápenným hydrátem a vápennou kaší. Na dně se vytvořily vzduchové bubliny. Ty byly patrné zejména u vápenných kaší K a kaší z vápenného hydrátu H, které byly zmrazeny otevřeny (1. a 4.). Předpokladem příčiny vzniku bublin bylo zejména to, že tyto vzorky promrzly zcela, a tedy vytlačily vzduch až ke dnu.

1.3.4 Mrazení vzorků v klimatické komoře

Na základě informací získaných z rešerší a kontrolního experimentu bylo rozhodnuto o zmrazení jednotlivých vzorků v několika cyklech s použitím vápenné kaše (respektive vápenné suspenze) s vysokým obsahem vody. Cílem zmrazení bylo sledovat změnu vizuálních a materiálových vlastností jednotlivých vzorků a pozorovat vznik vzduchových kapes na dně nádoby.

V klimatické komoře značky *Vötsch VC4018* byly zmrazeny 3 vzorky vápenné suspenze K a 3 vzorky vápenné suspenze H. Jeden vzorek byl zavřený a prošel 8 cykly. Druhý vzorek prošel také 8 cykly, přičemž nádoba byla otevřena, pro porovnání vlastností a hloubky karbonatce materiálu. Pro porovnání vlivu cyklů na vlastnosti materiálu byl jeden zavřený vzorek zmrazený pouze jedním cyklem. Všechny vzorky byly po experimentu porovnány s referenčními vzorky, které procesem mrznutí neprošly. Vzorky, které byly předmětem experimentu a jejich frekvenci mrazení zobrazuje Tabulka 2.

V1	K R	Vápenná kaše – referenční vzorek
V2	K Z1	Vápenná kaše – mrazená zavřená - 1 cyklus
V3	K Z8	Vápenná kaše – mrazená zavřená - 8 cyklů
V4	K O8	Vápenná kaše – mrazená otevřená - 8 cyklů
V5	H R	Vápenný hydrát – referenční vzorek
V6	H Z1	Vápenný hydrát – mrazený zavřený - 1 cyklus
V7	H Z8	Vápenný hydrát – mrazený zavřený - 8 cyklů
V8	H O8	Vápenný hydrát – mrazený otevřený - 8 cyklů

Tab. 2: Vzorky vápenných kaší, které byly předmětem experimentu.

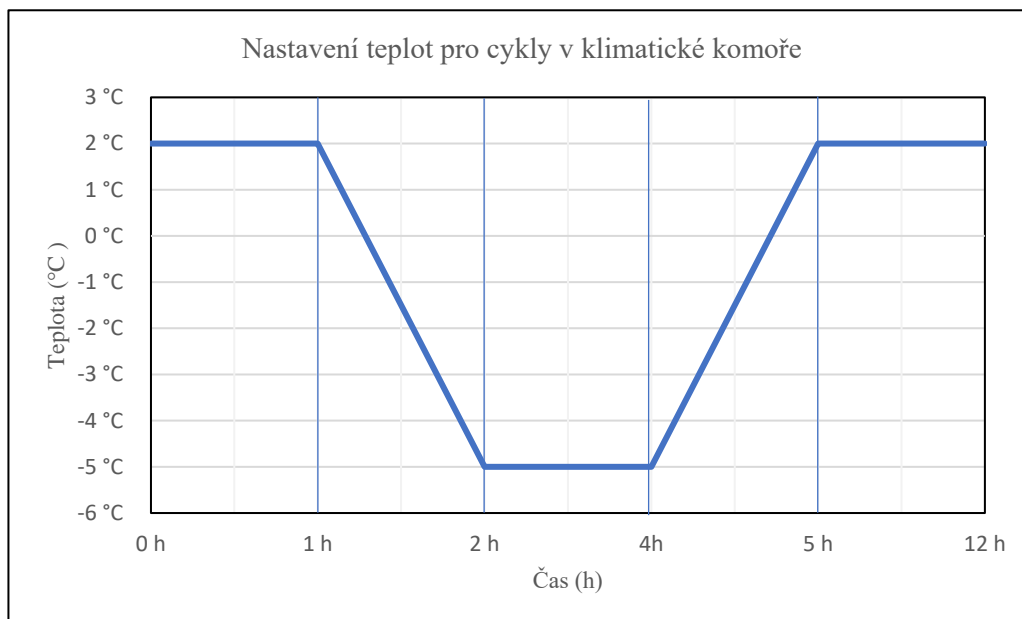
1.3.4.1 Nastavení teplot v komoře

Do vzorků s vápenným hydrátem byly umístěny sondy měřiče teploty datalogger značky *Comet U3631* (Obr. 2). Sondy byly ponořeny do středu nádobek. Měřič teploty snímal zároveň teplotu v klimatické komoře.



Obr. 2: Vzorky H a K v klimatické komoře před procesem mrazení. Sondy měřiče dataloggeru byly vloženy do nádob se vzorky s vápenným hydrátem.

Vzorky byly poté zmrazeny na teplotu $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, po dobu 4 dnů. Po 4 dnech byly z klimatické komory vyndány vzorky K a H, které prošly pouze jedním cyklem. Následující cykly 2-8 proběhly vždy po 12 hodinách podle schématu na Grafu 1.



Graf 1: Nastavení teplot v klimatické komoře pro 2. – 8. mrazicí cyklus.

1.3.5 Příprava vzorků z čisté vápenné kaše

1.3.5.1 Sjednocení množství vody a pevné složky ve vzorcích

U každého vzorku byl vypočten procentuální podíl vody, který v něm zbyl po slití volné vody. Následně byla do každé nádoby se vzorky přidána voda tak, aby byl výsledný podíl vody 78,15 hm. %. Tato hodnota byla zjištěna po slití volné vody u referenčního vzorku vápenné suspenze *K*, proto bylo rozhodnuto o srovnání všech vzorků na tuto hodnotu.

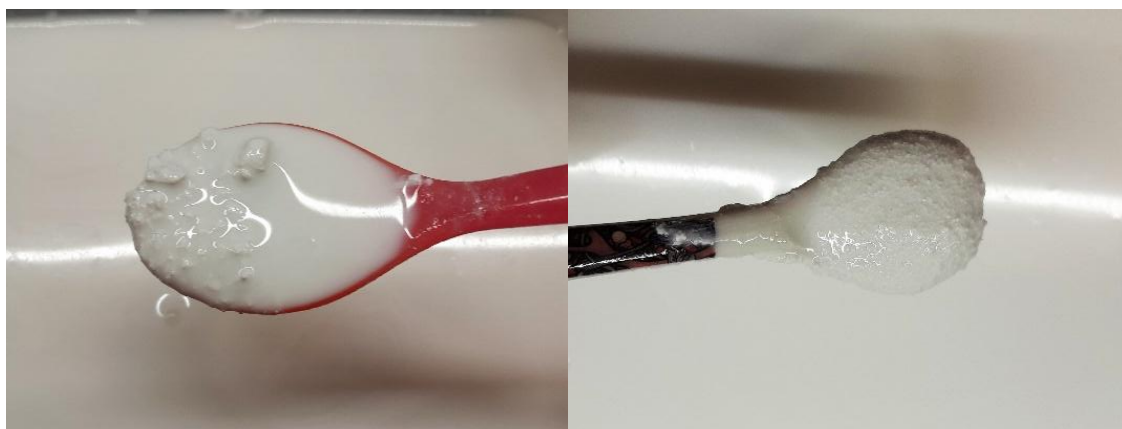
1.3.5.2 Příprava vzorků pro sledování karbonatace, sedimentace a TA analýzu

Vzorky se sjednoceným obsahem vody (78,15 %) byly opatrně promíchány. Poté byl z každého vzorku odebrán materiál pro další experimenty. Bylo připraveno 24 Petriho misek shodné velikosti a materiálu. Do každé misky bylo přidáno 5 g materiálu, přičemž každé 3 misky obsahovaly stejný vzorek. Následně byly dvě misky z každého vzorku vysušeny při teplotě 100 °C. Jedna Petriho miska byla ponechána nevysušená pro sledování rychlosti sedimentace materiálu. Miska s vysušeným vzorkem byla určena k sledování karbonatace materiálu vážením a z další misky s vysušeným vzorkem bylo odebráno přibližně 0,30 g pro termickou analýzu. Odebraný materiál byl uložen ve vakuu až do doby provedení analýzy.

1.3.5.3 Příprava vzorků z vápenných malt

Z materiálu, který zbyl v nádobách, byla opět slita volná voda. Byl vypočten hm. procentuální podíl vody, která se ve vzorcích nacházela. Cílem bylo, aby vápenné kaše obsahovaly přibližně 50 hm. % vody. Referenční vápenná kaše *K* a *H* dosahovaly poměrně vysokých hodnot, proto byly uloženy na cihly, které z nich odsály přebytečnou vodu. Poté byl ve všech vzorcích upraven podíl vody, a to na 54 hm. %. Takto připravené vápenné kaše měly sloužit pro přípravu maltových trámek. Rovněž tak byl připraven jemnozrný křemičitý písek z Poříčí. Ten byl prosetý přes síto o velikosti ok do 1 mm.

Vzorky vápenných kaší *K* a *H* s upraveným poměrem obsahu vody na 54 hm. % byly promíchány špachtlí (bez rozbití vápenných shluků). Výsledná kaše měla strukturu vápenné vody s obsahem drobných vápenných kousků (Obr. 3). Promrzlé vápenné kaše tak ztratily vzhled plastické hmoty jako u referenční vápenné kaše.



Obr. 3: Vzhled promrzlých vápenných kaší zmrazených v uzavřené nádobě 8 cyklů po promíchání (bez rozbití vápenných shluků). Vlevo kaše *H*, vpravo *K*.

Následně byly vápenné hrušky v co největším rozsahu rozmělněny špachtlí a kaše byly opět pořádně promíchány vrtulí na vrtačce po dobu přibližně 3 minut (pro lepší homogenitu). Po promíchání obsahovaly vápenné kaše i kaše z vápenného hydrátu pořád výrazné množství drobných vápenných kousků. Ty nebylo možné mechanicky rozmělnit, byly vcelku pevné.

Vzorky z promrzlých vápenných kaší a kaší z vápenného hydrátu byly použity k přípravě maltových trámek, které měly sloužit k dalším analýzám (rychlost karbonatce a mechanické vlastnosti). Výsledné malty měly obsahovat vyšší podíl pojiva, to znamená, že byly umíchány v poměru 1 : 1 (obj.) s pískem. Bylo rozhodnuto o provedení trámek o menším rozměru (2x2x8 cm), a to z důvodu menší pravděpodobnosti jejich praskání.

Následně byly z vápenných kaší umíchány malty s křemičitým pískem z Poříčí o velikosti zrn do 1 mm, v obj. poměru 1 : 1. Písek s vápennou kaší byly umíchány špachtlí, přičemž byly ještě víc

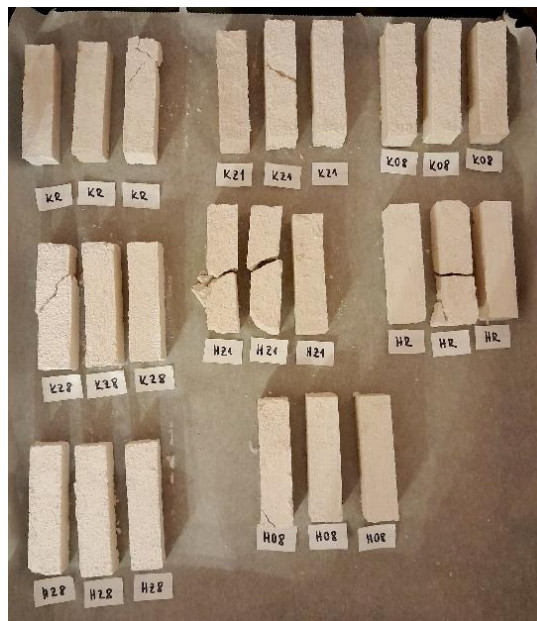
rozmělněné vápenné shluky. Výsledné malty byly vloženy do forem o rozměru 2x2x8 cm, aby došlo k vytvoření shodných trámek (Obr. 4, 5). Byly použity dvě menší formy, než uvádí norma, které byly vytvořeny z různých materiálů. Jedna forma s 12 prohlubněmi byla plastová, přičemž druhá forma s 12 prohlubněmi byla silikonová. Výsledné trámky byly po 5 dnech odformovány a ponechány volně na vzduchu ke karbonataci.



Obr. 4, 5: Vlevo plastová, vpravo silikonová forma na maltové trámky.

1.3.5.3.1 Problematika praskání trámek

Co se samotných forem týče, přestože byly využity formy s menším rozměrem, některé vzorky při schnutí praskly (Obr. 6). V plastové formě došlo k rozlomení 6 trámek, přičemž v silikonové formě se nezlomil ani jeden trámeček. Nicméně, plastová forma byla vyhodnocena jako přesnější, protože v ní měly vzorky pevně stanovené stěny a okraje než u silikonové formy. Okraje a stěny v silikonové formě byly měkké, proto měly výsledné trámky o něco míň shodné rozměry a tvar. V důsledku praskání vzorků nebylo možné všechny testy opakovat minimálně třikrát.



Obr. 6: Výsledné maltové trámky, odformovány po 5 dnech.

1.4 Metodika experimentu

1.4.1 Cíl experimentu

V prvním kroku bylo cílem experimentu připravit vzorky vápenných kaší připravených přímo z páleného vápna a z vápenného hydrátu. Ty byly zmrazeny v klimatické komoře, a to různými způsoby. Některé vzorky prošly pouze 1 cyklem, jiné 8 cykly mrazení. Zkoumáno bylo také mrazení v otevřené a zavřené nádobě. Úkolem bylo zjistit, za jakých podmínek (počet cyklů mrazení, rychlost mrazení) dochází k nejvýraznější změně promrzlých vápenných kaší proti referenčním vzorkům.

Dalším cílem bylo ověření vlivu mrazení na vlastnosti vápna. Byl sledován vliv mrazení na rychlost karbonatace (zda může mrazení ovlivnit rychlost karbonatace) a na pevnost malty umíchané z daných vzorků vápenných kaší).

1.4.2 Použité metody měření a analýzy

1.4.2.1 Sledování karbonatace vzorků vápenných kaší a maltových trámek vážením

Během procesu karbonatace dochází k výraznému nárůstu hmotnosti vápenného materiálu. Proto bylo rozhodnuto o měření rychlosti karbonatace vážením vzorků. Část stejného množství vápenného materiálu se shodným podílem vody byla vysušena. Výsledné vzorky byly ponechány ve shodném prostředí a průběžně váženy, aby se zjistilo, jak rychle jednotlivé vzorky karbonatují. Vážení bylo ukončeno po vzrůstu hmotnosti vzorků o přibližně 30 %. V daném prostředí byly měřeny klimatické podmínky měřičem vlhkosti vzduchu datalogger *Comet R3120*.

Z části promrzlých a referenčních vápenných kaší byly připraveny maltové trámky se shodným obsahem vody a písku. Maltové trámky byly připraveny v obj. poměru 1 : 1 s vápennou kaší *K* nebo *H*. Maltové trámky byly ponechány ve shodném prostředí a byly 1krát do týdne po dobu přibližně 30 dní váženy, aby byl sledován nárůst karbonatace.

Přibližně jedenkrát do týdne byla měřena hmotnost maltových trámek. Z každého vzorku byly váženy 3 maltové hranoly a z výsledných hmotností byla stanovena průměrná hodnota. Měření hmotnosti probíhalo pouze přibližně 1 měsíc po jejich odformování.

1.4.2.2 Sledování sedimentace vzorků vážením a vizuálním posouzením

Rychlost a míra sedimentace byla posouzena vizuálně a také vážením. Vzorky byly ponechány k sedimentaci přibližně 1 hodinu. Posléze z nich byla slitá voda. Volná voda na povrchu byla odebrána

savým papírem. Vážením objemu suspenze před slitím vody a následně po slití byla zjištěna přibližná míra sedimentace vápenné kaše *K* a *H*. K vážení byla použita laboratorní váha s přesností měření 0,01 gramu (*Kern*).

Vážením lze určit míru sedimentace, ovšem ne její rychlost. Proto bylo rozhodnuto o pozorování sedimentace jednotlivých kaší v Petriho miskách.

1.4.2.3 Termická analýza

Simultánní termická analýza umožňuje studium úbytku hmotnosti v závislosti na teplotě a z toho určuje složení materiálu. Měření bylo provedeno na přístroji *SDT Q600* (TA Instruments) při statické atmosféře v teplotním rozsahu 20 až 1000 °C a rychlosti ohřevu 10 °C/min. Analýzy byly provedeny s platinovými kelímky.

Cílem provedení termické analýzy u vzorků mělo být zjištění, jestli probíhá karbonatace rychleji u promrzlé nebo nepromrzlé vápenné kaše. K analýze byly použity rychle vysušené vzorky (přibližně při 100 °C).

Před analýzou byly vzorky rozdrceny a namlety. Aby byla zajištěna přibližně stejná jemnost vzorku, byl prášek po namletí prosát sítím s velikostí ok $D = 0,063$ mm. K analýze bylo odebráno 25–30 mg vzorku prášku. Měření provedla Ing. Renata Tišlová, Ph.D.

Z termogramů byly odečteny změny hmotnosti a převedeny na molární procenta jednotlivých sloučenin. Molární hmotnosti jsou $M_{H_2O} = 18.0$ g/mol, $M_{CO_2} = 44.0$ g/mol, $M_{CaO} = 56.0$ g/mol. Po převodu na molární procenta je množství molů CaO v nerozloženém zbytku po termické analýze m_3 100 %. Hodnoty m_1 a m_2 jsou odečteny podle růstu *DTG*, m_1 mezi 420 a 450 °C, m_2 mezi 680 a 770 °C, m_3 bylo odečteno při 1000 °C.

Molární procenta $Ca(OH)_2$ ve vzorku se stanoví ze ztráty ($m_1 - m_2$) během dehydrogenace a zbytku m_3 po rozkladu, vynásobeného molárním poměrem CaO/H₂O, podle vzorce:

$$X_{Ca(OH)_2} = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times \frac{M_{CaO}}{M_{H_2O}} \times 100 \%$$

Molární procento $CaCO_3$ ve vzorku se stanoví ze ztráty ($m_2 - m_3$) během dekarboxylace a zbývajícího m_3 po rozkladu, vynásobeného molárním poměrem CaO/CO₂, podle vzorce:

$$X_{CaCO_3} = \frac{m_2 - m_3}{m_3} \times \frac{M_{CaO}}{M_{CO_2}} \times 100 \%$$

1.4.2.4 Ultrazvuková transmise

Principem metody ultrazvukové transmise je přechod ultrazvukového vlnění materiálem. Přístroj měří rychlost průchodu ultrazvukového signálu zkoumaným materiálem. K měření se používají přenosné přístroje se dvěma sondami, mezi které se vloží měřený vzorek.³⁴ Přístroj, kterým byla stanovena ultrazvuková transmise byl *Ultraschall – Generator USG* od společnosti *Geotron – Elektronik*.

Rychlost ultrazvukové transmise se počítá podle následujícího schéma:

$$v = \frac{L}{T}$$

Legenda:

v – rychlost impulsu (km/s)

L – délka dráhy (km)

T – čas, za který prošel impuls danou dráhu (s)

1.4.2.5 Stanovení modulu pružnosti

Modul pružnosti stanovuje míru deformace při zatížení. Nicméně základna měřeného vzorku musí být čtvercová. Přístroj měří rychlost šíření vln. Přístroj, kterým byl měřen modul pružnosti byl *Ultraschall – Generator USG* od společnosti *Geotron – Elektronik*. Frekvence byla nastavena na 250 kHz. Základní rezonanční frekvence se počítá dle schéma:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Legenda:

I – moment nehybnosti měřeného tělesa

b – šířka měřeného tělesa tvaru hranolu (mm)

h – výška měřeného tělesa (mm)

³⁴ LESNIAKOVÁ, Petra. *Vybrané metody průzkumu kulturního dědictví*. Projekt: Řeč materiálu – tradiční řemeslné technologie pro záchranu kulturního dědictví a současný životní styl. NAKI II. 2018–2022, s. 32.

1.4.2.6 Pevnost v tahu za ohybu

Pevnost v tahu za ohybu je stanovena normou ČSN EN 1015-11.³⁵ Zkouška byla provedena na trhacím stroji *FPZ 100/1 (VEB TIW Rauenstein)*. Vzdálenost podpěr byla 5 cm. Analýza byla provedena na maltových trámčích o rozměru přibližně 2x2x8 cm. Ty byly v průběhu měření zatěžovány rovnoměrnou rychlostí 2,1–84 mm/min do porušení. Měřenou hodnotou je síla, resp. zatížení, výsledná hodnota se udává v MPa. Vzorec pro výpočet má následující schéma:

$$f = 1,5 \frac{F \cdot l}{bd^2}$$

Legenda:

f – pevnost v tahu za ohybu, N/mm²

F – síla (N)

l – délka tělesa (mm)

b – šířka zkušební tělesa (mm)

d – výška zkušební tělesa (mm)

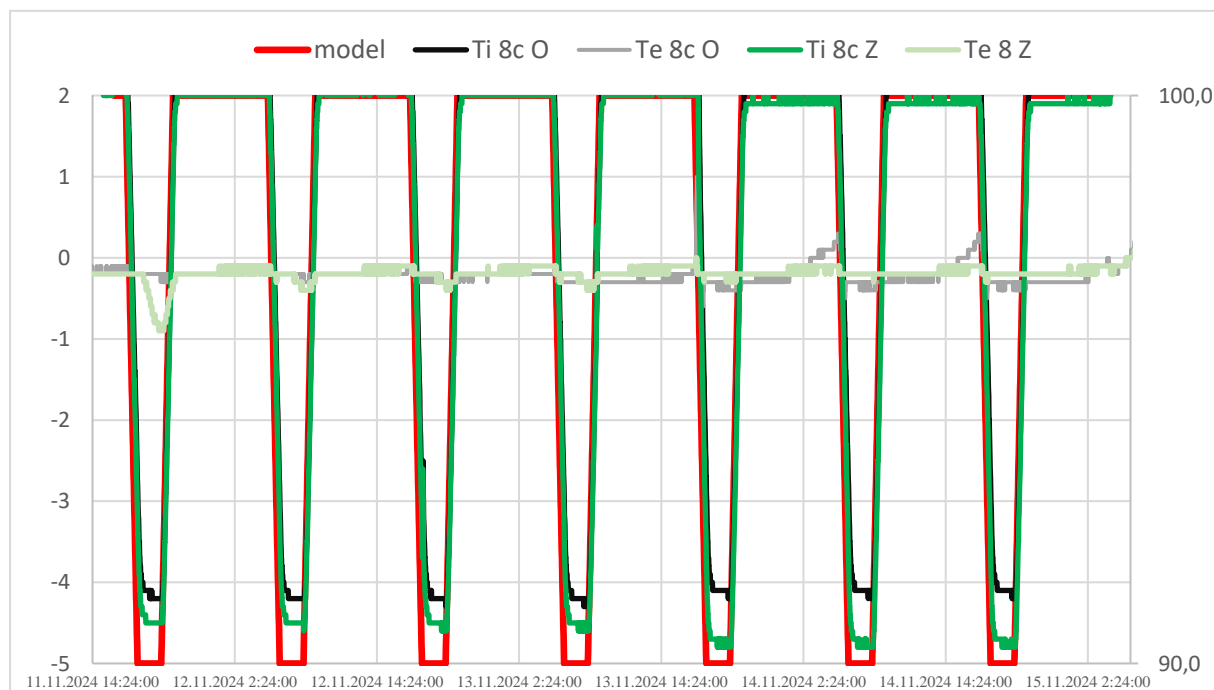
³⁵ *Zkušební metody malt pro zdivo – část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku.* In. Česká technická norma (ČSN EN 1015-11). Duben 2020.

1.5 Výsledky experimentu

1.5.1 Změny vlastností vzorků po procesu mrznutí a po rozmrznutí

1.5.1.1 Výsledky – průběh mrazících cyklů a teplot ve vzorcích

Níže se nacházející Graf 2 zobrazuje měření teploty uvnitř klimatické komory a ve vzorcích, pomocí měřiče teploty datalogger značky *Comet U3631*. Měření probíhalo vložení čidla dovnitř 3 vzorků s vápenným hydrátem. Jeden vzorek byl zmrazen pouze na 1 cyklus, proto není jeho měření v grafu zahrnuto. Teplotu okolí v klimatické komoře měřil samotný datalogger. Měření čidlem uvnitř vzorku zobrazují křivky s označením Te8cO (HO8) a Te8cZ (HZ8). Měření teploty v klimatické komoře zobrazují křivky s označením Ti8cO (HO8) a Ti8cZ (HZ8). Nastavení cyklů v klimatické komoře je zobrazeno jako „model“ červenou křivkou.



Graf 2: Sledování teploty v klimatické komoře v průběhu cyklů mrazení 2-8 měřičem teploty datalogger. Měření prokázalo, že teplota uvnitř klimatické komory dosáhla téměř -5°C , nicméně části vzorků, ve kterých byly ponořené sondy, byly po celou dobu cyklování zmrazené. Vzorek HZ1 byl mrazen pouze na 1 cyklus, proto jeho měření nebylo v grafu zahrnuto.

Vzorky byly pozorovány po 5 hodinách v pokojové teplotě po skončení 1. cyklu. Všechny vzorky byly v průběhu mrazení zmrzlé a při pokojové teplotě pozvolna roztály.

Z výsledků měření teploty při 2.-8. cyklu vyplývá (Obr. 7), že část vzorků (středů vzorků) byla po dobu cyklování více méně pořád zmrzlá. Okolí zmrzlé kry průběžně roztálo, což bylo vidět na

samotných vzorcích v průběhu cyklování. Ovšem měření teploty teploměrem se záznamem v klimatické komoře potvrdilo, že teplota v komoře dosahovala s odchylkou 0,5 °C přibližně stejných teplotních podmínek tak, jak to bylo zadáno. To znamená, že i u ostatních vzorků, které prošly dalšími 7 cykly, nedošlo k úplnému rozmrznutí. Nicméně velká část vzorků mezi jednotlivými cykly při teplotě 2 °C rozmrzla.

Na povrchu vzorku *H* mrazeného 8 cykly v otevřené nádobě zůstala na povrchu tenká nesouvislá vrstva prášku, tedy již suchého vápna. To naznačuje sublimaci či odpařování vody v otevřené nádobě. U vzorku *K* mrazeného 8 cykly v otevřené nádobě tento jev nenastal.

Při vizuálním posouzení bylo konstatováno, že u otevřených vzorků došlo k podstatně výraznějšímu odparu vody.



Obr. 7: Vzorky 8 dní po ukončení cyklů v klimatické komoře. Na vzorcích HZ8, HZ1 a KZ1 jsou viditelné krátery uprostřed nádoby, a to z důvodu úniku vzduchu ze dna nádoby po rozmrznutí.

1.5.1.2 Výsledky – vizuální posouzení sedimentace a velikosti částic

Po rozmrznutí byly vápenné suspenze *K* a *H* pozorovány a vizuálně posouzeny (Obr. 8, 9). Při mrznutí došlo k sedimentaci vápenného materiálu. Voda se oddělila od kaše již po prvním cyklu zmrazení a kaše zůstaly na dně nádoby. U vzorků byla po procesu mrznutí změněna jejich struktura. Došlo k vytvoření drobných hrudek různé velikosti a koncentraci. Bylo vyzorováno, že hrudky se ve

vzorcích vytváří již při prvním cyklu promrzání. Co se samotné struktury suspenzí týče, hrudky vzniklé při procesu promrzání byly na dotek pevné, ale většinu z nich bylo možné rozmělnit mezi prsty. Nebyl pozorován rozdíl u sedimentace u vzorků, které prošly pouze 1 cyklem zmrazení a těmi, které prošly 8 cykly.

1.5.1.3 Výsledky – bubliny

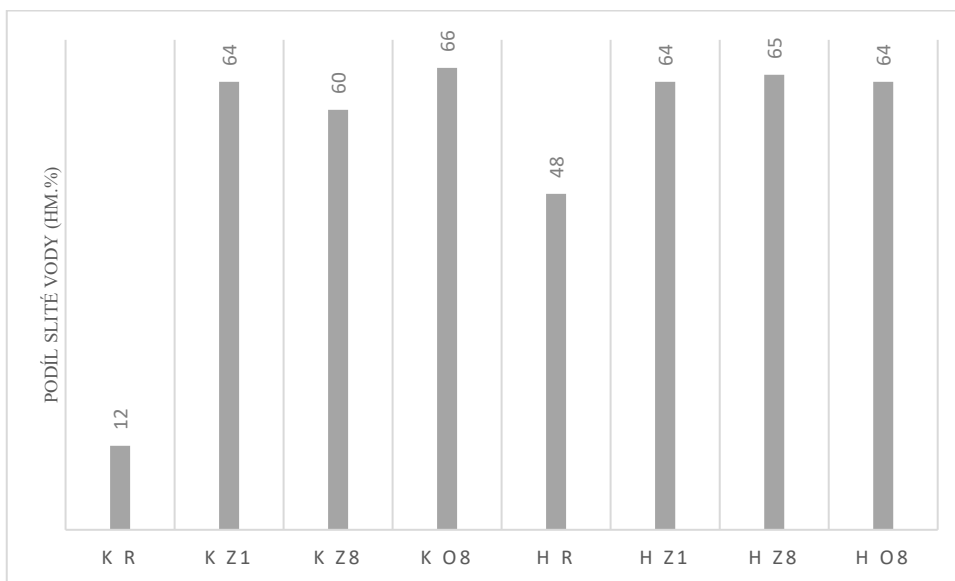
U zavřené vápenné kaše *K* zmrazené jedním cyklem a u zavřených vápenných kaší *H* zmrazených 1 a 8 cykly došlo k vytvoření kráteru (Obr. 8) uprostřed nádoby. Ten vznikl v důsledku vzduchu, který po prvním rozmrazení vzorků unikl ze spodu nádoby směrem nahoru ven. Při pozorování vzorků nebyly na spodu nádoby viditelné bubliny vzduchu (jako při přípravném experimentu). Kráter na povrchu vzorků ovšem napovídal, že zde bubliny přítomné byly, ovšem po prvním roztátí vzduch patrně vybublal, díky nižší viskozitě (většímu naředění) směsi. Vzorky, u kterých došlo k vzniku kráterů, došlo k vytvoření větších vápenných shluků. Velikost částic byla posouzena pouze vizuálně.

1.5.2 Sledování sedimentace u promrzlých vzorků slitím volné vody

Volná voda byla ze vzorků slita 72 dní po namíchání vzorků včetně 6 dnů mrazících cyklů (Obr. 8). Z naměřených hodnot vyplynulo, že u vzorků, které prošly procesem zmrazení, došlo k výrazné sedimentaci materiálu (viz Graf 3). Naměřené hodnoty ukazovaly přibližně stejné hodnoty procentuálního podílu slité vody (cca 60-65 hm. %) (viz Tabulka 3), nicméně byla sedimentace výrazně vyšší proti referenčním vzorkům (KR pouze 12 %, HR 48 %). Mírně vyšší hodnoty sedimentace lze sledovat u vzorku vápenné kaše *H* mrazeného v otevřené nádobě 8 cykly a u vápenných kaších *K* zmrazených 8 cykly v otevřené a zavřené nádobě. Zároveň je zřejmé, že u otevřených vzorků se odpařila větší část vody.

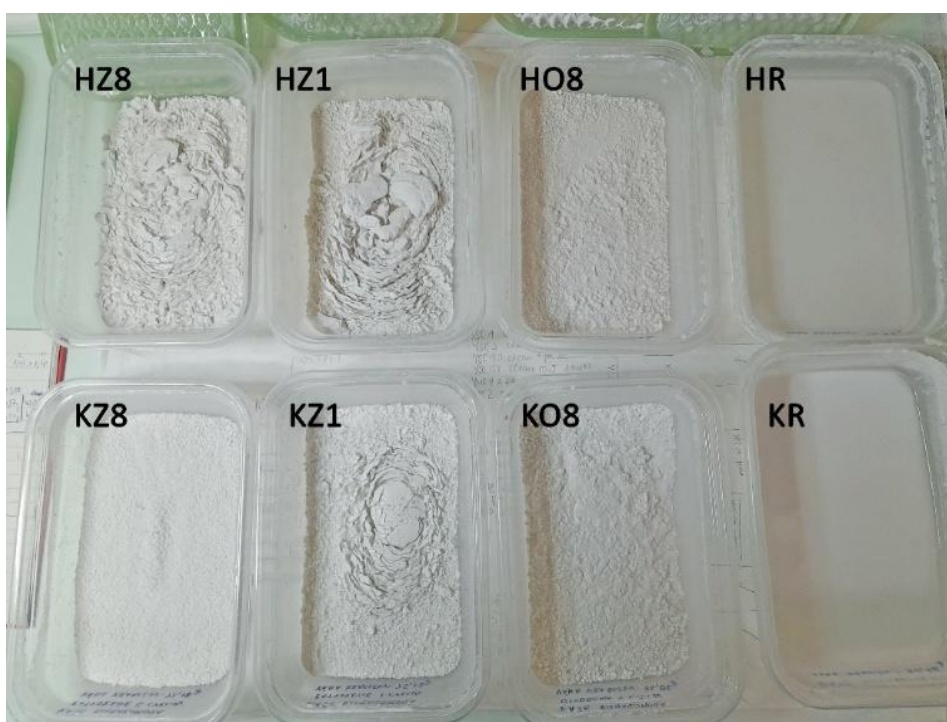
VZOREK	HMOTNOST MATERIÁLU (g)	HMOTNOST VZORKU PO ZMRAZENÍ (g)	HMOTNOST VZORKU PO SLITÍ VODY (g)	PROCENTUÁLNÍ PODÍL ODDĚLENÉ VODY (hm. %)
K R	700	698,35	612,07	12
K Z1	700	696,77	253,13	64
K Z8	700	696,52	279,82	60
K O8	700	459,72	236,98	66
H R	700	691,8	365,31	48
H Z1	700	692,6	252,98	64
H Z8	700	692,73	245,41	65
H O8	700	445,79	251,78	64

Tab. 3: Naměřené hodnoty vzorků před a po procesu mrznutí.



Graf 3: Grafické znázornění hm. % podílu oddělené vody při sedimentaci vápenných kaší.

Z tabulky vyplývá, že byl ze vzorků při sušení odpařen větší podíl vody, než byl podíl slité volné vody ze vzorků po procesu mrznutí.



Obr. 8: Vzorky po slítí volné vody. Nahoře jsou vzorky vápenných kaší H a dolů jsou vzorky K. Viditelné větší vápenné hrudky u vzorků, u kterých došlo k vzniku kráteru uprostřed nádoby. Vzorky, které prošly procesem mrznutí, měly výrazně odlišnou (hrubší) strukturu proti referenčním vzorkům.

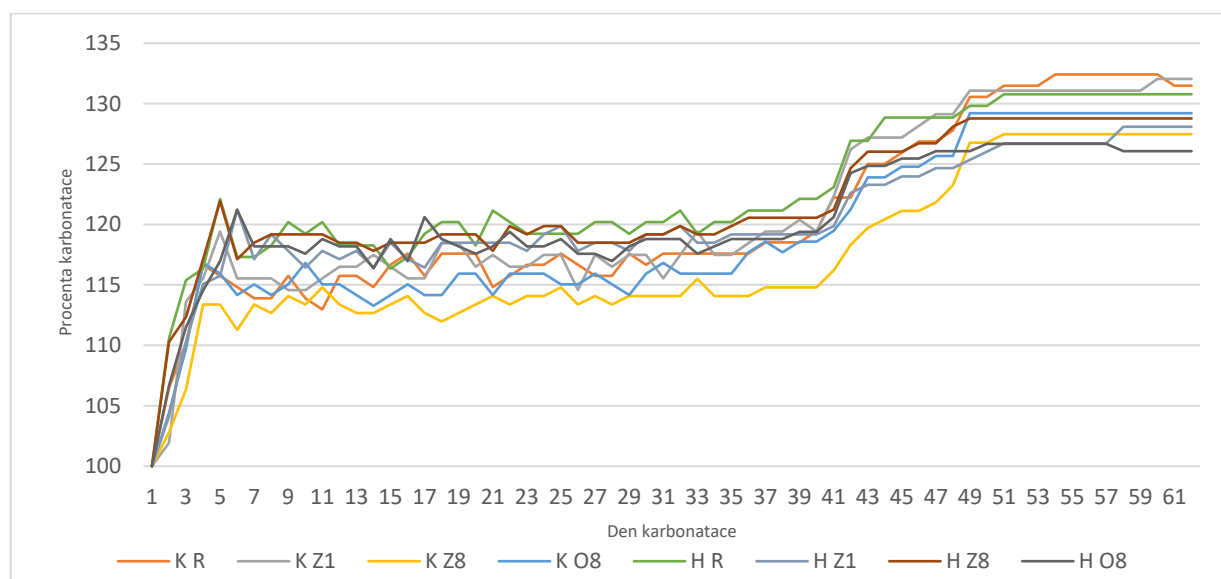
Míra sedimentace byla určena při slití volné vody u vzorků, nicméně nebyla stanovena rychlost sedimentace. Proto bylo rozhodnuto o sledování rychlosti sedimentace v Petriho miskách. Celkově se jednalo o 8 vzorků (z každé kaše 1 vzorek), z toho 2 byly referenční.

Následně byla pozorována rychlost sedimentace u jednotlivých vzorků. Bylo zjištěno, že všechny vzorky, které prošly procesem mrznutí, sedimentovaly poměrně stejně rychle (Obr. 9). Sedimentace vápenného materiálu u každého vzorku trvala přibližně 10 minut. U referenčních vzorků došlo k sedimentaci výrazně později, nejdéle však u referenční vápenné kaše K. Referenční vápenná kaše H sedimentovala po několika hodinách. U referenční vápenné kaše došlo po několika hodinách k částečné sedimentaci, nicméně k celkové sedimentace došlo až po několika dnech.



Obr. 9: Sedimentace vzorků vápenné kaše K mražené 1 cyklem v uzavřené nádobě. Viditelná úplná sedimentace vápenného materiálu, přičemž na povrchu zůstala oddělená voda. K sedimentaci došlo přibližně po 10 minutách od vložení materiálu do misky.

1.5.3 Sledování karbonatace vzorků vážením



Graf 4: Zobrazení rychlosti karbonatace jednotlivých vzorků. Nejrychlejší nárůst hmotnosti na počátku procesu byl zaznamenán zejména u vzorků H. Rozdíly mezi referenčními a promrzlými vzorky nebyl zaznamenán.

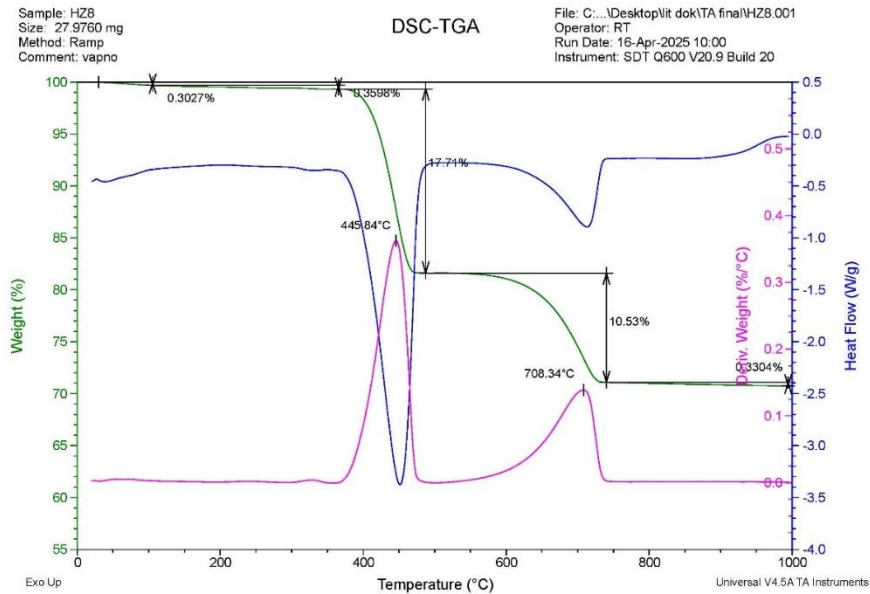
Z grafu vyplývá (viz Graf 4), že nejrychlejší počátek nárustu hmotnosti (a tedy i karbonatace) byl u vápenných kaší *H*. Nejrychlejší nárůst byl zaznamenán u referenční kaše *H* a u vápenné kaše *H* mražené 8 cykly v zavřené nádobě. Nejpomalejší nárůst hmotnosti byl u vápenné kaše *K* mražené 8 cykly v zavřené nádobě. Po přibližně 5 dnech se váha vzorků ustálila a hmotnost dále nenarůstala s průběžnými výkyvy (není zcela jasná příčina) až do 61 dnů od počátku karbonatace. Hmotnost začala výrazně narůstat po přibližně 35 dnech, kdy došlo ke kroupení vzorků vodou pomocí stříčky.

Nejvýraznější nárůst hmotnosti byl zaznamenán u vápenné kaše *K* mražené v zavřené nádobě 1 cyklem a u referenční vápenné kaše *K*. Nejmenší nárůst hmotnosti byl u vápenné kaše *H* mražené 8 cykly v otevřené nádobě.

Při měření nárustu karbonatace byla pomocí měřiče vlhkosti vzduchu datalogger *Comet R3120* měřena také vlhkost ve vzduchu. Průměrná relativní vlhkost v okolí vzorků v průběhu měření byla 48 % (viz. kapitola 2.12 *Přílohy*).

1.5.4 Sledování karbonatace termickou analýzou

Vzorky byly vystaveny zahřívání při vysoké teplotě. Při termické analýze je zaznamenán úbytek hmotnosti v závislosti na teplotě vzorků. Výsledkem byly dvě fáze (Obr. 10), které bylo možné identifikovat na *DTG* křivkách grafů termické analýzy (viz. kapitola 2.12 *Přílohy*). U prvního píku, při zahřívání vzorků na teplotu v rozmezí 425-447 °C byl analyzován hydroxid vápenatý (Ca(OH)_2) a při druhém píku při zahřívání na teplotu 688-766 °C uhličitan vápenatý (CaCO_3). Jednotlivé podíly výsledných fází byly zaznamenány v grafech v Tabulce 4. V tabulce se nachází grafy s molární koncentrací, resp. procentuálním podílem jednotlivých složek analyzovaných vzorků. U karbonatovaného vzorku KZ8 byly provedeny analýzy na dvou vzorcích jako kontrolní k měření ke vzorku KZ8 K. Uvedené množství CaO ve vzorcích zahrnuje i nečistoty ve zdrojovém vápenci.



Obr. 10: Příkladový graf termické analýzy. Píky fialové křivky DTG zobrazují dvě fáze, a to prvně hydroxid vápenatý ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) při zahřátí na $445,84\text{ }^\circ\text{C}$ a následně uhličitán vápenatý (CaCO_3) při zahřátí na $708,34\text{ }^\circ\text{C}$.

Molární koncentrace sloučenin CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a CaCO_3 (mol %)					
	KR	KZ1	KO8	KZ8 (TA)	KZ8 K
Vzorek před karbonatáci					
Vzorek po karbonatáci					
	HR	HZ1	HO8	HZ8	
Vzorek před karbonatáci					
Vzorek po karbonatáci					

Tab. 4: Grafy znázorňující výsledky termické analýzy. Míra karbonatace vzorků na počátku po mrazení a po cca 60 dnech.

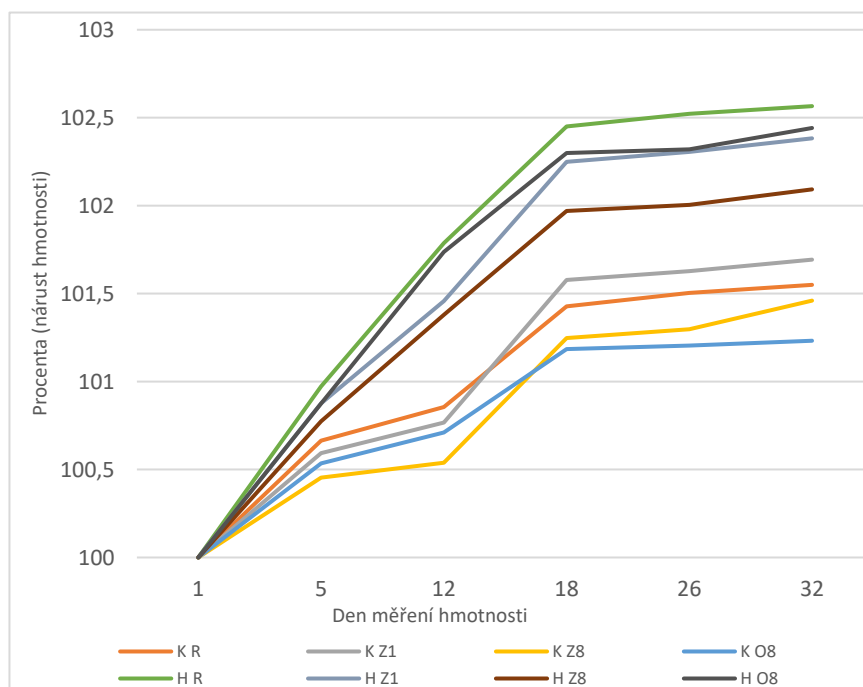
Z výsledků vyplývá, že všechny vzorky (promrzlé i referenční) byly na počátku procesu karbonatace již částečně zkarbonatovány. Karbonatace byla vyšší u vzorků *H*, a to 19 % z celkového složení. U vzorků *K* byla hodnota počáteční karbonatace mezi 13 a 16 % z celkového složení. Změna míry karbonatace před a po karbonataci u vzorků *H* se pohybovala mezi 65-66 mol.%, u vzorků *K* mezi 65-72 mol.% (viz Tabulka 4).

Obecně lze říci, že působení mrazu nemělo vliv na karbonataci vápenných kaší. Výsledky termické analýzy zobrazují přibližně stejné hodnoty počáteční karbonatace i karbonatace po přibližně 60 dnech u promrzlých i referenčních vzorků.

1.5.5 Testování maltových trámků

1.5.5.1 Sledování karbonatace maltových trámků vážením

Vzorky byly jednou týdně váženy a denně kropeny vodou ve stříčce. Nejrychlejší počátek karbonatace byl naměřen u referenčního vzorku vápenné kaše *H* a u vápenné kaše *H* mrazeného 8 cyklů v otevřené nádobě. Nejpomalejší nárůst hmotnosti byl naměřen u vzorku vápenné kaše *K* mrazené 8 cyklů v otevřené nádobě (viz Graf 5). Procentuální nárůst hmotnosti je vztažen k celkové hmotnosti maltového trámku. Jde tedy o relativní porovnání, nelze vyhodnotit absolutní míru karbonatace.



Graf 5: Sledování karbonatace maltových trámků po dobu 32 dní. Nejrychlejší nárůst hmotnosti, a tedy i karbonatace byl zaznamenán u všech vzorků *H*.

1.5.5.2 Ultrazvuková transmise a stanovení modulu pružnosti

Základna vzorků, které byly zkoumány, byla čtvercová a měřila přibližně 2x2 cm. Tabulka 5 zobrazuje hodnoty naměřené ultrazvukem. Ultrazvuk byl proveden na 1, případně na 3 maltových trámcích, které nebyly výrazně popraskané, případně zlomené. Z naměřených hodnot byl v rámci jedné sady vypočten průměr.

VZOREK	ULTRAZVUK (km/s) - PRŮMĚR	ULTRAZVUK (km/s) - VŠECHNY HODNOTY	MODUL PRUŽNOSTI (kN/mm ²) – PRŮMĚR	MODUL PRUŽNOSTI (kN/mm ²) – VŠECHNY HODNOTY
KR	1,44	1,37 (S) 1,35 (S)	3,71	3,56 (S) 3,05 (S)
KZ1	1,43	1,43 (S)	3,07	3,01 (S)
KZ8	1,49	1,45 (S) 1,49 (S)	3,94	3,94 (S) 4,04 (S)
KO8	1,41	1,49 (S) 1,32 (P) 1,42 (P)	3,89	4,04 (S) 3,74 (P)
HR	1,65	1,65 (S) 1,67 (S)	4,63	4,77 (S) 4,49 (S)
HZ1	1,6	1,60 (S) 1,60 (P)	4,51	4,51 (S) 4,51 (P)
HZ8	1,5	1,57 (S) 1,51 (P) 1,41 (P)	3,73	4,47 (S) 2,99 (P)
HO8	1,66	1,62 (S) 1,71 (S)	4,72	4,83 (S) 4,61 (S)

Tab. 5: Naměřené hodnoty při ultrazvukové transmisi. Písmena P a S označují konkrétní formu, ze které byl daný vzorek. Písmeno P označuje plastovou formu, písmeno S značí silikonovou formu.

U ultrazvukové transmise byly nejvyšší naměřené hodnoty (a tedy vyšší homogenita a pevnost) u vzorků vápenných kaší H, a to konkrétně u vzorku mrazeného v otevřené nádobě 8 cykly a u referenčního vzorku. Nejmenší hodnota byla naměřena u vápenné kaše K mrazené 8 cykly v otevřené nádobě (viz. Tabulka 5).

Co se modulu pružnosti týče, nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorků H, a to mrazeného 8 cykly v otevřené nádobě a u referenčního vzorku (čím vyšší hodnota, tím větší pevnost vzorku a menší pružnost). Naopak nejmenší hodnota byla zaznamenána u vzorku vápenné kaše K mrazené 1 cyklem v zavřené nádobě.

V Tabulce 5 jsou uvedeny také všechny naměřené hodnoty, a to v důsledku měření také na zlomených vzorcích. Zlomené vzorky byly z plastové formy, kdy přilnuli k formě a při schnutí došlo k jejich roztrhnutí. Není zřejmé, zdali byly vzorky uvnitř popraskané nebo pouze v polovině zlomené, proto bylo jejich měření zahrnuto do výsledků.

1.5.5.3 Pevnost v tahu za ohybu

Pro měření pevnosti v tahu za ohybu byly použité maltové trámky, které nebyly rozlomeny. Některé vzorky byly mírně popraskané. Tabulka 6 zobrazuje naměřené hodnoty. Měření proběhlo na 1–3 maltových trámcích, proto jsou hodnoty uváděné v číselném rozmezí.

VZOREK	PEVNOST V TAHU ZA OHYBU (MPa) – VŠECHNY HODNOTY
KR	0,9 (S)
	0,8 (S)
KZ1	0,7 (S)
	0,3 (P)
KZ8	1 (S)
	0,4 (P)
KO8	0,7 (S)
	0,4 (P)
	0,9 (P)
HR	1,2 (S)
	1,3 (S)
HZ1	1,1 (S)
HZ8	0,8 (S)
	0,6 (P)
	0,4 (P)
HO8	1,3 (S)
	1,3 (S)
	0,5 (P)

Tab. 6: Naměřené hodnoty pevnosti v tahu za ohybu. Písmena P a S označují konkrétní formu, ze které byl daný vzorek. Písmeno P označuje plastovou formu, písmeno S značí silikonovou formu.

Nejvyšší hodnoty, a tedy i nejvyšší odolnost vůči tahu za ohybu, byly zaznamenány u referenčních vzorků H a vzorků H mrazených 1 cyklem v uzavřené nádobě. Naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny u vzorků K mrazených 1 cyklem v uzavřené nádobě.

1.6 Diskuse a závěr

Cílem diplomové práce bylo zkoumání vlivu mrazu na vápenné kaše a jejich vlastnosti ve vápenné maltě. Hlavním záměrem práce bylo zjistit, jestli je možné promrzlé vápenné kaše použít v praxi, a to zejména jako pojivo vápenných malt. Pro tyto účely bylo použito vápno shodného složení, a to vápenná kaše přímo z páleného kusového vápna hašeného v přebytku vody a vápenná kaše z komerčního vápenného hydrátu Čerták z Vápenky Čertovy schody. Velikost částic u obou vápenných kaší byla na začátku experimentu sjednocena na velikost 0-0,63mm.

Pro zjištění výsledků byly vzorky promrzlých vápenných kaší podrobeny několika analýzám a jejich výsledky byly porovnány s referenčními nemrazenými vzorky. Analýzy byly zvoleny také na základě dohledaných rešerší, které se zabývaly mrazeným vápnem, případně měly svým tématem vliv na téma diplomové práce.

Jedním z cílů bylo zjistit, za jakých podmínek dochází k největší vizuální změně vápenných kaší vlivem mrazu. Bylo zjištěno, že k největší změně dochází, když vápenné kaše zamrzají pomalu, při teplotě kolem 0 °C a obsahují větší množství vody. Vyšším obsahem vody dochází pravděpodobně k větším mezerám mezi hydroxidem vápenatým a vodou, což by mohlo vést k růstu větších krystalů vody a ke vzniku větších shluků vápna. Obdobně je popisován vznik větších krystalů v suspenzích s vyšším obsahem vody v literatuře.³⁶

Vzorky vápenných kaší se shodným podílem vody byly podrobeny procesu mrznutí v klimatické komoře za různých podmínek. U přípravného experimentu došlo u vápenných suspenzí, které byly mrazeny otevřeny, k vytvoření bublin na dně nádoby. Bylo tomu tak pravděpodobně proto, že otevřené vzorky promrzly zcela, proto byl vzduch vtlačen na dno nádoby. U hlavního experimentu tomu tak nebylo. U vzorků HZ8, HZ1 a KZ1 došlo v důsledku úniku bublin k vytvoření kráteru uprostřed suspenze. Při mrznutí se z kaše vylučuje voda, ta je tlačena vznikajícím ledem ke dnu. Pokud je kaše řidší, po rozmrznutí vybublá ven, pokud je hustší, zůstane bublina uzavřena v kaši, kde se může rozpustit zpět do vody (resp. vápenné kaše). Obdobně popisuje proces vzniku bublin i literatura.³⁷

Co se struktury vzorků týče, vizuální změna vápenných kaší po procesu mrznutí byla zásadní. Již po prvním cyklu vápenné kaše plně sedimentovaly. Vápenné kaše ztratily plasticitu a vytvořily se v nich shluky hydroxidu vápenatého s různou velikostí částic. Vápenné shluky byly poměrně pevné, nicméně bylo možné je částečně rozmělnit mezi prsty. Po rozmrznutí došlo k úniku vzduchových bublin ze dna nádob, což vedlo k vzniku kráteru uprostřed některých vzorků (KZ1, HZ1, HZ8). To mohlo mít také vliv na velikost částic, nicméně to nelze s jistotou určit. Se vznikem shluků souvisí i sedimentace, která u promrzlých vzorků probíhala velmi rychle (v řádu minut). Referenční vzorky sedimentovaly oproti tomu velmi pomalu. Obecné je známé, že velikost částic u vápenného hydrátu je větší než u vápenné kaše z páleného vápna. Sedimentace je zjevně závislá na velikosti částic, respektive shluků částic. Rychlou sedimentaci a vznik vápenných shluků popisuje také experiment Dagmar Michoinové a Radovana Nečase.³⁸ Autoři experimentu ovšem uvádí, že vznik hrubších částic souvisí pravděpodobně se změnami povrchového náboje spolu s agregací krystalů portlanditu. Z experimentu této práce vyplývá, že by k agregaci mohlo docházet spíše v důsledku krystalizace vody.

³⁶ COOK K. L. K, HARTEL R. W. *Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production*. In: Comprehensive reviews in food science and food safety [online]. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x> [cit. 14. 05. 2025]

³⁷ E. A. Carte. *Air Bubbles in Ice* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/231046748_Air_Bubbles_in_Ice [cit. 14. 5. 2025]

³⁸ MICHAINOVÁ, Dagmar, NEČAS, Radovan. *Mechanical activation of frozen lime putties* [online]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/379/1/012009> [cit. 14. 5. 2025].

Dalším cílem bylo zkoumání rychlosti a míry karbonatace, a to u vápenných kaší i vápenných malt. Bylo přistoupeno k měření hmotnosti vzorků vápenných kaší po dobu přibližně 60 dní a vápenných malt přibližně 30 dní. Vzorky byly ve shodném prostředí. Vápenné kaše byly po přibližně 30 dnech každý den kropeny vodou. Maltové trámky byly kropeny vodou denně od začátku procesu. U nich lze předpokládat, že karbonatace neproběhla zcela, pouze do určité míry. Bylo zjištěno, že rychlost i míra karbonatace postupuje u referenčních i promrzlých vzorků stejným způsobem. Nicméně byly patrné rozdíly mezi vzorky přímo z páleného vápna a vápenného hydrátu na počátku procesu, kdy hmotnost u vzorků z vápenného hydrátu vystoupala výš než u vzorků z páleného vápna. Bylo tomu tak u vápenných kaší i u vápenných malt. Ölem Cizer ve své práci uvádí, že karbonatace probíhá rychleji u vápenných kaší z páleného vápna než u kaší z vápenného hydrátu.³⁹ Závěrem experimentu, který popisuje tato práce, je ovšem opačný výsledek. Rychlejší karbonataci i vyšší hodnoty vykazovaly jednoznačně vzorky z vápenného hydrátu. Co se týče rychlosti karbonatace u promrzlých vápenných kaší, v experimentu zabývajícím se karbonataci vápenných malt autoři uvádí, že karbonatace u malt z promrzlé vápenné kaše probíhá rychleji než u běžné vápenné malty.⁴⁰ To ovšem experiment v této práci vyvrací.

V rámci experimentu byla zkoumána také možnost částečné karbonatace při procesu mrznutí, kdy se voda oddělí od hydroxidu vápenatého. Sice byla sedimentovaná suspenze pořád pod vodou, a tedy bez přístupu CO_2 ze vzduchu, přesto byla karbonatace ověřená pomocí termické analýzy. Výsledkem bylo zjištění, že vápenné kaše z páleného vápna i vápenného hydrátu byly již částečně zkarbonatovány před mrazením (vápenná kaše *K* přibližně 13 %, vápenná kaše *H* přibližně 20 %). Z TA je patrná vysoká homogenita složení u vzorků *H* (19-20 mol. % CaCO_3 ; 76-78 mol. % Ca(OH)_2). Oproti tomu vzorky z kaše *K* vykazují sice mírně, ale patrnější rozdíly (13-16 mol. % CaCO_3 ; 80-84 mol. % Ca(OH)_2) (viz. Tabulka 4). Termická analýza promrzlých vzorků prokázala přibližně stejné hodnoty karbonatace jako u referenčních vzorků. Ve výsledku lze říct, že na základě provedeného měření hmotností vzorků a termické analýzy nedochází při procesu mrznutí ke karbonataci vápenné kaše. Rovněž tak neprobíhá karbonatace rychleji nebo výrazněji u promrzlých nebo referenčních vzorků.

Podle termické analýzy je karbonatace u všech vzorků víceméně shodná. Neodlišuje se výrazněji míra karbonatace u vzorků mrazených a nemrazených, otevřených, či zavřených. Pouze u vzorků v otevřených nádobách došlo k vyššímu odparu vody. Dynamika karbonatace zjišťovaná

³⁹ CIZER, Ölem et. al. *Real-time investigation of reaction rate and mineral phase modifications of lime carbonation* [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812002383> [cit. 14.5.2025].

⁴⁰ *What happens when lime putty freezes?* [online]. Dostupné z: <https://preservationsscience.com/materials/lime/FL.html> [cit. 14. 5. 2025]

vážením je jen mírně odlišná. Zajímavé je, že u obou experimentů (viz Graf 4 a Graf 5) probíhá v první fázi karbonatace rychleji u kaší *H*, a to i přestože je kaše *H* od počátku (podle TA) více karbonatovaná. Co se porovnání sledování karbonatace termickou analýzou a vážením týče, u vážení se hodnoty mírně odlišovaly. Zatímco dle měření hmotnosti byly na konci procesu nejvíce karbonatovány vzorky KZ1, KR a HR (tedy referenční vzorky a vzorek *K* mrazený 1 cyklem), u termické analýzy vykazovaly nejvyšší hodnoty vzorky KZ8, HR a KR. To znamená, že referenční vzorky byly nejvíce karbonatovány jak dle vážení, tak dle termické analýzy. Hodnoty ostatních vzorků se ovšem lišily. Například vzorek KZ1 měl dle měření hmotnosti téměř nejvyšší míru karbonatace, u termické analýzy byla hodnota karbonatace téměř nejnižší (obsah CaCO₃ 79 %).

Dalším záměrem experimentu bylo zkoumání možnosti použití promrzlé vápenné kaše v praxi. Vzorky vápna byly promíchány špachtlí a následně vrtulí na vrtačce, což vedlo k částečnému obnovení plasticity vápenné kaše. Voda a hydroxid vápenatý se opět promíchaly, nicméně v suspenzi zůstaly menší kousky vápenných shluků. Stejně tomu tak bylo u experimentu zabývajícím se karbonatací promrzlé vápenné kaše, kdy autoři uvádí, že v promrzlém vápně byly i pro promíchání mixérem částice, které přesahovaly 100 mikronů.⁴¹ Cílem bylo zjistit, jestli lze promrzlou vápennou kaši použít v praktickém prostředí. Proto nebyly promrzlé vápenné kaše pasírované přes síto za účelem co největšího rozbití shluků nebo míchány míchadlem po dobu 1 hodiny, jak tomu bylo u některých rešerší. Při míchání malt byly hrudky co nejvíce rozmělněny špachtlí, ovšem nebyly z malty odstraněny.

Z analýz maltových trámků vyplynulo, že nejvyšší pevnost vykazovaly zejména vzorky z vápenného hydrátu *H*, a to bez ohledu na to, zdali se jednalo ze referenční nebo promrzlý vzorek. U většiny maltových trámků byly analýzy ultrazvuku, modulu pružnosti a pevnosti v tahu za ohybu provedeny také na vzorcích z plastové, nikoliv silikonové formy. V plastové formě se několik vzorků zlomilo nebo prasklo. Ovšem rozměry trámků byly přesnější proti silikonové formě. Problém nepřesných rozměrů trámků ze silikonové formy by mohlo vyřešit vložení formy do kopyta (např. ze sádry) k zamezení deformace. Vzorky, které byly ze silikonové formy, vykazovaly vyšší pevnost, nicméně byly hodnoty vzorků zprůměrovány. Vyšší pevnost by mohla být ovšem způsobena také vyšší mírou karbonatace u některých vzorků. Nejvyšší míru karbonatace vykazovaly vzorky HR, HO8 a HZ1. Rovněž tak u výsledků ultrazvuku, modulu pružnosti a analýzy pevnosti v tahu za ohybu vykazovaly tyto vzorky nejvyšší hodnoty. Pro přesnější analýzu vzorků by mělo být provedeno měření na větším množství vzorků, případně také ve shodných formách. V rámci této práce byly analýzy provedeny na omezeném množství maltových trámků. Byly použity dvě formy, a to z důvodu možnosti porovnání různých materiálů pro přípravu maltových trámků. Analýzy by měly být provedeny také na maltových

⁴¹ *What happens when lime putty friezes?* [online]. Dostupné z: <https://preservationsscience.com/materials/lime/FL.html> [cit. 14. 5. 2025]

trámčích v různých poměrech písku a vápenné kaše. Maltové trámky sice vykazovaly dostatečnou pevnost, nicméně je pravděpodobné, že vápenné hrudky zastávaly v maltě spíš funkci plniva, nikoli pojiva. Proto nastává otázka, jestli by byly malty dostatečně pevné také v menším poměru, například 2 : 1. Vzorky byly seřazeny od nejvyšších dosažených hodnot po nejnižší v Tabulce 7.

SEŘAZENÍ OD NEJVYŠŠÍ PO NEJNIŽŠÍ HODNOTY	ULTRAZVUK	MODUL PRUŽNOSTI	PEVNOST V TAHU ZA OHYBU
1.	HO8	HO8	HR
2.	HR	HR	HO8
3.	HZ1	HZ1	HZ1
4.	HZ8	KZ8	KR
5.	KZ8	KO8	KZ8
6.	KR	HZ8	KO8
7.	KZ1	KR	HZ8
8.	KO8	KZ1	KZ1

Tab. 7: Porovnání vzorků na základě provedených analýz maltových trámek. Nejvyšší hodnoty dosáhly převážně vzorky z vápenných hydrátů, bez ohledu na promrzlé nebo referenční vzorky. Stejnou barvou jsou zvýrazněné shodné vzorky.

2 Restaurování sgrafita s výjevem *Únos Heleny Trojské* na zámku Litomyšl

2.1 Úvodní údaje

2.1.1 Lokalizace památky

- Kraj: Pardubický
- Adresa: Jiráskova 93, 570 01 Litomyšl
- GPS souřadnice: 49°52'24,38" s. š., 16°18'45,54" v. d.
- Objekt: Státní zámek v Litomyšli
- Bližší určení místa popisem: severozápadní fasáda II. nádvoří

2.1.2 Údaje o památce

- Název restaurovaného díla: výjev sgrafita s názvem *Únos Heleny Trójské*
- Klasifikace památky: památka UNESCO
- Rejstříkové číslo objektu v ÚSKP: 11786/6-4176
- Autor: dříve uváděno Šimon Vlach s dílnou, autor nejasný
- Sloh, datace: renesance 1575–1580
- Materiál, technika: sgrafito
- Restaurovaná část: *Únos Heleny Trójské*, pravá část výjevu
- Rozměry restaurovaného díla (části):
 - rozměry celého výjevu: šířka – 423,5 cm, výška – 284,5 cm
 - rozměry vybrané části: šířka – 178 cm spodní hrana, 213,5 cm horní hrana, výška – 284,5 cm
- Předchozí známé (restaurátorské) zásahy na díle:
 - 1830
 - 1883
 - 1906 Vilém Vondřejc (jedno pole)
 - 1907–1909 Hans Viertelberger
 - 1920 Jindřich Čapek
 - 1935 Antonín Pochobradský (údržba)
 - 1943 Miroslav Böswart
 - 1973 Václav Hlavatý, Miroslav Vajchr, Aloisie Viškovská, Petr Vítvar
 - 1984–1988 Olbram Zoubek, Václav Boštík, Stanislav Podhrázský, Zdeněk Palcr
 - 2012 Jan Vojtěchovský, Fakulta restaurování UPCE (konzervační zásah)

- Předchozí známé restaurátorské průzkumy:
- 2012 Jan Vojtěchovský, Fakulta restaurování UPCE
- 2023 Kateřina Krhánková, Karolína Marčíková, Zuzana Wichterlová

2.1.3 Údaje o akci

- Vlastník památky, objednatel: Česká republika, ve správě NPÚ GnŘ Praha
- Památkový dohled: GnŘ Praha
- Restaurátorský záměr – návrh na restaurování: Krhánková, Marčíková, Wichterlová. Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl – II. nádvoří. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl 2023.
- Závazné stanovisko: Rozhodnutí KÚ Pardubice, č. j. KrÚ – 15772/2021 OKSCR OKPP, ze dne 09. 07. 2021
- Zhotovitel: Fakulta restaurování Univerzity Pardubice, Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl, email: dekanat.fr@upce.cz
- Odborný pedagogický dozor: MgA. Zuzana Wichterlová
- Restaurovala: BcA. Andrea Šafaříková
- Odborná spolupráce:
- Uměleckohistorický průzkum:

Mgr. Vladislava Říhová, Ph.D.

Mgr. Zdeňka Míchalová, Ph.D.
- Chemickotechnologický průzkum:

Ing. Karol Bayer

Ing. Petra Lesniaková, Ph.D.

2.1.4 Údaje o dokumentaci

- Autor dokumentace: Andrea Šafaříková
- Autoři fotografií: Andrea Šafaříková, Ing. Jiří Vidman, Ing. Pavel Hlavenka
- Použitá snímací technika: Canon EOS 80D
- Počet stran textu dokumentace: 22
- Počet vyobrazení ve fotografické a grafické dokumentaci: 49
- Autor grafické dokumentace: ARCHMENU s.r.o., zákresy: Bc. Silvia Havlíková

2.2 Úvod

Zámek v Litomyšli je renesanční stavba nacházející se v Pardubickém kraji. Jeho fasáda je pojednána sgrafitovou výzdobou. Restaurátorský průzkum a následný zásah byl zaměřen na výzdobu severozápadní strany 2. nádvoří zámku, a to konkrétně na pravou část výjevu s názvem *Únos Heleny Trójské*. Vypráví příběh Parida, který unáší Helenu Trójskou, manželku spartského krále.

Zámek si po dobu své existence prošel mnoha úpravami a zásahy, a to zejména restaurátorskými. Nejzásadnějším problémem bylo oddělování omítkových vrstev od podkladu, což vedlo k vzniku dutin. Poškození sgrafita bylo zapříčiněno zejména působením dešťové vody na povrch a odšťikováním vody od okenních parapetů. V důsledku četných úprav v minulosti ztratilo sgrafito svůj původní vzhled. Renesanční bílá povrchová vrstva byla erodovaná a na povrchu byl druhotně nanesen bílý nátěr, který částečně zaléval šrafy výjevu a deformoval tak jeho modelaci.

Cílem restaurátorského zásahu bylo zpevnění omítkových vrstev, aby nedocházelo k další degradaci. Zároveň byly odstraněny degradující nebo neestetické druhotné vrstvy. Při retuši byl kladen důraz na kontrast mezi světlými a tmavými. Záměrem bylo výjev restaurovat s ohledem na okolní výjevy, aby se dosáhlo jednotného vzhledu a celku celé fasády.

2.3 Průzkum díla

2.3.1 Uměleckohistorický průzkum

2.3.1.1 Popis budovy díla

Zámek v Litomyšli je renesanční budovou s čtvercovým půdorysem. Vrchní části vnějších fasád jsou členěny štíty a komíny. Má tři nádvoří, přičemž II. nádvoří je ze tří stran obklopeno třípatrovým arkádovým sloupořadím. Jedna strana arkád je pouze iluzivní a umožňuje průhledy do dalšího nádvoří. Celá fasáda zámku je pojednána sgrafitovou výzdobou. Vnější fasády jsou z velké části vyzdobeny iluzivní diamantovou bosáží nebo figurálními a zvířecími motivy. K zámku patří také zámecký pivovar, jízdárna a divadlo.

Fasáda II. nádvoří je rozdělena do čtyř figurálních pásů, přičemž každý vypovídá jiný příběh. První figurální pás povídá o historii Samsona, druhý zobrazuje bitevní scény, třetí příklady spojené s válkou a úlohu ženy ve válce. Poslední, čtvrtý pás, zobrazuje zvířata a rytíře.⁴² Restaurovaný výjev se nachází ve třetím figurálním pásu a jedná se o druhý výjev zleva.

Výjev s názvem *Únos Heleny Trójské* zobrazuje bitevní scénu, která se částečně odehrává na souši a částečně na moři. Hlavními postavami výjevu jsou postavy spartského krále Parida a Heleny Trójské. Paris tahá Helenu do své náruče, přičemž ji za nohu drží válečník, který se jí snaží stáhnout do člunu. Ve člunu se nachází další dvě postavy. V pozadí vlevo je zobrazena loď se stěžněm a dalšími postavami. Za Paridem bojují tři válečníci a pod jeho nohama je ležící, již mrtvý muž. Po obou stranách výjevu se nachází iluzivní sloupy. Jejich hlavice již nejsou součástí sgrafitové výzdoby, ale tvoří součást architektonické nadokenní římsy.

2.3.1.2 Stručná historie díla

Základní kámen litomyšlského zámku byl položen dne 18. března 1568. Panství nechal na místě původní rezidence vybudovat Vratislav z Pernštejna, který byl kancléřem království českého.⁴³

Prvním stavitelem zámku byl Giovanni Battista Aostalli de Sala, který zde pracoval pravděpodobně až do své smrti. Od roku 1569 na stavbě působil také Ulrico Aostalli, který stavbu

⁴² WAISSER, Pavel (ed.). *Sgrafita zámku v Litomyšli*. Národní památkový ústav, územní pracoviště v Pardubicích, 2011, s. 36-46.

⁴³ *Ibidem*, s. 28.

dokončil.⁴⁴

Jako první bylo vystavěno západní křídlo, které mělo být obyvatelné ještě před dokončením ostatních částí zámku. Dalšími informacemi o průběhu stavebních prací po roce 1571 je již méně. Následně byla započata poslední etapa výstavby. Bylo postaveno východní a spojovací křídlo zámku, ale zbytky původního panství výstavbu mírně komplikovaly. Když koncem roku 1582 zemřel Vratislav z Pernštejna, práce na zámku byly v podstatě již dokončeny. Stavba měla na Vratislavovo přání čtvercový půdorys. Následně byly do roku 1585 postaveny hospodářské budovy a pivovar.⁴⁵

Fasáda zámku byla pojednána sgrafitovou výzdobou. Jako jeden z umělců podílejících se na jejím vzniku připadá v úvahu.⁴⁶ Se sgrafitovou výzdobou se spojuje také jméno Šimona Vlacha, jehož portrét v šaškovské čepici je zobrazen v iluzivní diamantové bosáži jižního křídla zámku. Tvrzení, že by Šimon Vlach mohl být autorem sgrafitové výzdoby není podloženo, jedná se pouze o hypotézu.⁴⁷

Zámek zachvátil v roce 1635 první požár. Panství bylo do značné míry poškozeno a následovala jeho rozsáhlá oprava. V roce 1775 zničil další požár část krovů a druhé patro zámku.⁴⁸

V roce 1856 koupil panství v dražbě kníže Maximilián Thurn-Taxis. V tomto období došlo k dalším rozsáhlejšími rekonstrukcím zámku.⁴⁹

Ve 20. letech se majitelem zámku stal stát. V roce 1999 byl zámek zapsán do Seznamu světového dědictví UNESCO a je spravován Národním památkovým ústavem.⁵⁰

⁴⁴ WAISSER, Pavel (ed.). *Sgrafita zámku v Litomyšli*. Národní památkový ústav, územní pracoviště v Pardubicích, 2011, s. 28.

⁴⁵ *Ibidem*, s. 29.

⁴⁶ *Ibidem*, s. 30.

⁴⁷ *Ibidem*

⁴⁸ HORYNA, Mojmír. *Zámek Litomyšl. II. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982, s. 150-151.

⁴⁹ HORYNA, Mojmír. *Zámek Litomyšl. I. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982, s. 115-116.

⁵⁰ *Historie zámku v Litomyšli* [online]. Dostupné z: <https://www.zamek-litomysl.cz/cs/o-zamku/historie> [cit. 25. 04. 2024].

2.3.1.3 Předlohy a analogie díla

Předlohou pro výjev *Únos Heleny Trójské* byla grafika od Gerarda van Groeningena podle Petra Furnia, *Únos Heleny Trójské* ze série *Trójská válka*, z roku 1571.⁵¹ Autoři sgrafita redukovali mořské vlny v pozadí, protože použili pouze výřez z grafické předlohy (Obr. 14).⁵² Také zde byly patrné autorské korekce, kdy se v grafické předloze ruka muže stojícího za postavou Parida ztrácí za jeho zády a v provedeném sgrafitu muž drží Parida za jeho levé rameno (Obr. 13). Je zjevné, že čtyři prsty mužské postavy spočívají na Paridovom rameni. Stíny a světla se častokrát shodují, ale v některých místech se liší.

2.3.1.4 Předchozí restaurátorské a stavební zásahy a průzkumy

První větší opravy sgrafitové výzdoby, které se týkaly také 2. nádvoří, byly provedeny po požáru v roce 1635. Ve 2. nádvoří byly sneseny některé lunetové korunní římsy. Na místech, kde byly původně umístěny lunetové římsy, vznikla nová sgrafitová výzdoba.⁵³ V 2. nádvoří tak část posledního horního pásu severozápadní stěny tvoří raně barokní sgrafitová výzdoba.⁵⁴

Důvodem k rozsáhlým úpravám byl požár v roce 1775, při kterém vyhořelo patrně celé druhé patro zámku. V roce 1781 byly vnější fasády zámku pojednány tenkou vrstvou omítky. Po dlouhou dobu byla tak odhalena pouze sgrafitová výzdoba severozápadní fasády 2. nádvoří. Zde byly postupně provedeny menší opravy, jako tmely a vápenné nátěry. U výjevu s vyobrazením jezdce na 2. nádvoří se nacházejí vyryté letopočty (1830, 1883 a 1943), které datují některé z těchto oprav.⁵⁵

Za vlastnictví rodu Thurn-Taxis došlo od roku 1861 k rozsáhlejším úpravám zámku. Opravovalo a doplňovalo se zdivo a omítky, a to zejména na východním a severozápadním průčelí 2. nádvoří. Dále se vyměňovala některá okna a opravovala se střecha.⁵⁶

⁵¹ KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří. Příloha č. 3: Dohledané grafické předlohy*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

⁵² ZOUBEK, Olbram et al.: *Zpráva o restaurátorských pracích*. Restaurátorská zpráva, sezóna 1984–1985, s. 4.

⁵³ HORYNA, Mojmir. *Zámek Litomyšl. II. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982, s. 150.

⁵⁴ KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023, s.11.

⁵⁵ WAISSER, Pavel (ed.). *Sgrafita zámku v Litomyšli*. Národní památkový ústav, územní pracoviště v Pardubicích 2011, s. 21.

⁵⁶ HORYNA, Mojmir. *Zámek Litomyšl. I. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982, s. 115-116.

Začátkem roku 1906 nabídl své restaurátorské služby Thurn-Taxisům Vilém Vondřejc, majitel závodu pro kostelní malby v Praze. Vídeňská Centrální komise jeho žádosti o restaurování sgrafitové výzdoby s nedůvěrou vyhověla, ale s tím, že nejdříve musí provést na zkoušku menší úsek.⁵⁷

V říjnu 1906 reagoval na Vondřejcem provedenou zkoušku na výjevu *Zvěstování narození Samsona* prezident centrální komise. Thurn-Taxiskému velkostatku zaslal dopis, ve kterém označil restaurátorský zákrok za nezdařilý. Nedoporučil barevnou obnovu sgrafitové výzdoby, na druhou stranu navrhl pouze zajištění oddělujících se omítek od zdiva. Místo Vondřejce doporučil malíře Hanse Viertelbergera, který se ujal restaurování sgrafitové výzdoby.⁵⁸

V květnu 1909 popsal Viertelberger své restaurování jako zdařilé. Sgrafita měla být ve vynikajícím stavu. Jeden puchýř měl být vyplněn sádrovou maltou. Dále byly provedeny drobné tmely a přemalby provedené Vilémem Vondřejcem byly odstraněny.⁵⁹

V roce 1920 se na restaurování sgrafitové výzdoby podílel Jindřich Čapek. Sgrafitová výzdoba měla být dle jeho názoru ve velmi špatném stavu, a to zejména z důvodu stékání dešťové vody z okenních parapetů na omítky. Mezi omítkami a zdívem byly nalezeny velké sádrové vysprávky, provedeny pravděpodobně restaurátorem Viertelbergerem. Sgrafita byla z důvodu použití fermežového nátěru z roku kolem 1850 rozpraskána. Oddělovala se od zdiva ve krustách, což bylo ovlivněno také sádrovými vysprávkami. Čapek odstranil sádrové vysprávky, dutiny zalil vápenným materiálem a povrch napustil fluátem⁶⁰. Sgrafita byla dle Čapka provedena ve dvou barvách,⁶¹ přičemž později byla do hloubek nanášena černá barva pro zvýraznění.⁶²

⁵⁷ HORYNA, Mojmír. *Zámek Litomyšl. I. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982, s. 117-118.

⁵⁸ SOA Zámorsk, VS Litomyšl, NA PÚ Vídeň. In. MÍCHALOVÁ Zdeňka, ŘÍHOVÁ Vladislava, *Litomyšl – sgrafito na II. nádvoří – archivní rešerše*, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2023 (nepublikovaný dokument).

⁵⁹ *Ibidem*

⁶⁰ Fluáty jsou soli kyseliny hexakřemičité. Reagují s uhlíkatým vápenatým za vzniku nerozpustného fluoridu a křemičitého gelu. V minulosti se používaly pro konsolidaci a k ochraně povrchu před vodou. (Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.artefakt.cz/dokumenty/II.konf/prispevky/03_Glaser.pdf [cit. 3.6.2024])

⁶¹ Národní archiv, Státní památková správa, kart. č. 316. In. MÍCHALOVÁ Zdeňka, ŘÍHOVÁ Vladislava, *Litomyšl – sgrafito na II. nádvoří – archivní rešerše*, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2023 (nepublikovaný dokument).

⁶² Čapek ani jiní restaurátoři nikde nezmiňují, jestli byla černá barva do pozadí přidávána již u původního renesančního sgrafita, anebo to lze považovat za druhotný zásah 20. století.

V roce 1935 provedl mírné opravy sgrafit ve vnitřním nádvoří zámku Antonín Pochobradský.⁶³

V roce 1943 započal restaurátorské práce na sgrafitové výzdobě Miroslav Böswart. Sgrafita očistil vodou a měkkými kartáči, odstranil degradované materiály, potřebná místa vyplnil vápenným materiálem a kresbu doplnil do původní podoby. Povrch sgrafita konsolidoval kazeinovým roztokem.⁶⁴

Z počátku 20. století se dochovaly fotografie fasády II. nádvoří (Obr. 3),⁶⁵ kde je u výjevu *Únos Heleny Trójské* možné pozorovat sgrafita bez výrazných druhotných zásahů a tmelů, které by mohly změnit jeho vzhled, případně pozměnit kompozici díla. Rovněž se dochovala fotografie z roku 1958,⁶⁶ která zobrazuje obdobný stav výjevu (Obr. 4).

V letech 1973 a 1974 bylo pod vedením ČFVU Praha provedeno restaurování sgrafitové výzdoby. Dešťová voda, která odstříkala od okenních parapetů výrazně narušila sgrafita. Restaurátoři provedli injektáž dutin, odstranily degradující materiály a provedli tmelení. Dále provedli konsolidaci zpráškovatělých omítkových vrstev akrylátovou disperzí a retuše omítek i svrchní bílé vápenné vrstvy.⁶⁷ V rámci průzkumu provedeného v roce 2023 byla nalezena fotografie z roku 1976 (Obr. 5),⁶⁸ na které byly viditelné změny v dolní části výjevu *Únos Heleny Trójské*, kdy byla část podél oplechování okenní římsy nově provedena. Tmel nerespektoval původní provedení díla, což bylo viditelné zejména v oblasti dřevěného zábradlí v dolní části výjevu (Obr. 5). Původní dílo bylo realizováno dle grafické předlohy (Obr. 1), kde bylo zábradlí zobrazeno jako na fotografiích před tímto zásahem (Obr. 3, 4).

V letech 1984–1987 restaurovali fasádu 2. nádvoří zámku restaurátoři Olbram Zoubek, Václav Boštík, Zdeněk Palcr a Stanislav Podhrázký. Sgrafita měla být poškozena zejména z důvodu stékající dešťové vody, která také odstříkala od oplechování parapetní římsy. Restaurátorská správa také uvádí, že tato místa byla již dříve opravována cementovými tmely. Jejich restaurátorský zásah spočíval v očištění povrchu, jeho konsolidaci vápennou vodou a v nanesení nové bílé vápenné vrstvy s příměsí lněné fermeže na potřebná místa. Omítka byla scelena retuší hnědým pigmentem. Na závěr byly výjevy

⁶³ SOA Zámorsk, VS Litomyšl, kat. 1429, Spisy a účty obnovy sgrafit 1935. In. MÍCHALOVÁ Zdeňka, ŘÍHOVÁ Vladislava, *Litomyšl – sgrafito na II. nádvoří – archivní rešerše*, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2023 (nepublikovaný dokument).

⁶⁴ NA SPS, kart. 316. In. MÍCHALOVÁ Zdeňka, ŘÍHOVÁ Vladislava, *Litomyšl – sgrafito na II. nádvoří – archivní rešerše*, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2023 (nepublikovaný dokument).

⁶⁵ Archiv NM, fond Etnografického archivu negativů, inv. č. FCN_3357.

⁶⁶ KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

⁶⁷ NA, ČFVU Dílo – Praha

⁶⁸ KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

konsolidovány *Disapolem*.⁶⁹

V roce 2012 byl na fasádě 2. nádvoří proveden restaurátorský průzkum sgrafit a jejich zajišťující zákrok. Došlo tak k provizorním zásahům, kdy byla nejzásadnější místa konsolidována, vyinjektována a obtmelena.⁷⁰

V roce 2023 byl na 2. nádvoří severozápadní fasády zámku proveden podrobný restaurátorský průzkum.⁷¹ V rámci něj byly detailně dokumentovány jednotlivé výjevy sgrafitové výzdoby, jejich původní technika, druhotné zásahy a stav a jejich poškození. Dále byla stanovena koncepce restaurování a postup restaurátorských prací. Také byly odebrány vzorky pro chemickotechnologický průzkum.

Předchozí chemickotechnologické průzkumy byly zaměřeny na odběr vzorků z celé sgrafitové výzdoby 2. nádvoří, nikoli pouze na jeden výjev. Vzorky nebyly odebrány z restaurovaného výjevu, ale výsledky jejich analýzy s ním souvisí.

V roce 2012 byly v rámci průzkumu odebrány vzorky pro chemickotechnologický průzkum.⁷² Při provedené analýze bylo zjištěno, že omítky byly provedené z křemičitého písku a bílého vzdušného vápna. Obsahovaly hrudky vápna a horninové úlomky. Původní renesanční bílá vrstva obsahovala vápno a také síran vápenatý.

Při analýze byly identifikovány také druhotné materiály z předchozích restaurátorských zásahů. Omítkové vrstvy obsahovaly fluor a v některých vzorcích, které byly odebrány z míst v okolí tmelů pod římsou ve 2. sgrafitovém pásu, byl identifikován cement. Vzorky odebrány z některých tmelů obsahovaly akryláty. Omítkové vrstvy a tmely byly retušovány hnědým okrem. Analýza vzorků potvrdila přítomnost několika vrstev bílé vápenné vrstvy, které pocházejí z intervencí restaurátorů v minulosti.⁷³

⁶⁹ ZOUBEK, Olbram et al.: *Zpráva o restaurátorských pracích*. Restaurátorská zpráva, sezóna 1984–1985, s. 4–6.

⁷⁰ VOJTĚCHOVSKÝ, Jan et al.: *Průzkum a zajištění figurální sgrafitové výzdoby jihovýchodní fasády 2. nádvoří zámku v Litomyšli*. Restaurátorská dokumentace. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2012.

⁷¹ KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří. Příloha č. 3: Dohledané grafické předlohy*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

⁷² LESNIAKOVÁ, Petra. *Vstupní materiálový průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří zámku v Litomyšli*. In: Průzkum a zajištění figurální sgrafitové výzdoby jihovýchodní fasády 2. nádvoří zámku v Litomyšli. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl 2012.

⁷³ LESNIAKOVÁ, Petra. *Vstupní materiálový průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří zámku v Litomyšli*. In: Průzkum a zajištění figurální sgrafitové výzdoby jihovýchodní fasády 2. nádvoří zámku v Litomyšli. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl 2012, s. 21.

V roce 2023 byly v rámci restaurátorského průzkumu odebrány vzorky pro chemickotechnologickou analýzu.⁷⁴ Vzorky byly odebrány zejména z důvodu zjištění nasákavosti omítkových vrstev, za účelem stanovení obsahu vodorozpustných solí a analýzy původní výzdoby.⁷⁵

Nasákavost vrstev byla měřena pomocí Karstenové trubice, a to za účelem zjištění jejich hydrofobity. Měření bylo provedeno z důvodu možnosti použití konzervačních materiálů při restaurování. Z výsledků analýzy vyplynulo, že povrchy nebyly výrazně hydrofobní. Nejméně nasákové byly povrchy s dobře dochovanou bílou barevnou vrstvou.⁷⁶

Vzorky k analýze vodorozpustných solí byly odebrány z různých výšek třetího figurálního pásu, v hloubce přibližně 3 cm. Bylo zjištěno, že omítkové vrstvy obsahovaly především velké množství síranů. Chloridy a dusičnany byly v analyzovaných vzorcích zjištěny pouze v zanedbatelných množstvích.⁷⁷

Je možné předpokládat, že původní bílá vápenná vrstva se dochovala pouze fragmentárně a není jí zcela jednoduše možné odlišit od mladších vrstev. Nejmladší bílá vrstva pochází z 80. let 20. století. Jako plnivo obsahovala malé množství karbonátových zrn. V mnohých vzorcích byl identifikován sádrovec.⁷⁸

2.3.2 Restaurátorský průzkum

2.3.2.1 Vizualní průzkum v rozptýleném denním světle

Při vizualním průzkumu bylo konstatováno, že výjev byl v poměrně dobrém stavu. Co se původní techniky týče, výzdoba byla provedena v jemné omítce (*intonaco colorato*), smíchané z vápna a jemnozrnného křemičitého písku. Použitý písek měl vliv na barevnost výsledné omítky. Po zavadnutí omítky byla na povrch nanesena bílá vápenná vrstva. Následně byly do omítky proryty obrysy výjevu. K přenosu předlohy na výjev sloužila rozkreslovací síť a linky (Obr. 12), které byly patrné v některých částech výjevu (viz kapitola 2.11 *Grafická dokumentace*).

⁷⁴ LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemickotechnologický průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří*. In: *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

⁷⁵ *Ibidem*, s. 32.

⁷⁶ *Ibidem*

⁷⁷ *Ibidem*

⁷⁸ *Ibidem*, s. 33.

Stínování bylo provedeno jemnou šrafurou, která byla pouze vtlačena do omítky, nikoli odryta. Razantnější stínování a zvýrazněný obrysů bylo provedeno odrytím vápenné vrstvy a části omítky (Obr. 10).

Na výjevu byly viditelné druhotné zásahy. Nad parapetem se po celé šířce výjevu nacházel rozsáhlý tmel odlišné barevnosti a struktury, než byla okolní výzdoba (Obr. 20). Tmel byl později ještě opravován, protože se zde místy nacházely tmely s odlišnou barevností, které ho překrývaly. Tmely se nacházely také v horní části pozadí výjevu (Obr. 17) a v přílbici ležící postavy v dolním pravém rohu. Všechny popsané tmely měly odlišnou strukturu a barevnost. Pozadí výjevu bylo přemalováno okrovohnědým pigmentem. Hluboké prorývání bylo z důvodu zvýraznění kontrastu probarveno černou barvou. Na povrch byla opět nanesena bílá vápenná vrstva, což vedlo k zalití některých šraf a ztrátě čitelnosti některých tvarů (Obr. 16). Tato vrstva byla v minulosti na povrch rovnoměrně nafilcována, v důsledku čehož se ztratila plasticita výjevu.

Původní omítkové vrstvy se dochovaly v téměř plné míře. Původní svrchní bílá vápenná vrstva se dochovala pouze fragmentárně. Přesný rozsah jejího dochování není možné určit, a to z důvodu překrytí druhotnými vrstvami.

Obecně lze říci, že výjev nebyl výrazně poškozen. V některých místech byly části omítky v okolí odrytí odřené nebo ulomené. U hran odrytí došlo místy ke ztrátě koheze omítkové vrstvy a povrch se tak mírně sprášoval. V některých místech byly patrné drobné praskliny, které ale výrazně neohrožovaly výjev. Druhotná bílá vrstva, která byla nanesena na povrch v minulosti, byla místy již odřena, což vedlo k horší čitelnosti výjevu. Na povrch dlouhodobě působila stékající a odstříkující dešťová voda. Pod římsou, v dešťovém stínu a v některých odrytých hloubkách výjevu vznikly na povrchu omítky černé krusty. Povrch byl znečištěn od prachu, ptačích exkrementů (Obr. 21) a od druhotného okrovohnědého pigmentu z pozadí, který se vlivem vlhkosti a deště vymýval a stékal po povrchu.

2.3.2.2 Perkusní průzkum (poklepem)

Při perkusním průzkumu bylo zjištěno, že omítkové vrstvy v mnoha místech ztrácely soudržnost se zdívkou a oddělovaly se tak od podkladu. Pod omítkou vznikly dutiny, které výjev výrazně ohrožovaly a mohly způsobit odpadnutí omítkových vrstev.

2.3.3 Komplexní vyhodnocení průzkumu

- Popis a historický vývoj objektu

Renesanční zámek v Litomyšli je budovou s čtvercovým půdorysem a bohatou sgrafitovou výzdobou, která zabírá převážnou většinu fasád budovy. Má tři nádvoří, přičemž 2. nádvoří ze tří stran

obléhají arkády. Severní část arkád je pouze iluzivní a umožňují průhledy do dalšího nádvoří. K zámku patří také prostory bývalé jízdárny, pivovaru a zámeckého divadla.

Panství nechal na místě původní rezidence vybudovat v roce 1568 český kancléř království českého Vratislav z Pernštejna, který byl kancléřem království českého. Prvním stavitelem zámku byl Giovanni Battista Aostalli de Sala a od roku 1569 na stavbě působil také Ulrico Aostalli, který stavbu dokončil.

Když koncem roku 1582 zemřel Vratislav z Pernštejna, práce na zámku byly v podstatě již dokončeny. Stavba měla na Vratislavovo přání čtvercový půdorys.

Fasáda zámku byla pojednána sgrafitovou výzdobou. Autorství výzdoby není zcela zřejmé. Se sgrafity se spájí jména Jan Maivald a Šimon Vlach. Jedná se ovšem pouze o hypotézu, jejich autorství není podloženo.

Zámek zachvátil v roce 1635 první požár. Panství bylo ve značné míře poškozeno a následovala jeho rozsáhlá oprava. Požár zničil také lunetovou římsu na severozápadní straně 2. nádvoří. V roce 1775 zničil další požár značnou část krovů a druhé patro zámku.

V roce 1856 koupil panství v dražbě kníže Maximilián Thurn-Taxis. V tomto období došlo k dalším rozsáhlejšími rekonstrukcím zámku. Od roku 1906 jsou známé četné restaurátorské zásahy, které byly na severozápadní fasádě zámku provedeny. Ty byly příčinou vizuální změny sgrafitové výzdoby, což vedlo ke ztrátě čitelnosti a kontrastu výjevů. Posledním nejzásadnějším zásahem, který měl vliv na současný vzhled sgrafit bylo restaurování Olbramem Zoubkem a jeho kolegy.

Ve 20. letech se majitelem zámku stal stát. V roce 1999 byl zámek zapsán do Seznamu světového dědictví UNESCO a je spravován Národním památkovým ústavem.

- Popis díla a jeho námět (ikonografie)

Fasáda 2. nádvoří je rozdělena do čtyř figurálních pásů, přičemž každý vypovídá jiný příběh. První figurální pás povídá o historii Samsona, druhý zobrazuje bitevní scény, třetí figurální pás zobrazuje příklady spojené s válkou a úlohu ženy ve válce. Poslední, čtvrtý pás, zobrazuje zvířata a rytíře. Restaurovaný výjev se nachází ve třetím figurálním pásu a jedná se o druhý výjev zleva.

Výjev s názvem *Únos Heleny Trójské* zobrazuje bitevní scénu, která se částečně odehrává na souši a částečně na moři. Hlavními postavami výjevu jsou postavy Parida a Heleny Trójské. Paris tahá Helenu do své náruče, přičemž ji za nohu drží válečník, který se jí snaží stáhnout do člunu. Ve člunu se nachází další dvě postavy. V pozadí vlevo je zobrazena loď se stěžněm a dalšími postavami. Za Paridem

bojují tři postavy válečníků a pod jeho nohama je ležící, již mrtvý muž. Po obou stranách výjevu se nachází sloupy. Jejich hlavice již nejsou součástí sgrafitové výzdoby, ale tvoří součást architektonické nadokenní římsy.

Předlohou pro výjev *Únos Heleny Trójské* byla grafika od Gerarda van Groeningena podle Petra Furnia (Obr. 1), *Únos Heleny Trójské* ze série *Trójská válka*, z roku 1571.

- Historický vývoj díla

- *Původní technika díla*

Co se původní techniky týče, výzdoba byla provedena do jemné omítky (*intonaco colorato*), smíchané z bílého vzdušného vápna a jemnozrnného křemičitého písku. Chemickotechnologický průzkum potvrdil obsah vápenných hrudek a horninových úlomků v omítce. Po zavadnutí omítky byla na povrch nanесena tenká bílá vápenná vrstva. Následně byla do omítky proryta rozkreslovací síť a linky, které sloužily k přenosu předlohy na omítku (Obr. 12). Ta byla patrná v některých částech výjevu (viz kapitola 2.11 *Grafická dokumentace*). Nicméně není jisté, zdali se jednalo pouze o vodící linie nebo o pravidelnou síť, protože linie na sebe pravidelně nenavazují. Jejich rozteče se v jednotlivých místech liší. Poté byly do omítky proryty obrysy výjevu, a to pravděpodobně pomocí špachtle.

Jemnější stínování bylo provedeno jemnou šrafurou, která byla pouze vtlačena do omítky, nikoli odryta. Hluboké, plastické reliéfní rytí pro hlavní linie bylo provedeno odrytím vápenné vrstvy a části omítky (Obr. 10).

- *Následující (druhotné) vrstvy*

Sgrafitová výzdoba byla v průběhu své existence nespočetněkrát opravována. Nejstarší oprava proběhla už v roce 1635, kdy vznikla na místě shořelé lunetové římsy nová sgrafita. Lze předpokládat, že při tom došlo i k prvním zásahům na renesančních sgrafitech. Co se omítkových vrstev týče, ty byly v roce 1920 konsolidovány fluáty, což bylo potvrzeno také chemickotechnologickým průzkumem. Na výjevu byly patrné tmely, přičemž se vizuálně lišily svou barevností a strukturou. Ty byly provedeny v různých obdobích. Nejvýraznější tmel, který se nacházel podél celého oplechování okenní římsy, byl v průběhu času opravován a místy přetmelen, což bylo viditelné při restaurátorském průzkumu (Obr. 20). Na dochované fotografii ze začátku 20. století bylo možné pozorovat výjev ještě bez druhotného tmelu (Obr. 2). Tmel byl proveden mezi lety 1958 a 1976, čemu odpovídají dochované historické fotografie (Obr. 5). Je tedy pravděpodobně, že tmel byl proveden v průběhu restaurátorského zásahu pod vedením ČFVU Praha v letech 1973 a 1974. Chemickotechnologický průzkum potvrdil, že se

jednalo o cementový tmel. Místy byly patrné také drobnější tmely, které se odlišovaly svou barevností a strukturou. U některých tmelů byly identifikovány akryláty, což by mohlo odpovídat jejich pojení akrylátovou disperzí. V 80. letech 20. století byly omítky plošně sjednoceny barvou obsahující hnědý okr. Co se bílé vápenné vrstvy týče, ta byla při restaurátorských zásazích opět nanášena na povrch. Vrstva byla na povrch nafilcována v poměrně tlustém nánosu. Zalité šrafy byly opět proryty, místy byly ale vynechány. Tlusté vápenné vrstvy a nepečlivé proškrábnutí vedlo ke ztrátě čitelnosti a plasticity výjevu (Obr. 16).

- Stav díla (poškození) a jeho příčiny

Původní omítkové vrstvy se dochovaly v téměř plné míře, vyjma spodní části podél oplechování parapetní římsy. Původní svrchní bílá vápenná vrstva byla erodovaná, tedy se dochovala pouze fragmentárně. Přesný rozsah jejího dochování není možné určit, a to z důvodu překrytí druhotnými vrstvami.

Co se druhotných vrstev týče, provedené tmely byly v poměrně dobrém stavu. Jejich kvalita provedení neodpovídala kvalitě renesančních omítek. Jednalo se zejména o tmel provedený v oblasti oplechování parapetní římsy, který se materiálem a svým provedením lišil od renesanční omítky (Obr. 20). Proškrabaná místa na tmelu z velké části neodpovídala grafické předloze (Obr. 1) a původnímu provedení sgrafita, které bylo zobrazeno na fotografii z počátku 20. století (Obr. 3-4). Druhotně nanesená bílá vrstva, pocházející z 80. let 20. století, byla na povrch nafilcována v poměrně tlusté vrstvě. Částečně zalévá šrafy výjevu, a tak deformuje jeho modelaci. Na druhou stranu lze říci, že tato vrstva respektovala původní tvarové provedení výjevu a byla na povrch nanesená poměrně citlivě.

Obecně lze říci, že výjev nebyl výrazně poškozen. Hlavními příčinami poškození byl odstřík vody od parapetní římsy, působení srážkové vody a povětrnostních podmínek. V důsledku toho došlo k erozi povrchu, což vedlo k výrazným poškozením na sgrafitu. Ztráta koheze a adheze materiálů vedla k nejzásadnějšímu poškození, čím byly dutiny v omítce. V některých místech byly části omítky v okolí hlubších rytých linií odřené nebo ulomené (Obr. 19). U hran odrytí došlo místy ke ztrátě koheze omítkových vrstev a povrch se tak mírně sprašoval. V některých místech byly patrné drobné praskliny, které ale výrazně neohrožovaly výjev. To potvrdil také perkusní průzkum (poklepem). Druhotná bílá vrstva, která byla nanesená na povrch při předchozím restaurátorském zásahu, byla místy již odřená, což vedlo k horší čitelnosti výjevu. V místě srážkového stínu a v některých odrytých hloubkách výjevu byly na povrchu omítky zčernalá místa. Na povrch dlouhodobě působila stékající dešťová voda, což vedlo

k sulfatizací povrchu. Přítomnost síranů potvrdila také analýza vodorozpustných solí.⁷⁹ Povrch byl znečištěn od prachu, ptačích exkrementů a od druhotného okrovohnědého pigmentu z pozadí, který se vlivem stékající vody vymýval a stékal po povrchu.

2.4 Zkoušky technologií a materiálů

Před zahájením restaurátorských prací byly provedeny zkoušky technologií a materiálů a následně byly vybrány vhodné materiály.

Byly provedeny následující zkoušky materiálů:

- zkoušky čištění okrovohnědého nátěru
- zkoušky čištění sádrovcových krust
- zkoušky tmelení
- zkoušky retuší

Zkoušky čištění okrovohnědého nátěru

K čištění druhotného okrovohnědého nátěru byla nejdříve vyzkoušena horká pára. Působením páry a následným umytím plochy vlhkou houbou byl nátěr poměrně výrazně redukován. Bylo zjištěno, že působení páry redukuje nátěr v příliš výrazné míře, proto bylo rozhodnuto, že bude povrch očištěný vodou z vodovodního řádu a měkkým kartáčem s jemnými štětinami (Obr. 22).

Zkoušky čištění sádrovcových krust

Nejdříve bylo vyzkoušeno redukovat krusty pomocí horké páry (Obr. 23). Působením páry byla odstraněna vrstva okrovohnědého nátěru, ovšem tlak páry způsobil odstřelování kousků krusty spolu s omítkou, čím došlo k poškození omítky. Proto bylo rozhodnuto redukovat krustu jiným způsobem.

Na odstranění sádrovcových krust byl vyzkoušen aniontový iontoměnič *Powdex GX 113* (Obr. 25). Prášek se smíchal s demineralizovanou vodou, aby vznikla hustá kaše. Povrch omítky byl předvlhčen vodou a následně byla kaše přes japonský papír nanášena na povrch. Navrch byl nanesen ještě obklad z buničiny a demineralizované vody, pro delší působení iontoměniče.⁸⁰ Po 15 minutách

⁷⁹ LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemickotechnologický průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří*. In: *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

⁸⁰ Iontoměniče působí pouze ve vlhkém prostředí. Obklad z buničiny a vody měl za úkol zabezpečit, aby kaše nevyschla dřív, než měla být doba působení.

byly materiály sejmuty a povrch byl dočištěn pomocí čisticího štětce a vody. Výsledek byl neuspokojivý, povrch síranové krusty nebyl téměř vůbec narušen, a proto bylo přistoupeno k opakování procesu. Tentokrát byl proces vyzkoušen bez použití japonského papíru. Výsledek byl lepší, krusta byla ztenčena a místy zcela odstraněna (Obr. 24).

Jako další byl vyzkoušen uhličitan amonný (Obr. 24). Ten byl připraven v 20% koncentraci. Povrch byl předvlhčen vodou a následně byl aplikován zábal z 20% uhličitanu amonného a buničiny. Zábal byl sundán po 30 minutách a povrch byl následně dočištěn pomocí čisticího štětce a vody. Na povrch byly aplikovány 3 odsolovací zábaly z buničiny a demineralizované vody, s cílem odstranit vodorozpustné soli vzniklé v důsledku čištění. Zábal měl přesah 10 cm přes okraj čištěného místa, aby došlo k efektivnímu odsolení celé plochy. Každý zábal byl sundán po úplném vyschnutí. Povrch byl dočištěn pomocí štětce a horké páry, aby byla buničina z povrchu úplně odstraněna.

Nejefektivnější zkouška čištění proběhla s uhličitanem amonným, proto byl vybrán k čištění sádrovcových krust.

Zkoušky tmelení

Zkoušky tmelů byly provedeny ze dvou písků pocházejících z Dolan a Kostelce nad Orlicí. U obou písků byla provedena granulometrie. Písek z Dolan měl ve výsledku méně jemnějších částic, přičemž písek z Kostelce nad Orlicí obsahoval převážně jílové částice. Nejdříve byly provedeny zkoušky z jednotlivých písků pojených vápenným hydrátem v poměru 1 : 2, 1 : 1,5 a 1 : 1. Ve výsledku měl tmel z písku z Dolan oproti původní omítce příliš šedou barevnost. Tmel z Kostelce nad Orlicí byl barevně lépe odpovídající, ale v důsledku vysokého podílu jílových částic nebyl dostatečně pevný. Proto bylo rozhodnuto o míchání obou písků, a to v poměru 1 : 3, přičemž 1 díl tvořila jemná frakce písku z Kostelce nad Orlicí a 3 díly tvořil písek z Dolan. Rozsah frakcí byl 0 – 2 mm. Výsledný tmel byl smíchán z písku a vápenného hydrátu v poměru 1 : 1,5. U poměru 1 : 1,5 měl tmel nejvhodnější barevnost a pevnost vůči původní omítce.

Zkoušky retuší

Před samotnou retuší byly provedeny zkoušky (Obr. 26). Bylo rozhodnuto o míchání směsi, která měla pozůstat z vápenného hydrátu, přirozeně hydraulického vápna (NHL 3,5), zinkové běloby a akrylátové disperze *Dispersion K9*. Byly vyzkoušeny následující poměr materiálů:

- 1 hmotnostní díl NHL 3,5
- 4 hmotnostní díly vápenného hydrátu

- zinková běloba a zinková nanoběloba⁸¹ v poměru 1:1 (běloby by měly tvořit 2 % z celkové hmotnosti směsi NHL 3,5 a vápenného hydrátu)
- 5% disperze *Dispersion K9*

Výsledný odstín směsi byl příliš bílý vůči bílé vápenné vrstvě na sgrafitu, proto bylo rozhodnuto o jejím přibarvení. Výsledný recept byl míchán v následovných poměrech:

- 5 g suché směsi (NHL 3,5, vápenný hydrát)
- 0,1 g zinková běloba a nanoběloba
- 4 g disperze *K9*
- 4 kapky sienny přírodní naložené ve vodě, aplikované kapátkem (3 g sienny na 30 g vody)

Výsledek zkoušky byl uspokojivý. Barva měla na různých místech různou barevnost, rozdíly ale nebyly výrazné.

V dalším kroku byla provedena zkouška retuše pozadí výjevu. Byla namíchána směs minerálních práškových pigmentů, které byly pojeny akrylátovou disperzí *Dispersion K9*. Z pigmentů byla použita umbra přírodní, umbra pálená a sienna pálená, a to v takovém poměru, aby bylo dosaženo požadovaného tónu okolní výzdoby. Akrylátová disperze byla namíchána v poměru 1 : 30 s vodou (obj.). Výsledek zkoušky byl uspokojivý, proto bylo přistoupeno k použití daného receptu.

2.5 Návrh restaurátorského zákroku

2.5.1 Návrh koncepce restaurování

V rámci průzkumu z roku 2023 byl navržen postup restaurování.⁸² Ten byl v průběhu restaurátorských prací dodržen, případně mírně upraven. Po konzultaci se zástupcem památkové péče bylo rozhodnuto o respektování restaurátorských zásahů z minulých let, s výjimkou nesoudržných a neestetických vrstev. Byla odstraněna bílá vrstva z oblastí, které byly zality v místech původní ryté kresby. Okrová barva v pozadí, pocházející z 80. let 20. století byla z důvodu špinění okolní výzdoby redukována. Bylo přistoupeno k redukci sádrovcových krust z povrchu výjevu, protože byly esteticky nevyhovující. Při retuši měl být kladen důraz na zvýraznění plasticity, aby se dojem se sgrafita co nejvíce

⁸¹ Byla vyzkoušena také pouze samotná zinková nanoběloba, která ale pod UV zářením nevykazovala žádnou luminiscenci. Luminiscence byla žádoucí z důvodu odlišitelnosti retuší. Protože byly v minulosti na sgrafitu provedené četné zásahy, při nasvícení výjevu UV světlem je možné odlišit konkrétní restaurátorský zásah.

⁸² KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří. Příloha č. 3: Dohledané grafické předlohy*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.

přiblížil původnímu záměru v renesanci. Vzhledem k nesčetným druhotným zásahům na sgrafitové výzdobě bylo rozhodnuto o použití zinkové běloby při retuši, která je viditelná při nasvícení UV světlem, aby se daný restaurátorský zásah odlišil od ostatních.

2.5.2 Návrh postupu restaurátorských prací

1. Konsolidace rozvolněných omítkových vrstev se ztrátou koheze vápennou nanosuspenzí, např. *CaLoSil E25* v koncentraci 1 : 4 (obj.) s ethanolem.
2. Hloubková injektáž dutin pomocí injektážní malty na bázi vápna a hydraulických pojiv, např. *Ledan® RISTAT A*. Při menších dutinách by měl být použitý *Ledan® TBI*. Výsledná pevnost tmelů by neměla přesahovat okolní původní materiály.
3. Odstranění sádrovcových krust uhličitánem amonným, v koncentraci 20 % s vodou, aplikovaný v zábalu s buničinou, např. *Arbocel BC200*. Následné dočištění čisticím štětcem. Po čištění aplikované 3 odsolovací zábaly s destilovanou vodou.
4. Čištění výjevu stříčkou, vodou a měkkým kartáčem, aspoň dvakrát. Následné dočištění povrchu lokálně horkou párou a houbou. Čištění zalitých šraf od druhotné vápenné vrstvy.
5. Konsolidace povrchu zpevňovačem kamene na organokřemičité bázi, např. *KSE 100*, dvakrát aplikované štětcem.
6. Tmelení chybějících míst vápenným tmelem, smíchaným z vápenného hydrátu a křemičitého písku, v obj. poměru 1,5 : 1.
7. Retuš připravenou směsí, smíchané např. z vápenného hydrátu, přirozeně hydraulického vápna (NHL), zinkové běloby a akrylátové disperze, např. *Dispersion K9*. Případně dobarvení směsi minerálními práškovými pigmenty. Retuš aplikovaná na povrch kroucením štětce, tzv. evokací štětcem.

2.6 Dokumentace restaurátorského zásahu

2.6.1 Postup restaurátorských prací

2.6.1.2 Preventivní opatření

Před započítím, případně v průběhu restaurátorských prací bylo přistoupeno k preventivním opatřením, aby se omezilo další poškozování sgrafitové výzdoby. Kvůli snížení odštíku dešťové vody od oplechování parapetní římsy na výjev došlo ke zvětšení jeho sklonu. Dále byly na římsy osazené hroty proti holubům.

2.6.1.3 Konsolidace nesoudržných omítkových vrstev

Nejdříve byla zpevněna místa, která vykazovala ztrátu koheze omítkových vrstev a sprašovala se. Omítkové vrstvy byly konsolidovány vápennou nanosuspenzí *CaLoSil E25* v koncentraci 1 : 4 s ethanolem. Pro lepší penetraci materiálu do povrchu a pro omezení tvorby bílého zákalu byl povrch po konsolidaci zastříkán vodou. Proces konsolidace byl několikrát opakován.

2.6.1.4 Hloubková injektáž dutin

Injektovaná místa byla nejdříve předvlhčena demineralizovanou vodou smíchanou s ethanolem, a to v objemovém poměru 1 : 1. Byla tak zajištěna lepší smáčivost materiálů pro následnou aplikaci injektážní směsi.

K zajištění stability oddělených pohyblivých omítkových ker v okolí prasklin a defektů byla použita injektážní směs na hydraulické bázi *Ledan® RISTAT A*. Na injektáž jemnějších dutin byl použitý *Ledan® TBI*. Injektována místa byla následně zajištěna prakovacím systémem, aby nedošlo k odpadnutí omítky od podkladu.

2.6.1.5 Čištění sádrovcových krust

Nejdříve byl z místa, kde byla sádrovcová krusta, pomocí horké páry očištěný okrovohnědý nátěr. K čištění sádrovcových krust byl následně použit uhličitán amonný v 20% koncentraci s vodou. Povrch byl předvlhčen vodou a následně byl aplikován zábal z 20% uhličitánu amonného a buničiny *Arbocel BC200*. Zábal byl sundán po 30 minutách a povrch byl následně dočištěn pomocí čistícího štětce a vody, aby se docílilo úplného odstranění naměkčené krusty. Po čištění byly na povrch aplikovány 3 odsolovací zábaly z buničiny *Arbocel BC200* a demineralizované vody, a to s přesahem 10 cm před okraj čištěné plochy uhličitánem amonným. Každý zábal byl sundán po úplném vyschnutí. Povrch byl dočištěn pomocí čistícího štětce a horké páry, aby byla buničina z povrchu úplně odstraněna (Obr. 29).

2.6.1.6 Čištění

Po zajištění všech rozvolněných částí bylo možné přistoupit k čištění povrchu výjevu. Výjev byl nejdříve očištěn pomocí stříčky s vodou a měkkého kartáče (Obr. 27-28). Tímto způsobem byla z pozadí vymyta převážná většina druhotného okrového nátěru, který již nebyl dostatečně soudržný. Po čištění se na výjevu zvýraznila čtvercová síť, která byla použita k přenosu motivu na zeď (viz kapitola 2.11 *Grafická dokumentace*). Následně byly pomocí tenkého ostrého nástroje vyčištěny šrafy, které byly v důsledku restaurování v minulosti zality. Tím se docílilo lepšího kontrastu mezi světly a stíny. Povrch byl pečlivě dočištěn pomocí horké páry a houby.

2.6.1.7 Konsolidace celého výjevu

Celý výjev byl konsolidován dvěma nátěry zpevňovačem kamene na bázi organokřemičitanů *KSE 100*. Cílem bylo dosažení lepší koheze omítkových vrstev. Povrch byl po několika hodinách zastříkán vápennou nanosuspensí *CaLoSil E25* v koncentraci 1 : 8 s ethanolem, pro rychlejší odeznění hydrofobizace povrchu. Na druhý den byl povrch ještě zastříkán vodou.

2.6.1.8 Tmelení

Chybějící místa byla vytmelena tmelem připraveného z křemičitého písku a vápenného hydrátu. Bylo rozhodnuto o míchání dvou písků, a to písek z Kostelce nad Orlicí a písek z Dolan, v poměru 1 : 3 (obj.), přičemž 1 díl tvořila jemná frakce písku z Kostelce nad Orlicí a 3 díly tvořil písek z Dolan. Největší frakce písku měla 2 mm. Výsledný tmel byl smíchán v poměru 1 : 1,5 s vápenným hydrátem. Způsob míchání tmelů byl následně pro ostatní výjevy na fasádě II. nádvoří mírně modifikován.

2.6.1.9 Retuš

Retuš bílé povrchové vrstvy (Obr. 31-32) byla provedena připravenou směsí, která obsahovala:

- 5 g směsi NHL 3,5 a vápenný hydrát v poměru 1 : 4
- 0,1 g zinkové běloby a zinkové nanoběloby v poměru 1 : 1
- 4 g 5% disperze *Dispersion K9*
- 4 kapky sienny přírodní naložené ve vodě, aplikované kapátkem (3 g sienny na 30 g vody)

Směs byla dle potřeby doředěna vodou.

Pro pozadí výjevu byla použita barva namíchána z minerálních práškových pigmentů a akrylátové disperze *Dispersion K9*. Z pigmentů byla použita umbra přírodní, umbra pálená a sienna pálená. Akrylátová disperze byla namíchána v poměru 1 : 30 s vodou (obj.). Způsob retuše byl následně pro ostatní výjevy na fasádě II. nádvoří mírně modifikován.

2.6.2 Použité materiály

Konsolidace nesoudržných omítkových vrstev

- *CaLoSil E24* (25 g/l), nanosuspence hydroxidu vápenatého v ethanolu, výrobce: IBZ Salzchemie GmbH & Co. KG a technický líh, ethanol 96 %, organické rozpouštědlo, výrobce: Severochema, v obj. poměru 1 : 4.

- *KSE 100*, zpevňovač na bázi etylesteru kyseliny křemičité bez obsahu rozpouštědel, množství vyloučeného gelu cca 10 hm. %: Remmers s. r. o.

Hloubková injektáž dutin

- *Ledan® RI.STAT A*, předmíchaná lehčená injektážní malta s hydraulickým pojivem, výrobce: Tecno Edile Toscana, Italy
- *Ledan® TBI*, předmíchaná injektážní malta s hydraulickým pojivem, výrobce: Tecno Edile Toscana, Italy
- technický líh, ethanol 96 %, organické rozpouštědlo, výrobce: Severochema a voda v obj. poměru 1 : 1
- voda z vodovodního řádu

Čištění sádrovcových krust

- uhličitan amonný, distributor: Penta s. r. o.
- *Powdex GX 113*, aniontový iontoměnič, distributor: Graver Technologies
- *Arbocel® BC 200*, přírodní celulósová vlákna, délka cca 0,3 mm, výrobce: J. Rettenmaier & Söhne GmbH & Co. KG
- demineralizovaná voda

Čištění

- měkký kartáč
- molitanová houba
- demineralizovaná voda v podobě horké páry
- voda z vodovodního řádu

Tmelení

- kopaný křemičitý písek, pískovna Dolany, s.r.o. z Opatovic nad Labem, kopaný křemičitý písek Písník Kínský, s.r.o. z Kostelca nad Orlicí, v obj. poměru 3 : 1, ve směsi s vápenným hydrátem CL-90 s, v obj. poměru 1 : 1,5

Retuš

- *CALCIDUR® NHL 3,5*, přírodní hydraulické vápno z mušlového vápence, výrobce: Zement und Kalkwerke Otterbein GmbH & Co. KG, Großenlütder, Německo
- vápenný hydrát CL-90 s

- zinková běloba a zinková nanoběloba
- *Dispersion K9*, vodná akrylátová disperze, koncentrace 5 % (hm.) v demineralizované vodě, distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG
- práškové minerální pigmenty, distributor: Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, Německo

2.6.3 Doporučený režim památky

Stav sgrafitové výzdoby byl výrazně ovlivněn působením dešťové vody na povrch, což vedlo k oddělování omítkových vrstev od podkladu a rovněž ke ztrátě koheze materiálů. Voda v minulosti odstříkala od okenních parapetů, a to v důsledku jejich špatných sklonů. Sklon oplechování byl v rámci zásahu opraven, nicméně je doporučeno ho pravidelně kontrolovat. Rovněž je doporučeno kontrolovat hroty proti holubům a znečištění holubím trusem.

Je doporučeno restaurované dílo pravidelně kontrolovat v intervalu přibližně každých pěti let restaurátorem s příslušným povolením k restaurování MK ČR. Všechny kroky, případně zásahy, které by měly přímý i nepřímý dopad na restaurované dílo, je nutné konzultovat se zástupci odborných složek památkové péče.

2.7 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na zkoumání změny vlastností vápenné kaše vlivem mrazu a na restaurování pravé části výjevu *Únos Heleny Trójské* na sgrafitové fasádě zámku Litomyšl.

V rámci zkoumání promrzlé vápenné kaše byly dohledány rešerše, které se daným tématem zabývaly. Závěrem rešerší byla nejednotnost názorů na možnost použití promrzlé vápenné kaše v praxi. Proto bylo přistoupeno k analýzám, které měly za úkol zjistit, jestli je možné promrzlé vápenné kaše použít pro přípravu vápenných malt.

Byla tak sledována sedimentace, karbonatace i pevnost vápenných kaší a maltových trámek u promrzlých a referenčních vzorků. Výsledkem byl fakt, že po promrznutí došlo k výrazné vizuální změně vápenných kaší. Vápenné kaše rychle sedimentovaly a ztratily svou plasticitu. Po dalších analýzách bylo zjištěno, že u vápenných kaší nedošlo v průběhu mrznutí ke karbonataci. Karbonatace rovněž neprobíhala rychleji u promrzlých vzorků ani u maltových trámek. Co se pevnosti týče, vzorky vykazovaly přibližně stejné hodnoty a nelze říct, že by promrzlé vápenné kaše měly nižší pevnost. Nicméně bylo zjištěno, že vyšší pevnost vykazovaly převážně vzorky z vápenného hydrátu.

Na výjevu *Únos Heleny Trójské* byl proveden uměleckohistorický a restaurátorský průzkum, s cílem zjistit stav a rozsah poškození a druhotných zásahů sgrafita. Bylo zjištěno, že se v omítce nachází četné dutiny. Co se druhotných zásahů týče, nejzásadnějším byla druhotně nanesená bílá povrchová vrstva včetně přebarveného pozadí okrovohnědou barvou. Poté byla stanovena koncepce restaurování. Bylo rozhodnuto respektování druhotných zásahů, které technologicky nebo esteticky nenarušovaly integritu díla.

V dalším kroku byl proveden restaurátorský zásah. Nejdříve bylo přistoupeno k injektáži dutin v omítce. Poté byly redukovány druhotné materiály a výjev byl očištěn. Omítka byla následně konsolidována ethylsilikátem s účelem jejího zpevnění a preventivní konsolidace. Poté byla chybějící místa tmelena tmelem smíchaným z písku a vápenné kaše. Závěrečným úkonem byla retuš, kdy byla doplněna bílá povrchová vrstva a pozadí bylo sjednoceno. Bílá vrstva obsahovala také příměs zinkové běloby, která při nasvícení UV světlem vykazuje žlutou luminiscenci. Záměrem bylo odlišení pro budoucí zásahy.

2.8 Seznam literatury, pramenů

2.8.1 Seznam literatury

- BLÁHA, Jiří et al. *Vápno. STOP*. Praha, 2001.
- HORYNA, Mojmír. *Zámek Litomyšl. I. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982.
- HORYNA, Mojmír. *Zámek Litomyšl. II. svazek*. Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů v Praze. Praha 1982.
- MICHOLINOVÁ, Dagmar. *Příprava vápenných malt v péči o stavební památky*. ČKAIT. Praha 2006.
- VÁLEK, Jan. *Vápenné technologie historických staveb. Příprava specializovaných vápenných pojiv pro obnovu historických staveb*. Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd České republiky. Praha, 2015.
- VÁLEK, Jan. Tradiční technologie výroby vápna. In. *Vápenné technologie historických staveb*. Národní technické Muzeum. Praha 2015.
- WAISSER, Pavel (ed.). *Sgrafita zámku v Litomyšli*. Národní památkový ústav, územní pracoviště v Pardubicích, 2011.

2.8.2 Seznam pramenů

- ESTÉBANEZ, Pérez Marta. *XRD – Analysis Report*. Nepublikovaný text. Ústav teoretické a aplikované mechaniky. Telč 2014.
- KRHÁNKOVÁ, Kateřina, MARČÍKOVÁ, Karolína, WICHTERLOVÁ, Zuzana. *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří. Příloha č. 3: Dohledané grafické předlohy*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.
- LESNIAKOVÁ, Petra. *Vstupní materiálový průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří zámku v Litomyšli*. In: Průzkum a zajištění figurální sgrafitové výzdoby jihovýchodní fasády 2. nádvoří zámku v Litomyšli. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Litomyšl 2012.
- LESNIAKOVÁ, Petra. *Chemickotechnologický průzkum. Sgrafitová výzdoba 2. nádvoří*. In: *Dokumentace restaurátorského průzkumu sgrafita. Státní zámek Litomyšl - II. nádvoří*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2023.
- LESNIAKOVÁ, Petra. *Termická analýza*. Skripta pro přednášky Technologie II. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl (nevydaný dokument).

- LESNIAKOVÁ, Petra. *Vybrané metody průzkumu kulturního dědictví*. Projekt: Řeč materiálu – tradiční řemeslné technologie pro záchranu kulturního dědictví a současný životní styl. NAKI II. 2018–2022.
- MÍČHALOVÁ Zdeňka, ŘÍHOVÁ Vladislava, *Litomyšl – sgrafito na II. nádvoří – archivní rešerše*, Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice, 2023 (nepublikovaný dokument)
- VOJTĚCHOVSKÝ, Jan et al.: *Průzkum a zajištění figurální sgrafitové výzdoby jihovýchodní fasády 2. nádvoří zámku v Litomyšli. Restaurátorská dokumentace*. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Litomyšl 2012.
- ZOUBEK, Olbram et al.: *Zpráva o restaurátorských pracích*. Restaurátorská zpráva, sezóna 1984–1985.
- *Zkušební metody malt pro zdivo – část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku*. In. Česká technická norma (ČSN EN 1015-11). Duben 2020.

2.8.3 Databáze a internetové zdroje

- Carte, E. A. *Air Bubbles in Ice* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/231046748_Air_Bubbles_in_Ice
- CIZER, Ölem et. al. *Real-time investigation of reaction rate and mineral phase modifications of lime carbonation* [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812002383>
- COOK K. L. K, HARTEL R. W. *Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production*. In. *Comprehensive reviews in food science and food safety* [online]. Dostupné z: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2009.00101.x>
- GALVÁN-RUIZ, M. et al. *Characterization of Calcium Carbonate, Calcium Oxide, and Calcium Hydroxide as Starting Point to the Improvement of Lime for Their Use in Construction* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/232815496_Characterization_of_Calcium_Carbonate_Calcium_Oxide_and_Calcium_Hydroxide_as_Starting_Point_to_the_Improvement_of_Lime_for_Their_Use_in_Construction
- Hardcore Sustainable. *What happens when you use frozen lime putty in lime plaster?* In. *Youtube* [online]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=13OmC6ehn04>
- *Historie zámku v Litomyšli* [online]. Dostupné z: <https://www.zamek-litomysl.cz/cs/o-zamku/historie>
- MICHONOVÁ, Dagmar, NEČAS, Radovan. *Mechanical activation of frozen lime putties* [online]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/379/1/012009>

- VÁVROVÁ, P., KOTLÍK, P. *Rheological properties of lime putty*. Department of chemical technology of monuments conservation. ITC Praha [online]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://schleibinger.com/k2004/vavrova04/Prezentace_Regensburg.pdf
- *What happens when lime putty freezes?* [online]. Dostupné z: <https://preservationsscience.com/materials/lime/FL.html>

2.9 Seznam obrazových příloh

- Obr. 01: Grafika Únos Heleny Trójské od Gerarda van Groeningena, podle Furnia.
- Obr. 02: Historická fotografie severozápadní fasády II. nádvoří z počátku 20. století.
- Obr. 03: Historická fotografie severozápadní fasády II. nádvoří z počátku 20. století. Výjev Únos Heleny Trójské viditelný ještě bez výrazných změn.
- Obr. 04: Fotografie z roku 1958. Severozápadní fasáda II. nádvoří. Spodní část výjevu ještě bez druhotného tmelení.
- Obr. 05: Fotografie z roku 1976. Severozápadní fasáda II. nádvoří. Viditelná změna v kompozici ve spodní části výjevu. Druhotné tmelení podél oplechování okenní římsy z důvodu degradace původních materiálů způsobilo změnu např. u dřevěného zábradlí v pravém dolním rohu.
- Obr. 06: Historická fotografie z let 1984-1985. Restaurátorský zásah Olbrama Zoubka a jeho kolegů na výjevu Únos Heleny Trójské. Výjev na fotografii byl zachycen v stavu před restaurováním.
- Obr. 07: Historická fotografie z let 1984-1985. Restaurátorský zásah Olbrama Zoubka a jeho kolegů na výjevu Únos Heleny Trójské. Výjev na fotografii byl zachycen v stavu po restaurování.
- Obr. 08: Fasáda severozápadní stěny II. nádvoří na zámku v Litomyšli. Stav před restaurováním.
- Obr. 09: Výjev Únos Heleny Trójské ve třetím figurálním pase severozápadní fasády II. nádvoří zámku Litomyšl. Stav před restaurováním.
- Obr. 10: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Horní část výjevu. Obrysy jednotlivých postav a prvků jsou provedeny prorytím, ovšem jemnější šrafury jsou pouze vtlačeny do omítky. Stav před restaurováním.
- Obr. 11: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Spodní část výjevu. Poměrně dobře dochované omítkové vrstvy. Původní bílá povrchová vrstva není patrná. Stav před restaurováním.
- Obr. 12: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Na fotografii je vyznačená oblast, kde se nachází čtvercová síť, která byla použita k přenosu předlohy na omítku u původní realizace (viz. kapitola 2.9 Grafická dokumentace). Stav po očištění.
- Obr. 13: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Viditelná změna v kompozici oproti grafické předloze. Ruka muže spočívá na rameni Parida, přičemž u grafické předlohy se ruka ztrácí za zády Parida. Stav před restaurováním.
- Obr. 14: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. V původní technice bylo pozadí výjevu provedeno pouze odrytím, nikoli nanesením bílé povrchové vrstvy. Stav před restaurováním.
- Obr. 15: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Viditelná druhotná bílá povrchová vrstva. Stav před restaurováním.
- Obr. 16: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Druhotná bílá povrchová vrstva na mnoha místech zalila šrafování, čímž byla potlačena plasticita díla. Stav před restaurováním.
- Obr. 17: Druhotný tmel v pozadí výjevu Únos Heleny Trójské. Stav před restaurováním.
- Obr. 18: Druhotná bílá povrchová vrstva, která je zde nanášena v poměrně tlusté vrstvě. Stav před restaurováním.
- Obr. 19: Poškození v původní omítce. Odřena omítková vrstva. Stav před restaurováním.
- Obr. 20: Poškození druhotného tmelu ze 70. let 20. století v oblasti oplechování okenní římsy. Stav před restaurováním.
- Obr. 21: Zašpinění výjevu ptačím trusem. Stav před restaurováním.
- Obr. 22: Zkouška čištění pozadí výjevu horkou párou a následným smytím vlhkou houbou.

- Obr. 23: Zkouška čištění sádrovcové krusty horkou párou. Pára efektivně odstranila druhotný okrovohnědý nátěr, ovšem tlak páry odstranil krustu spolu s kousky omítky.
- Obr. 24: Zkouška čištění iontoměničem Powdex GX 113 a 20% uhličitanem amonným. Červený čtverec zobrazuje zkoušku uhličitanem amonným, který působil 45 minut, u modrého a zeleného čtverce 30 minut. Žluté čtverce vyznačují oblasti zkoušky čištění iontoměničem Powdex GX 113, kdy doba působení byla 15 minut.
- Obr. 25: Zkouška čištění sádrovcové krusty iontoměničem Powdex GX 113. Iontoměnič po 15 minutách působení částečně redukoval sádrovcovou krustu spolu s bílou povrchovou vrstvou.
- Obr. 26: Zkouška retuše bílé povrchové vrstvy. Barva nebyla nanášena plošně, pouze na vybraná místa pro docílení lepší plasticity díla.
- Obr. 27: Horní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po očištění.
- Obr. 28: Spodní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po očištění.
- Obr. 29: Část výjevu v oblasti dešťového stínu. Stav po očištění sádrovcové krusty uhličitanem amonným.
- Obr. 30: Detail retuše výjevu Únos Heleny Trójské. Stav v průběhu restaurování.
- Obr. 31: Vrchní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 32: Spodní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 33: Část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 34: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 35: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 36: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 37: Oblast dešťového stínu v stavu po restaurování.
- Obr. 38: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 39: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 40: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 41: Detail ruky na výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 42: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.
- Obr. 43: Postava ležícího muže. Stav po restaurování.
- Obr. 44: Oblast zábradlí v spodně části výjevu. Stav po restaurování.
- Obr. 45: Hlava Parida na výjevu Únos Heleny Trójské. Od hora dolů: stav před restaurováním, stav po očištění a stav po restaurování. Sekvence.
- Obr. 46: Vymezení restaurovaného úseku.
- Obr. 47: Grafické zakreslení původní realizace a druhotných zásahů na výjevu Únos Heleny Trójské.
- Obr. 48: Grafické zakreslení poškození na výjevu Únos Heleny Trójské.
- Obr. 49: Grafické zakreslení restaurátorských zásahů na výjevu Únos Heleny Trójské.

2.10 Fotografická dokumentace



Obr. 01:
Grafika Únos
Heleny Trójské
od Gerarda van
Groeningena,
podle Furnia.

Zdroj:
Průzkumová
dokumentace z
roku 2023

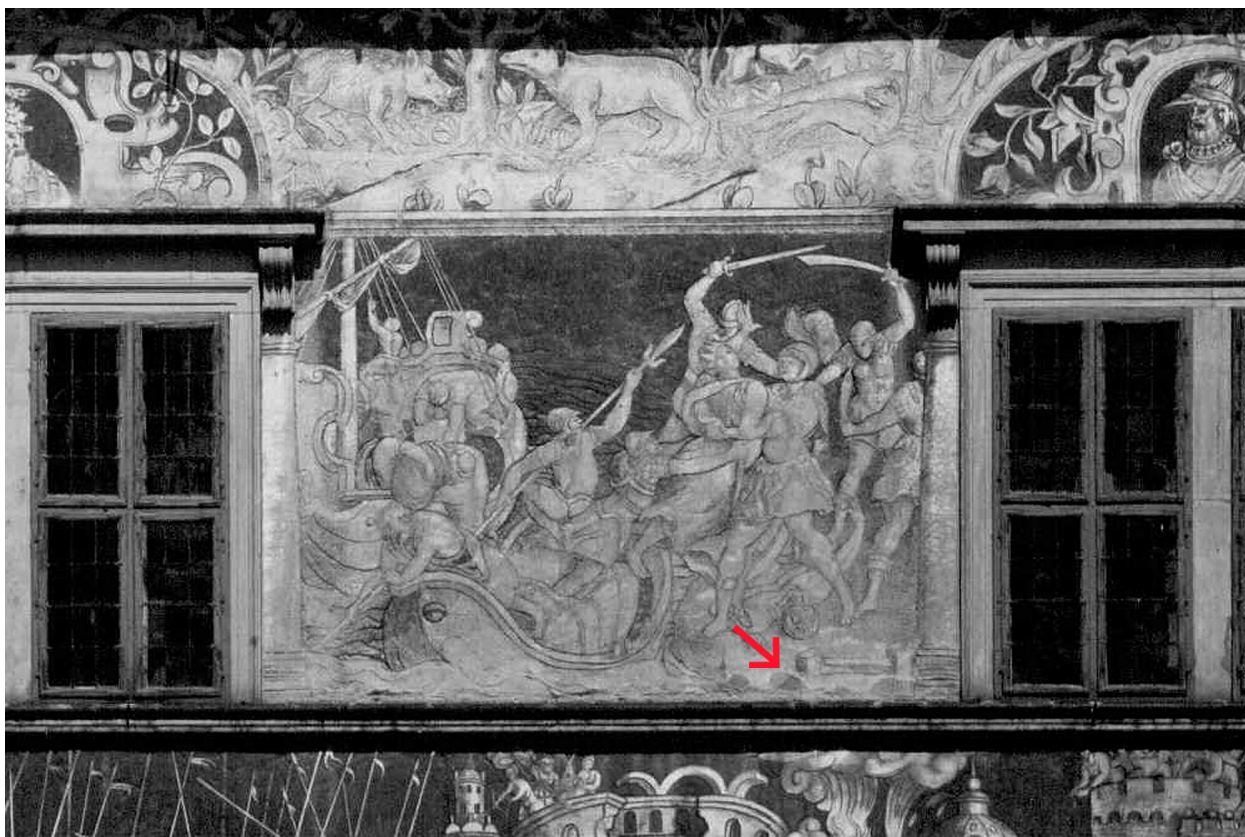


Obr. 02: Historická fotografie severozápadní fasády II. nádvoří z počátku 20. století.

Zdroj: Archiv NM, fond Etnografického archivu negativů, inv. č. FCN_3357

Obr. 03: Historická fotografie severozápadní fasády II. nádvoří z počátku 20. století. Výjev Únos Heleny Trójské viditelný ještě bez výrazných změn.

Zdroj: Archiv NM, fond Etnografického archivu negativů, inv. č. FCN_3357

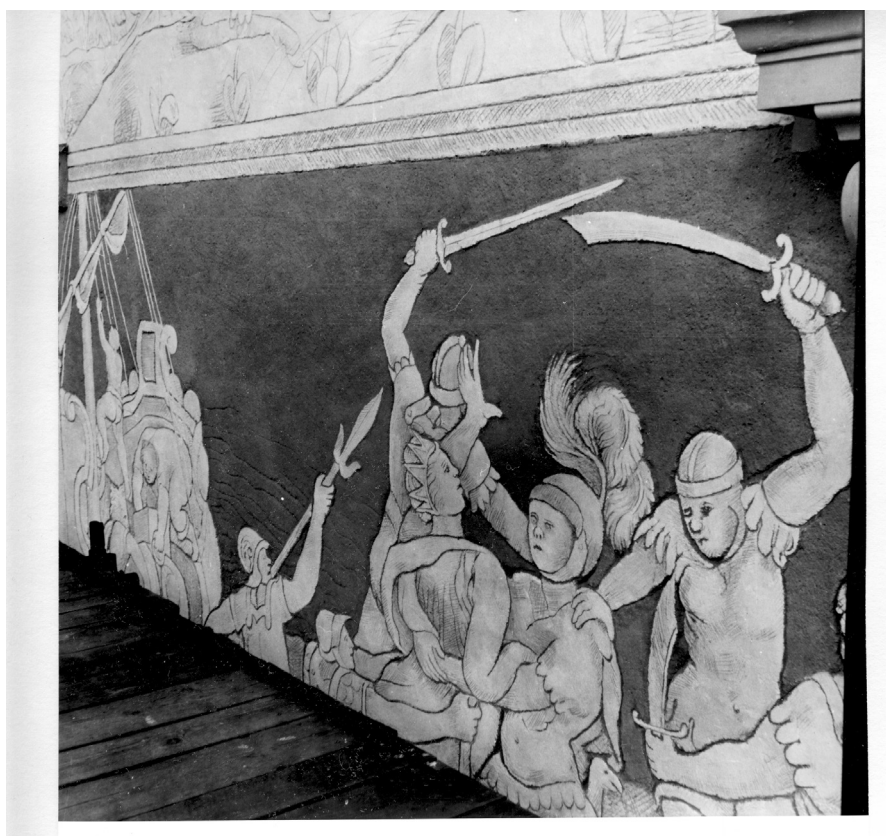


Obr. 04: Fotografie z roku 1958. Severozápadní fasáda II. nádvoří. Spodní část výjevu ještě bez druhotného tmelení.

Zdroj: Průzkum z roku 2023

Obr. 05: Fotografie z roku 1976. Severozápadní fasáda II. nádvoří. Viditelná změna v kompozici ve spodní části výjevu. Druhotné tmelení podél oplechování okenní římsy z důvodu degradace původních materiálů způsobilo změnu např. u dřevěného zábradlí v pravém dolním rohu.

Zdroj: Průzkum z roku 2023



Obr. 06: Historická fotografie z let 1984-1985. Restaurátorský zásah Olbrama Zoubka a jeho kolegů na výjevu Únos Heleny Trójské. Výjev na fotografii byl zachycen v stavu před restaurováním.

Zdroj: Průzkumz roku 2023

Obr. 07: Historická fotografie z let 1984-1985. Restaurátorský zásah Olbrama Zoubka a jeho kolegů na výjevu Únos Heleny Trójské. Výjev na fotografii byl zachycen v stavu po restaurování.

Zdroj: Průzkumz roku 2023



Obr. 08:

Fasáda severozápadní stěny II. nádvoří na zámku v Litomyšli. Stav před restaurováním.

Zdroj: Ing. Jiří Vidman



Obr. 09: Výjev Únos Heleny Trojské ve třetím figurálním pase severozápadní fasády II. nádvoří zámku Litomyšl. Stav před restaurováním.

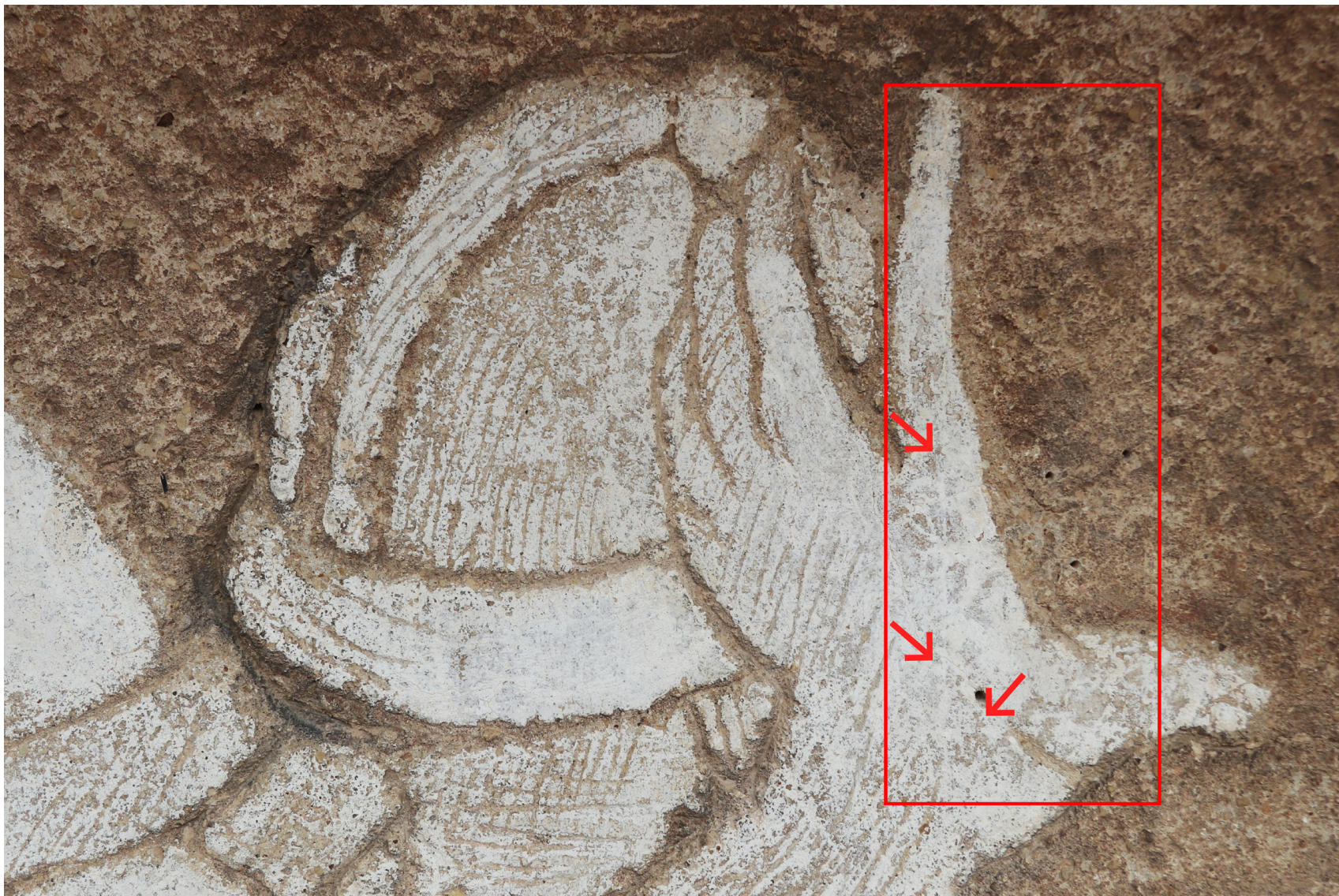
Zdroj:
Ing. Jiří Vidman



Obr. 10: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Horní část výjevu. Obrysy jednotlivých postav a prvků jsou provedeny protřím, ovšem jemnější šrafury jsou pouze vtlačeny do omítky. Stav před restaurováním.

Obr. 11: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Spodní část výjevu. Poměrně dobře dochované omítkové vrstvy. Původní bílá povrchová vrstva není patrná. Stav před restaurováním.

Obr. 12: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Na fotografii je vyznačená oblast, kde se nachází čtvercová síť, která byla použita k přenosu předlohy na omítku u původní realizace (viz. kapitola 2.9 Grafická dokumentace). Stav po očištění.





Obr. 13: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Viditelná změna v kompozici oproti grafické předloze. Ruka muže spočívá na rameni Parida, přičemž u grafické předlohy se ruka ztrácí za zády Parida. Stav před restaurováním.

Obr. 14: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. V původní technice bylo pozadí výjevu provedeno pouze odrytím, nikoli nanesením bílé povrchové vrstvy. Stav před restaurováním.



Obr. 15: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Viditelná druhotná bílá povrchová vrstva. Stav před restaurováním.

Obr. 16: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Druhotná bílá povrchová vrstva na mnoha místech zalila šrafování, čímž byla potlačena plasticita díla. Stav před restaurováním.



Obr. 17: Druhotný tmel v pozadí výjevu Únos Heleny Trójské. Stav před restaurováním.

Obr. 18: Druhotná bílá povrchová vrstva, která je zde nanesena v poměrně tlusté vrstvě. Stav před restaurováním.



Obr. 19: Poškození v původní omítce. Odřena omítková vrstva. Stav před restaurováním.

Obr. 20: Poškození druhotného tmelu ze 70. let 20. století v oblasti oplechování okenní římsy. Stav před restaurováním.



Obr. 21: Zašpinění výjevu ptačím trusem. Stav před restaurováním. **Obr. 22:** Zkouška čištění pozadí výjevu horkou párou a následným smytím vlhkou houbou.

Obr. 23:

Zkouška čištění sádrovcové krusty horkou párou. Pára efektivně odstranila druzhotný okrovohnědý nátěr, ovšem tlak páry odstranil krustu spolu s kousky omítky.



Obr. 24:

Zkouška čištění iontoměničem Powdex GX 113 a 20% uhličitanem amonným. Červený čtverec zobrazuje zkoušku uhličitanem amonným, který působil 45 minut, u modrého a zeleného čtverce 30 minut. Žluté čtverce vyznačují oblasti zkoušky čištění iontoměničem Powdex GX 113, kdy doba působení byla 15 minut.





Obr. 25: Zkouška čištění sádrovcové krusty iontoměničím Powdex GX 113. Iontoměnič po 15 minutách působení částečně redukoval sádrovcovou kustu spolu s bílou povrchovou vrstvou.

Obr. 26: Zkouška retuše bílé povrchové vrstvy. Barva nebyla nanášena plošně, pouze na vybraná místa pro docílení lepší plasticity díla.

Obr. 27: Horní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po očištění.





Obr. 28:
Spodní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po očištění.

Obr. 29: Část výjevu v oblasti dešťového stínu. Stav po očištění sádrovcové krusty u hličitane mamonným.



Obr. 30: Detail retuše výjevu Únos Heleny Trójské. Stav v průběhu restaurování.



Obr. 31:
Vrchní část výjevu
Únos Heleny
Trójské. Stav po
restaurování.





Obr. 32:
Spodní část výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.

Obr. 33:
Část výjevu
Únos Heleny
Trójské. Stav po
restaurování.



Obr. 34: Detail
výjevu Únos
Heleny Trójské.
Stav po
restaurování.





Obr. 35: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.

Obr. 36: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.

Obr. 37: Oblast deštinového stínu v stavu po restaurování.



Obr. 38: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.





Obr. 39: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.

Obr. 40: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.



Obr. 41: Detail ruky na výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.

Obr. 42: Detail výjevu Únos Heleny Trójské. Stav po restaurování.



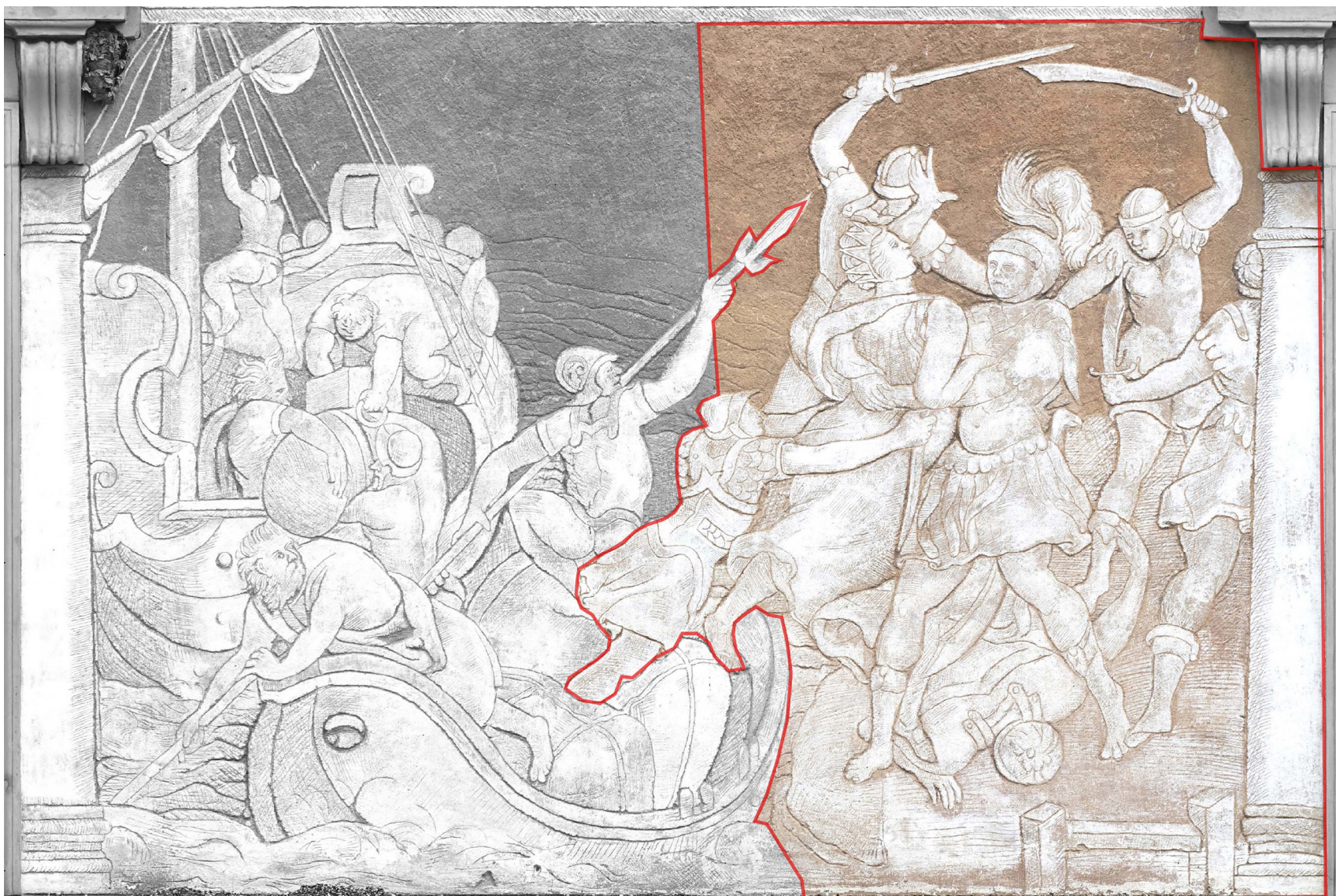
Obr. 43: Postava ležícího muže. Stav po restaurování.

Obr. 44: Oblast zábradlí v spodně části výjevu. Stav po restaurování.



Obr. 45: Hlava Parida na výjevu Únos Heleny Trójské. Od hora dolů: stav před restaurováním, stav po očištění a stav po restaurování. Sekvence.

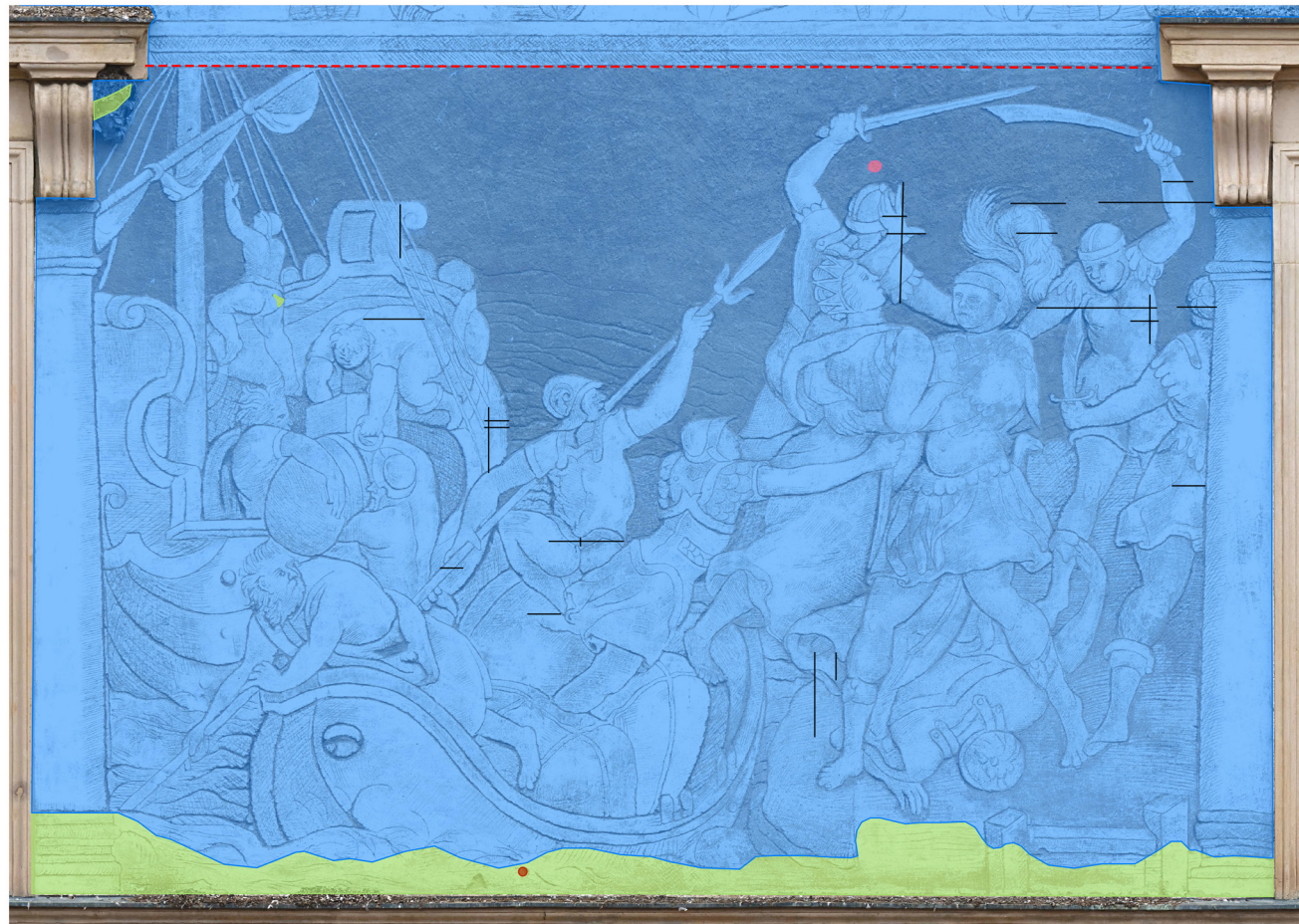
2.11 Grafická dokumentace



Obr. 46:
Vymezení re-
staurovaného
úseku.

Zdroj fotografie:
Ing. Jiří Vidman

B2



LEGENDA

Původní realizace a zásahy - sgrafito a kámen

- Renesanční sgrafito 1580
- Barokní sgrafito 1635
- Kamenné části fasád
- Sluneční hodiny
- Denní dily
- Rozkreslovací síť / linky
- Historické tmely
- Sádra
- Tmely z 80. let, tmely Zoubek
- Tmely 2012
- Historická injektáž 2012 (vpichy, zalití groutem)
- Dřevěné prvky
- Kovové prvky (plechové, hromosvod, ...)
- Zkouška postupů v rámci průzkumu 2023
- Kotvy lešení (rok)
- Sondy - zkoušky 2023

Obr. 47: Grafické zakreslení původní realizace a druhotných zásahů na výjevu Únos Heleny Trójské.
Zdroj: ARCHMENU s.r.o., zákresy: Bc. Silvia Havlíková

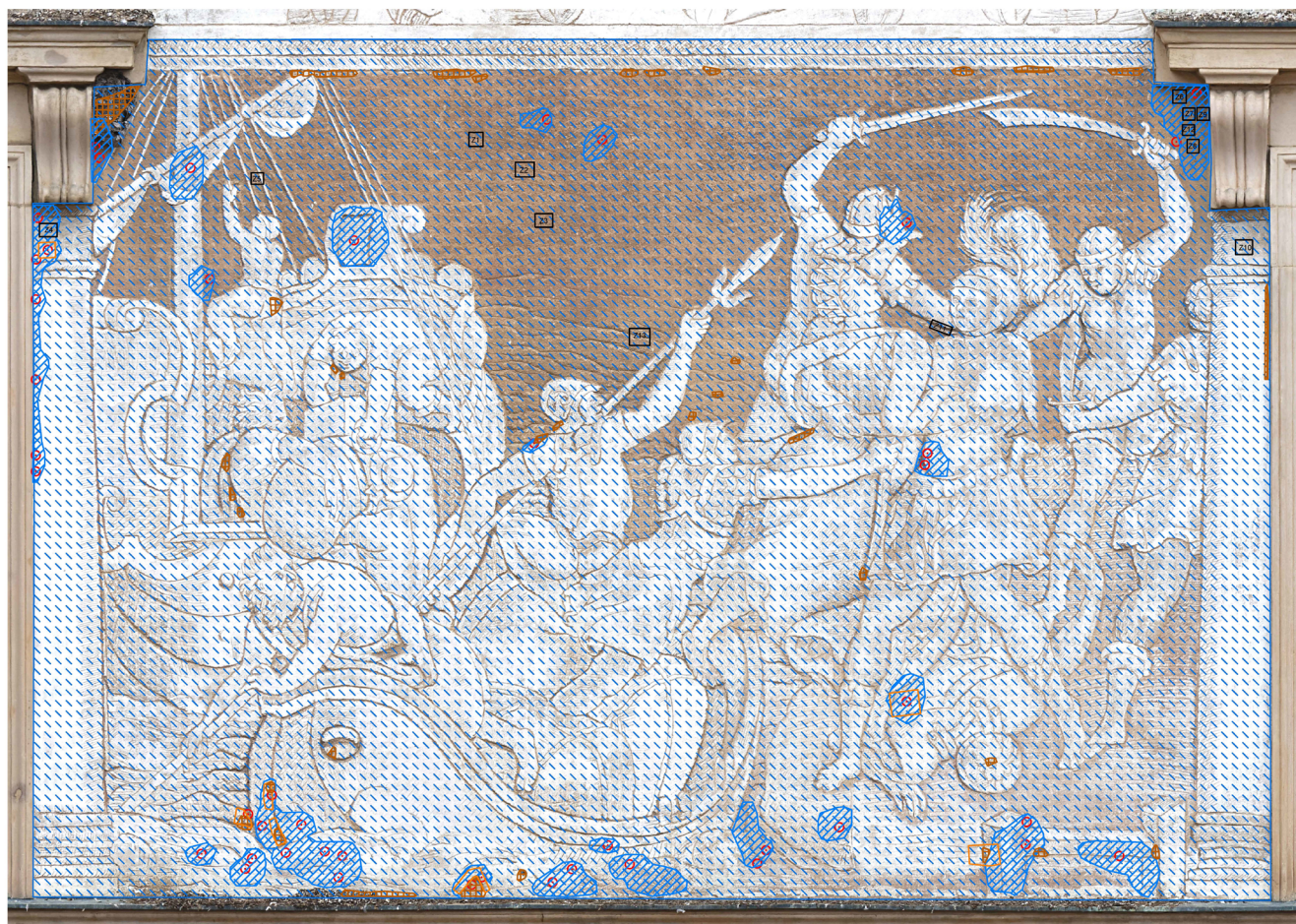


LEGENDA

Poškození - sgrafito

-  Degradace zdiva
-  Úplná ztráta omítek - odhalené zdivo
-  Ztráta intonaca
-  Trhliny
-  Dutiny
-  Vybouleniny
-  Zatekliny
-  Ztmavlé mapy (vlhké mapy)
-  Bio napadení (fasy a lišejníky)
-  Bio napadení (ptačí trus, vosí hnízdo)
-  Korozní produkty mědi
-  Čákance
-  Zčernalý povrch

Obr. 48: Grafické zakreslení poškození na výjevu Únos Heleny Trójské.
Zdroj: ARCHMENU s.r.o., zákresy: Bc. Silvia Havlíková



LEGENDA

Restaurátorské zásahy

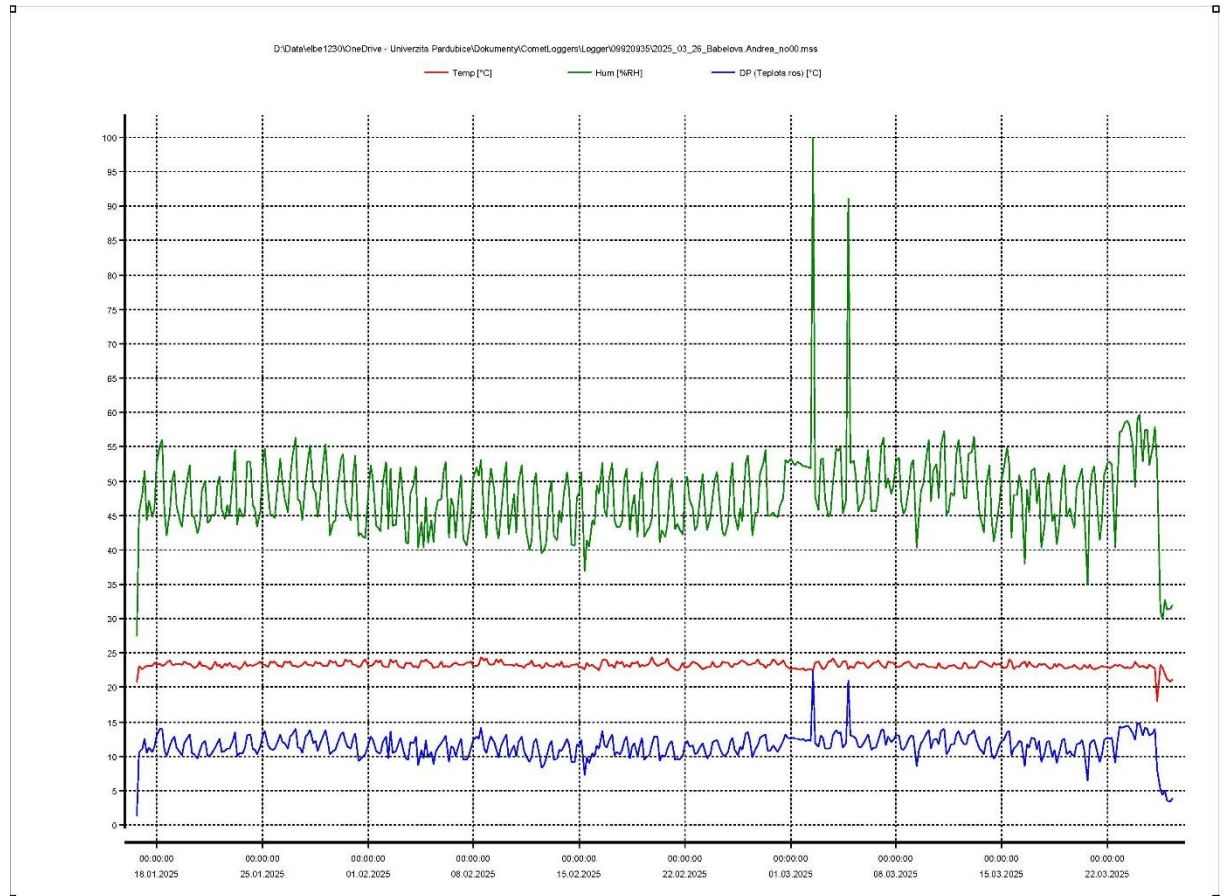
- Z1 Lokalizace provedených zkoušek
- Prelepy (tylosa)
- Revize poškozených výprávek
- Vpichy injektáže 2024
- Injektáž - rozsah
- Sanace bionapadení
- Povrchová konsolidace
- V1 Odebrané vzorky
- Tmely
- Odsolování

Obr. 49: Grafické zakreslení restaurátorských zásahů na výjevu Únos Heleny Trójské.

Zdroj: ARCHMENU s.r.o., zákresy: Bc. Silvia Havlíková

2.12 Přílohy

Příloha č. 1: Teplota a vlhkost v prostředí vzorků vápenných kaší v průběhu měření hmotnosti



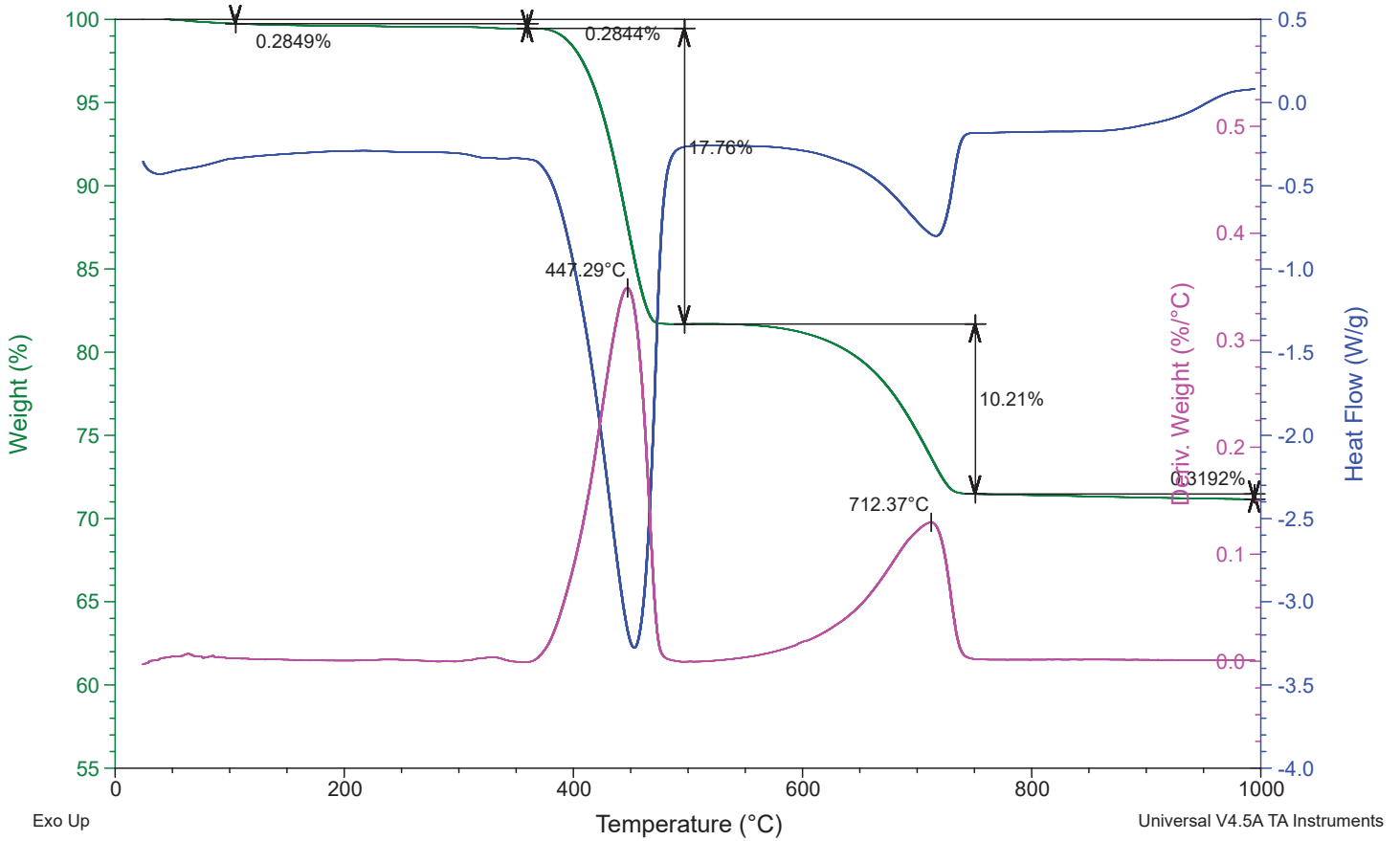
Graf zobrazující teploty a relativní vlhkost v okolí vzorků vápenných kaší v průběhu měření hmotnosti za účelem zjištění karbonátace. Výrazné výkyvy vlhkosti jsou způsobeny přítomností vody, kdy byly vzorky pravidelně stříkány vodou za účelem rychlejší karbonátace.

Příloha č. 2: Výsledné grafy termické analýzy

Sample: HO8
 Size: 30.2020 mg
 Method: Ramp
 Comment: vapno

DSC-TGA

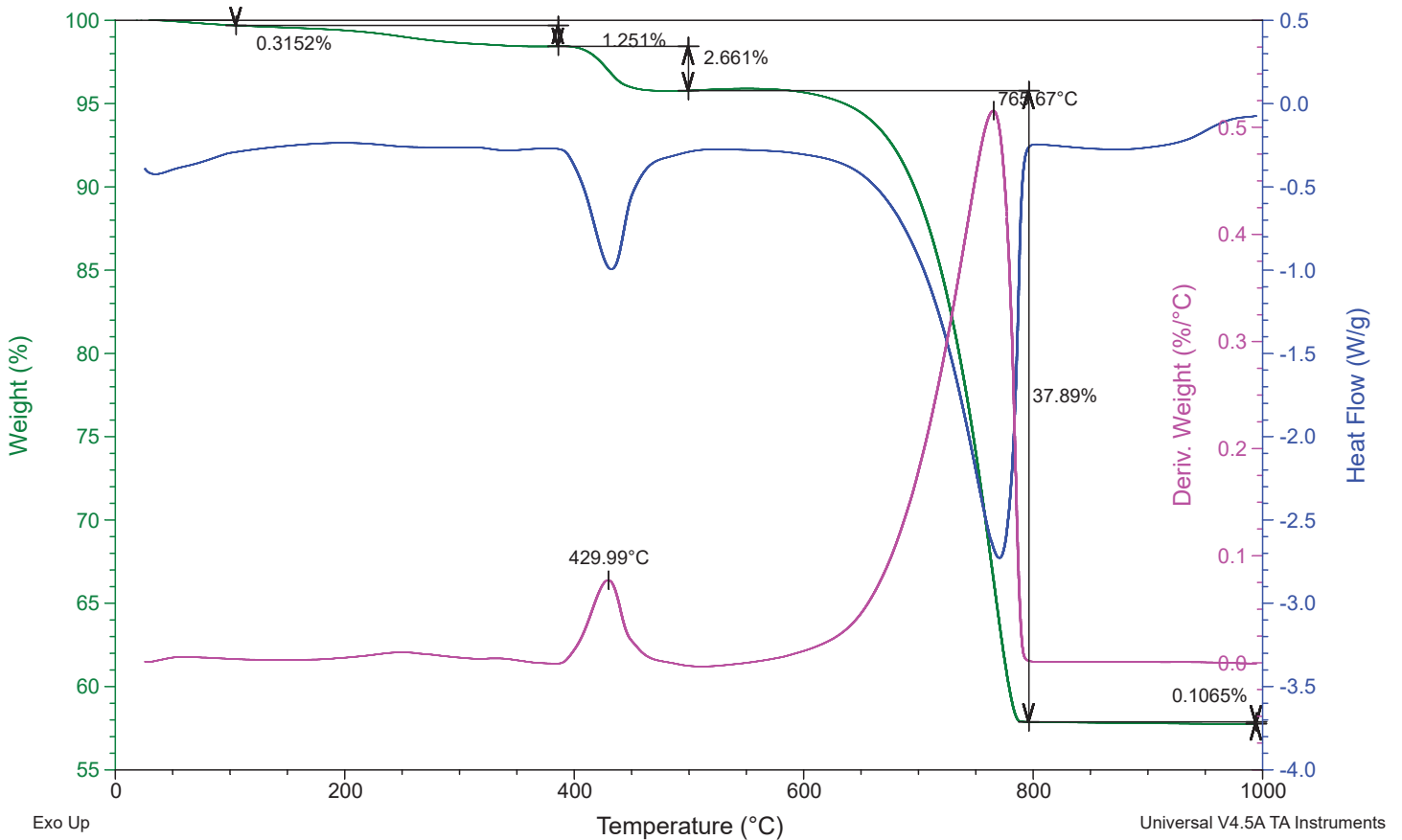
File: C:\...Desktop\lit dok\TA fina\HO8.001
 Operator: RT
 Run Date: 16-Apr-2025 14:02
 Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HO8 karb
 Size: 27.5330 mg
 Method: Ramp
 Comment: vapno

DSC-TGA

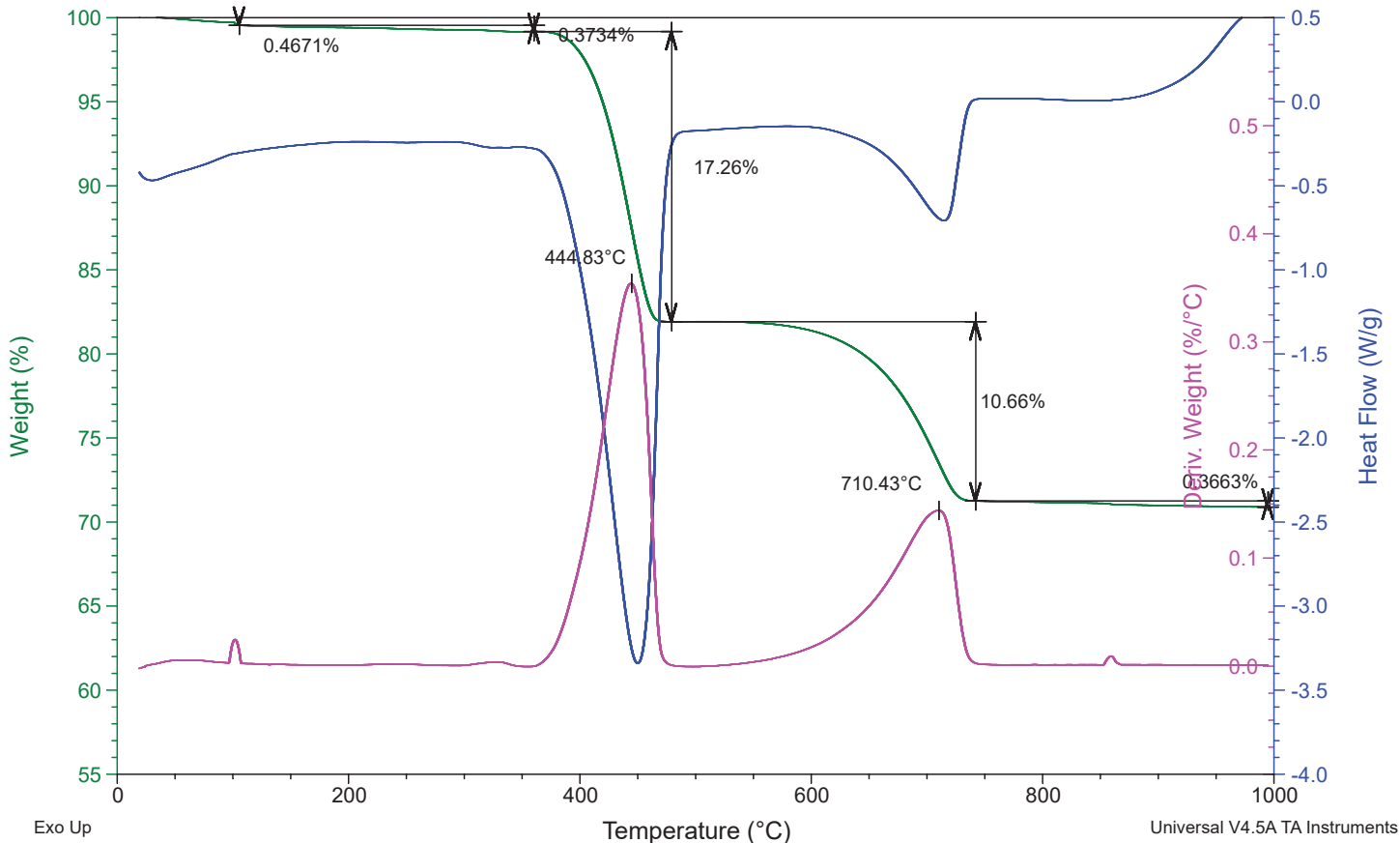
File: C:\...TA fina\HO8 po karbonatácii.001
 Operator: RT
 Run Date: 30-Apr-2025 16:20
 Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HR
Size: 27.3960 mg
Method: Ramp
Comment: referencni hydrat

DSC-TGA

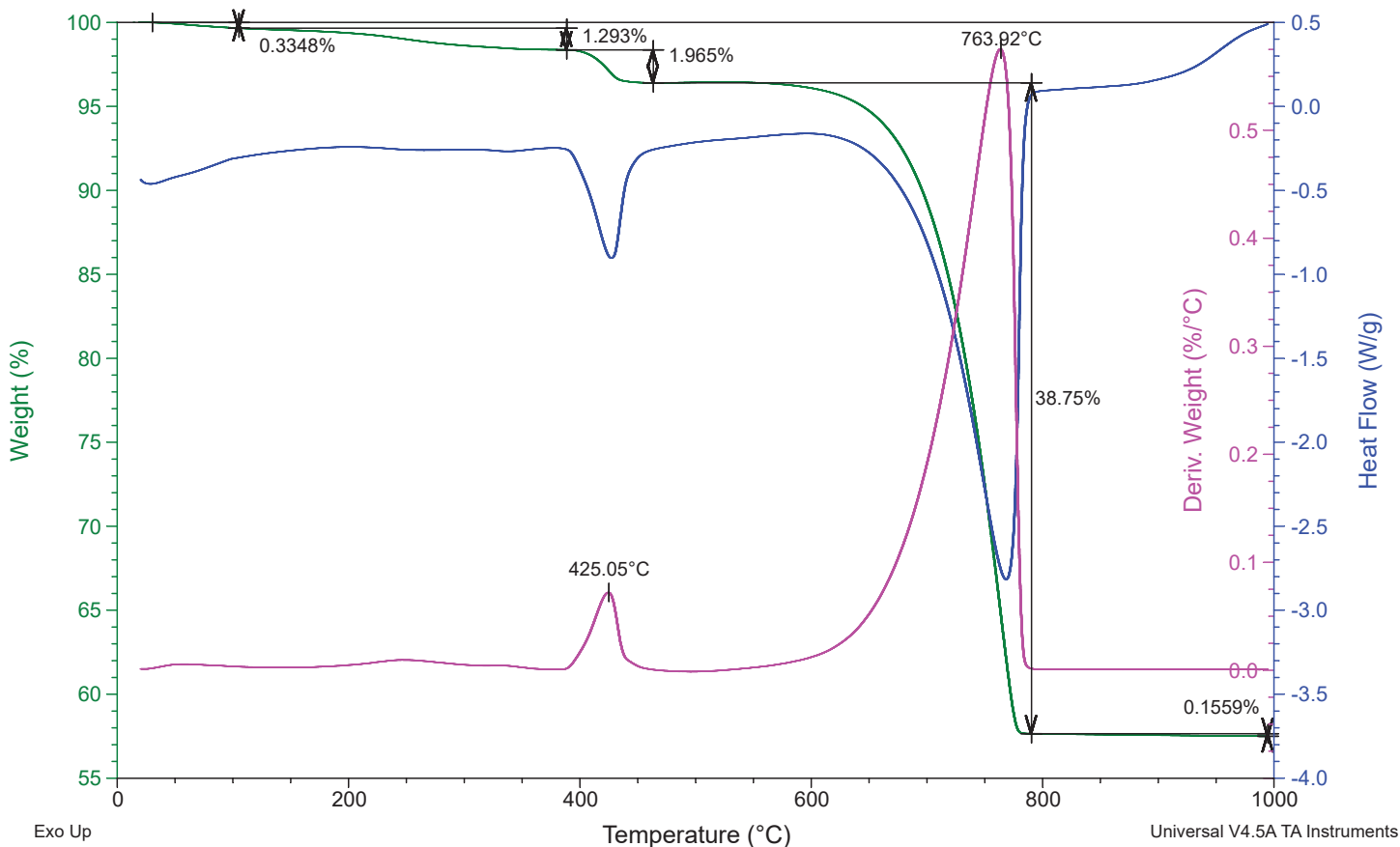
File: C:\...Desktop\lit dok\TA fina\HR.001
Operator: RT
Run Date: 31-Mar-2025 13:15
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HR karb
Size: 25.7940 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

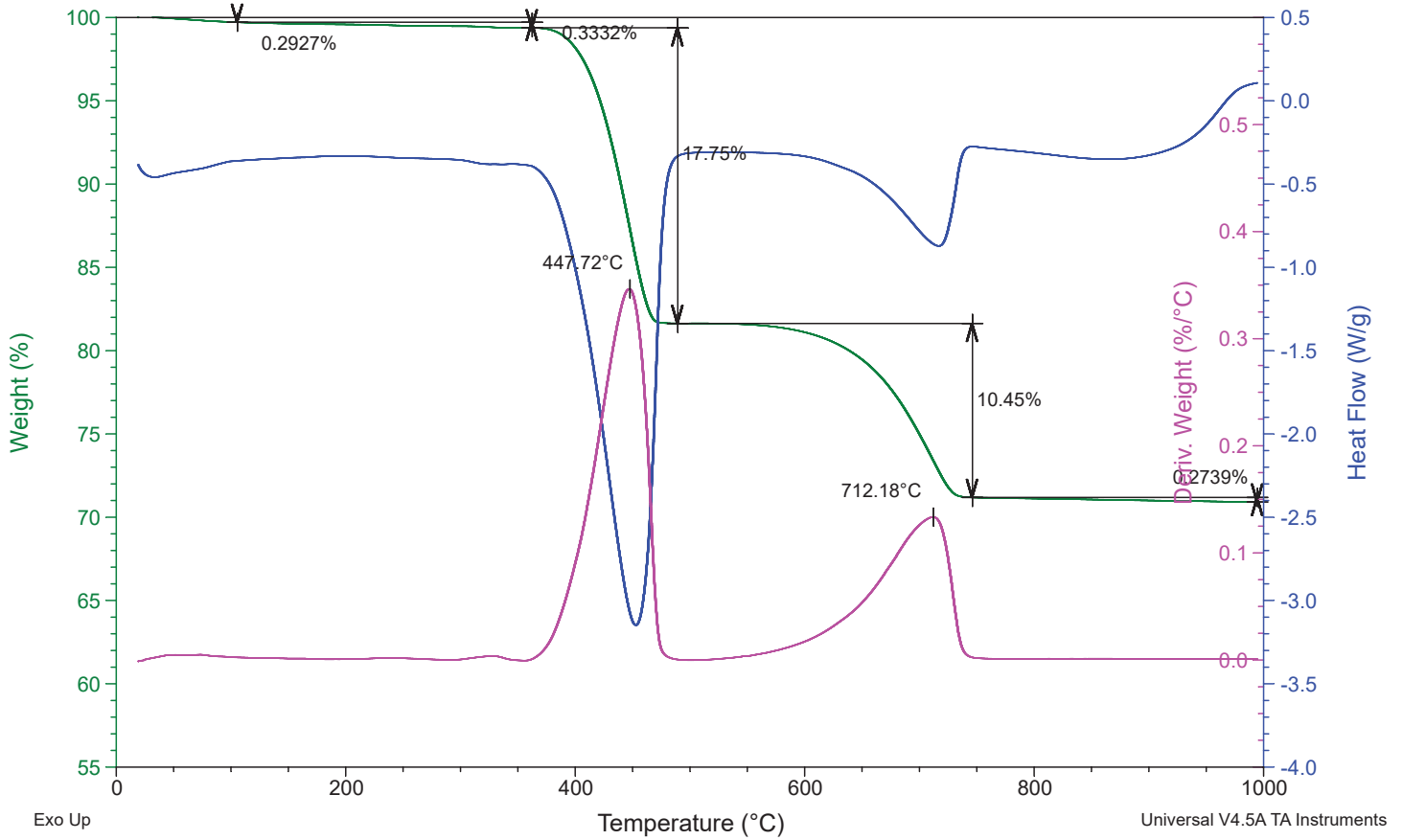
File: C:\...TA fina\HR po karbonataci.002
Operator: RT
Run Date: 30-Apr-2025 12:41
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HZ1
Size: 29.9200 mg
Method: Ramp
Comment: hydrat zmrazeny1

DSC-TGA

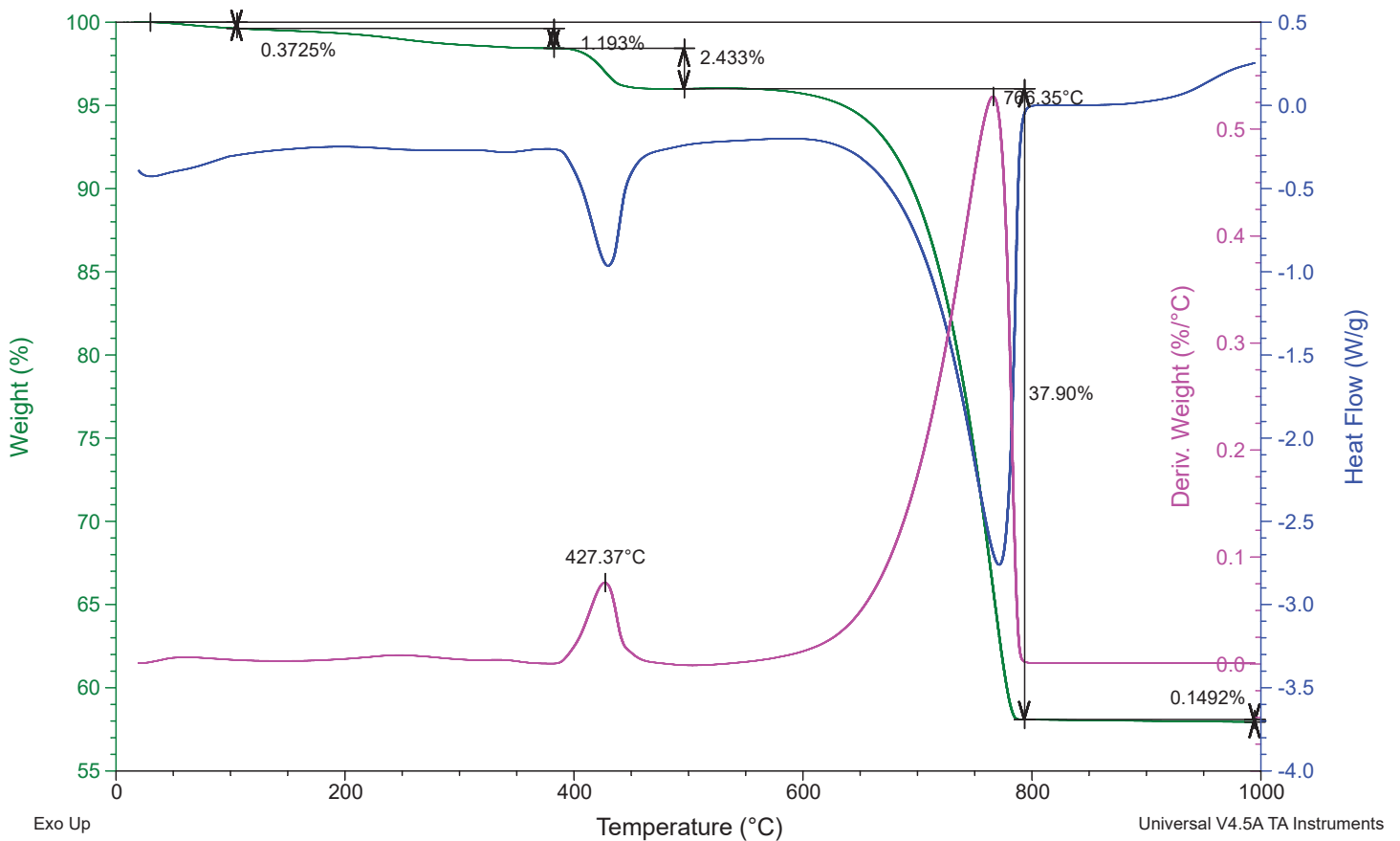
File: C:\...Desktop\lit dok\TA fina\HZ1.001
Operator: RT
Run Date: 10-Apr-2025 10:02
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HZ1 karb
Size: 28.8100 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

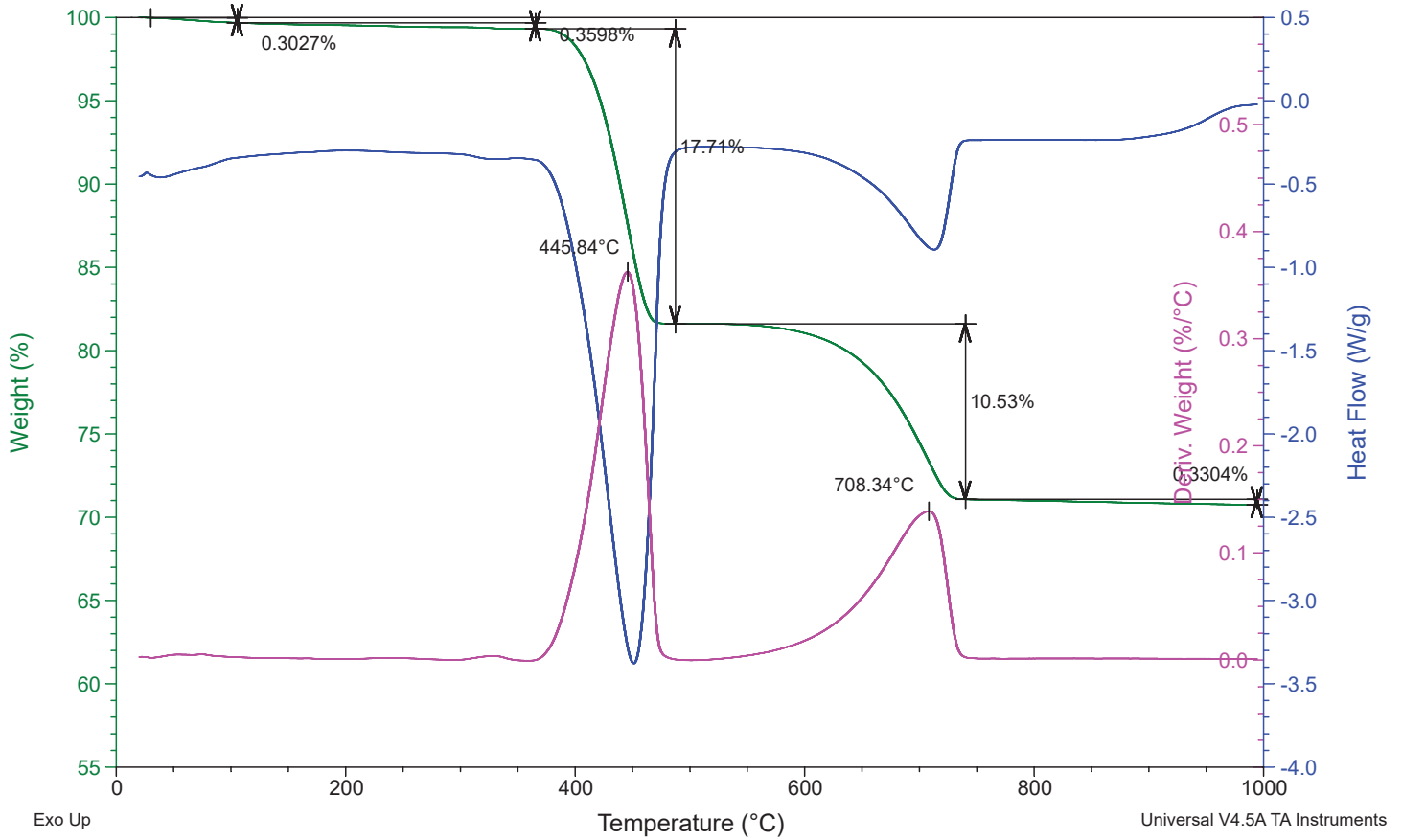
File: C:\...TA fina\HZ1 po karbonataci.001
Operator: RT
Run Date: 02-May-2025 11:59
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HZ8
Size: 27.9760 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

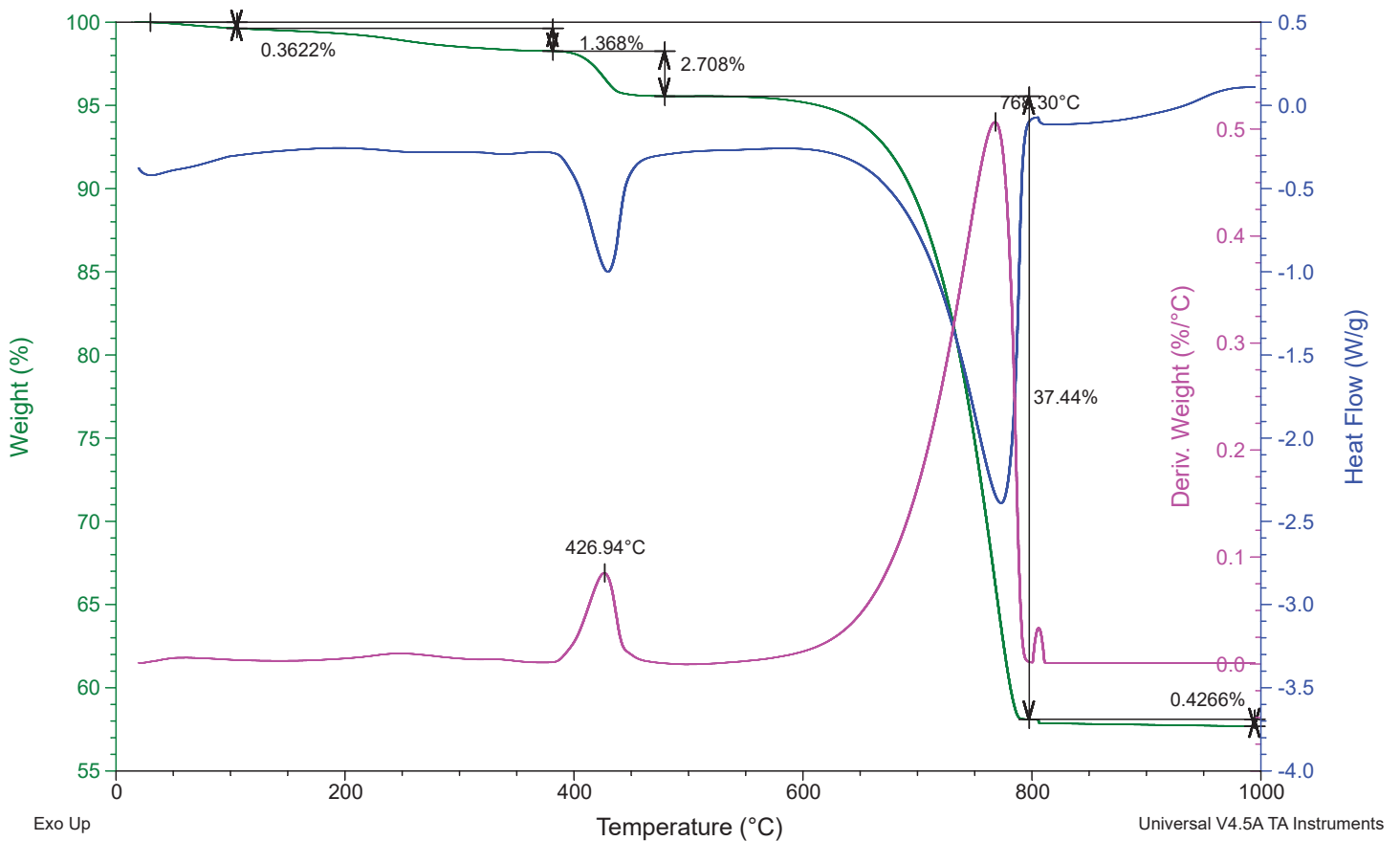
File: C:\...Desktop\lit dok\TA fina\HZ8.001
Operator: RT
Run Date: 16-Apr-2025 10:00
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: HZ8 karb
Size: 30.2080 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

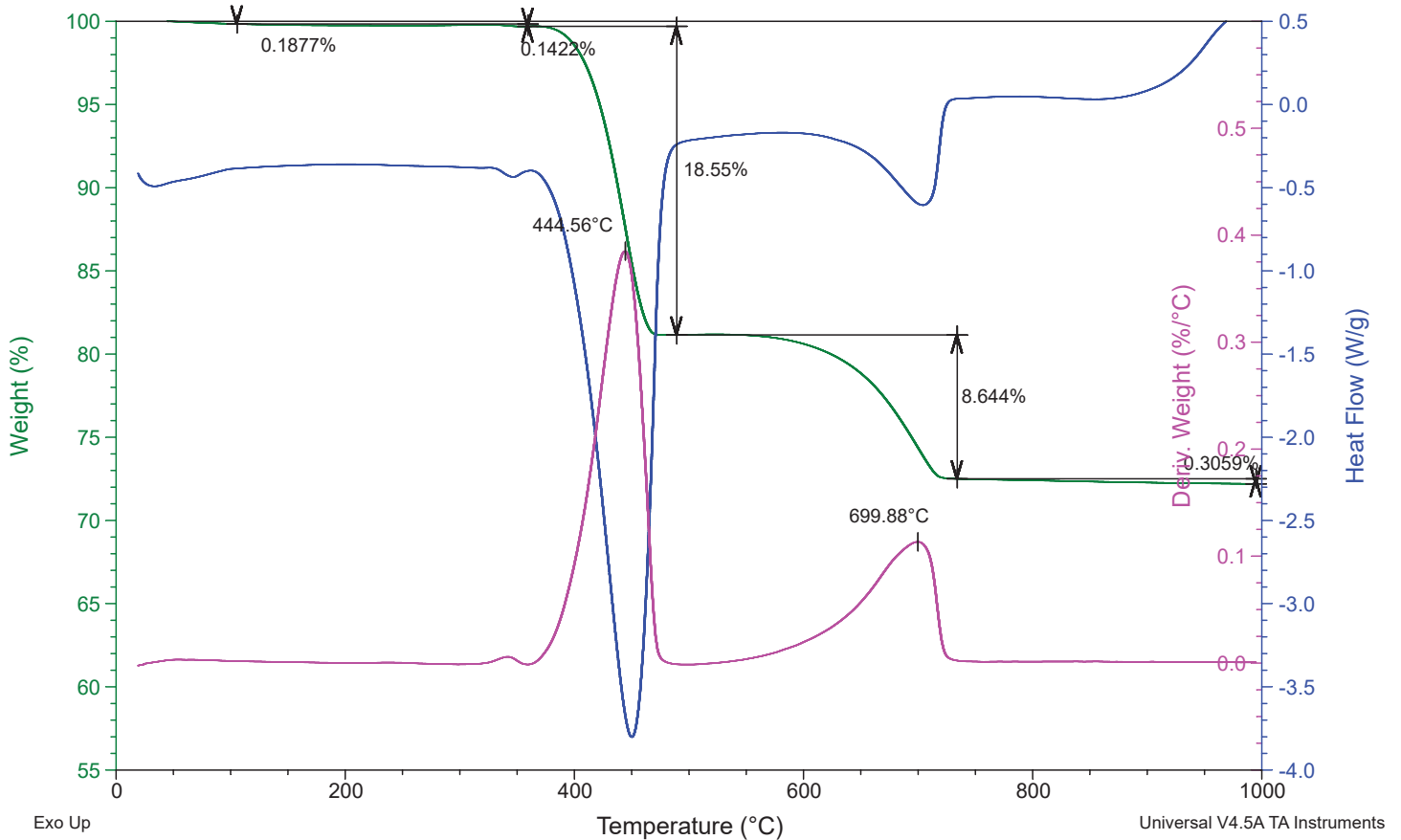
File: C:\...TA fina\HZ8 po karbonataci.001
Operator: RT
Run Date: 03-May-2025 10:54
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KO8
Size: 27.3620 mg
Method: Ramp
Comment: kase 08

DSC-TGA

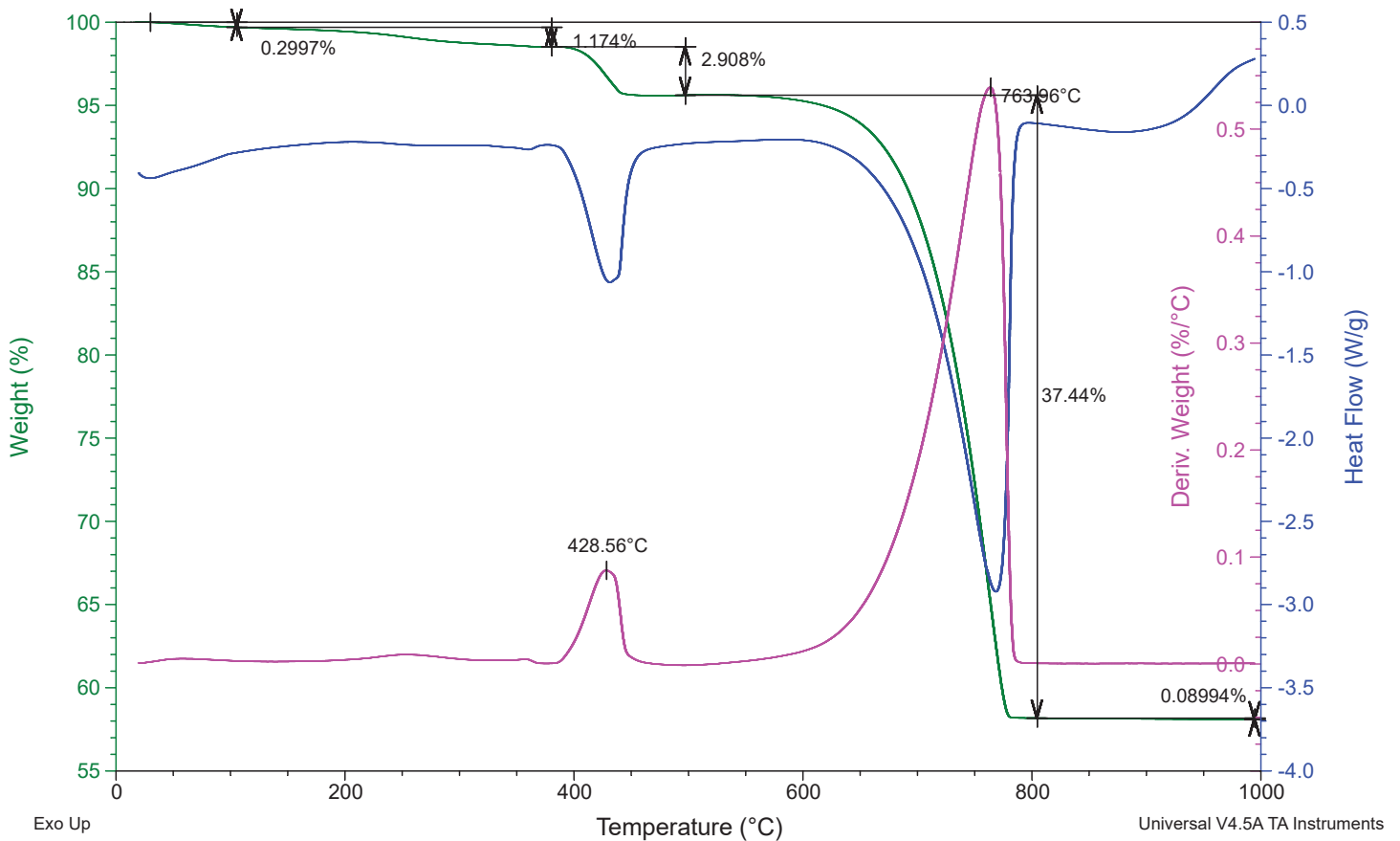
File: C:\...Desktop\lit dok\TA final\KO8.001
Operator: RT
Run Date: 11-Apr-2025 08:28
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KO8 karb
Size: 27.7510 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

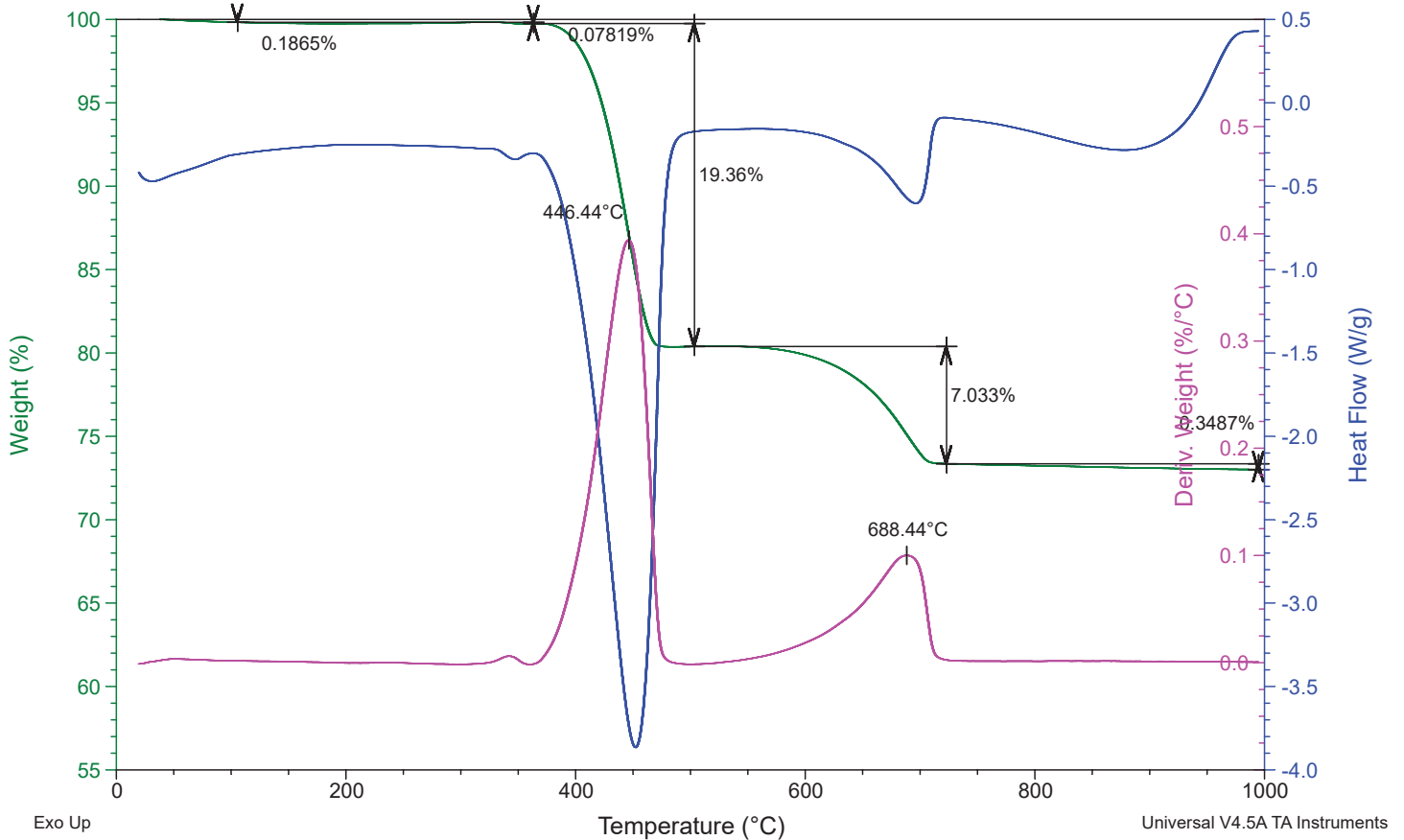
File: C:\...TA final\KO8 po karbonataci.002
Operator: RT
Run Date: 28-Apr-2025 12:10
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KR
Size: 26.9620 mg
Method: Ramp
Comment: referencni kase

DSC-TGA

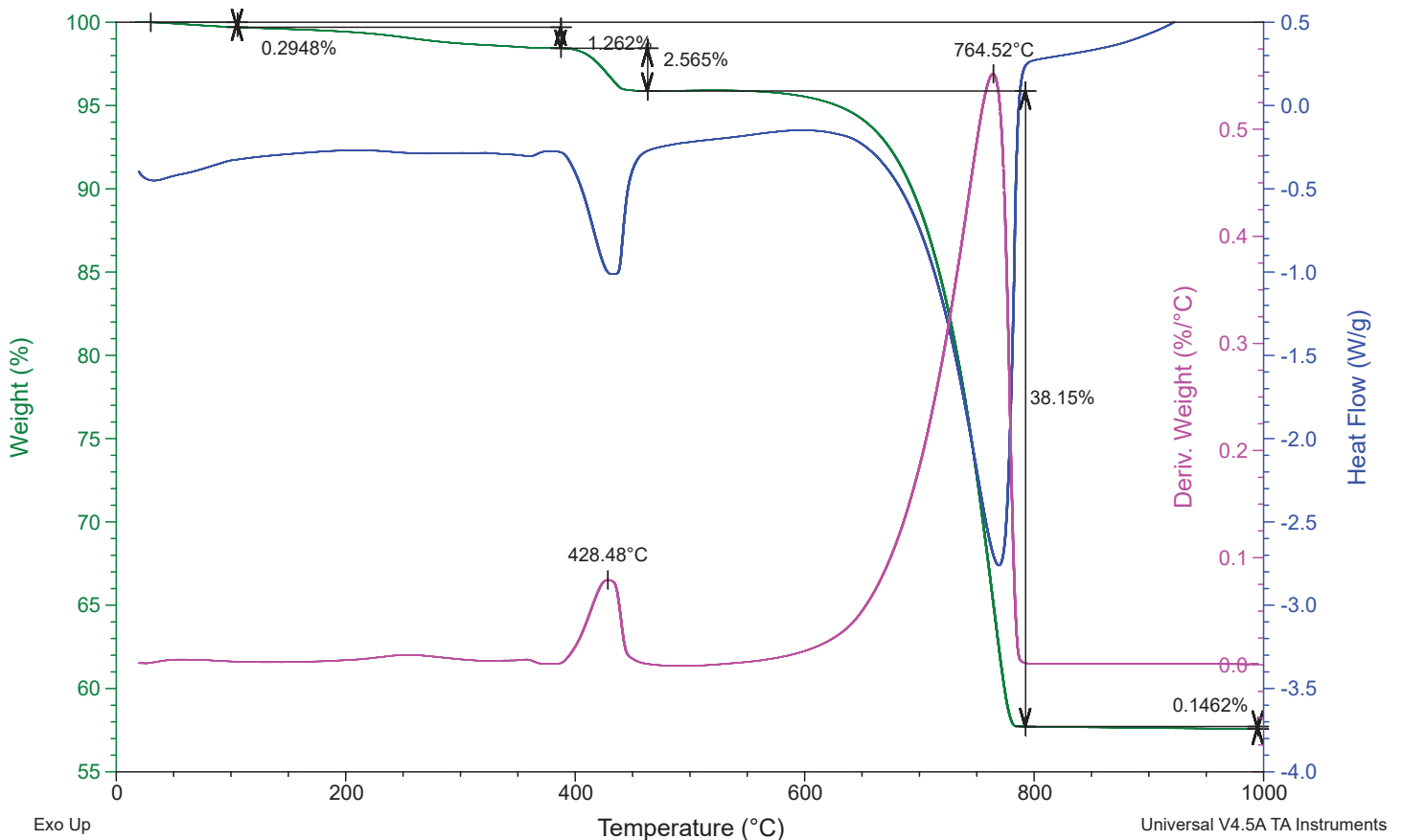
File: C:\...\mrazene vapno\KR.001
Operator: RT
Run Date: 03-Apr-2025 10:09
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KR karb
Size: 28.6340 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

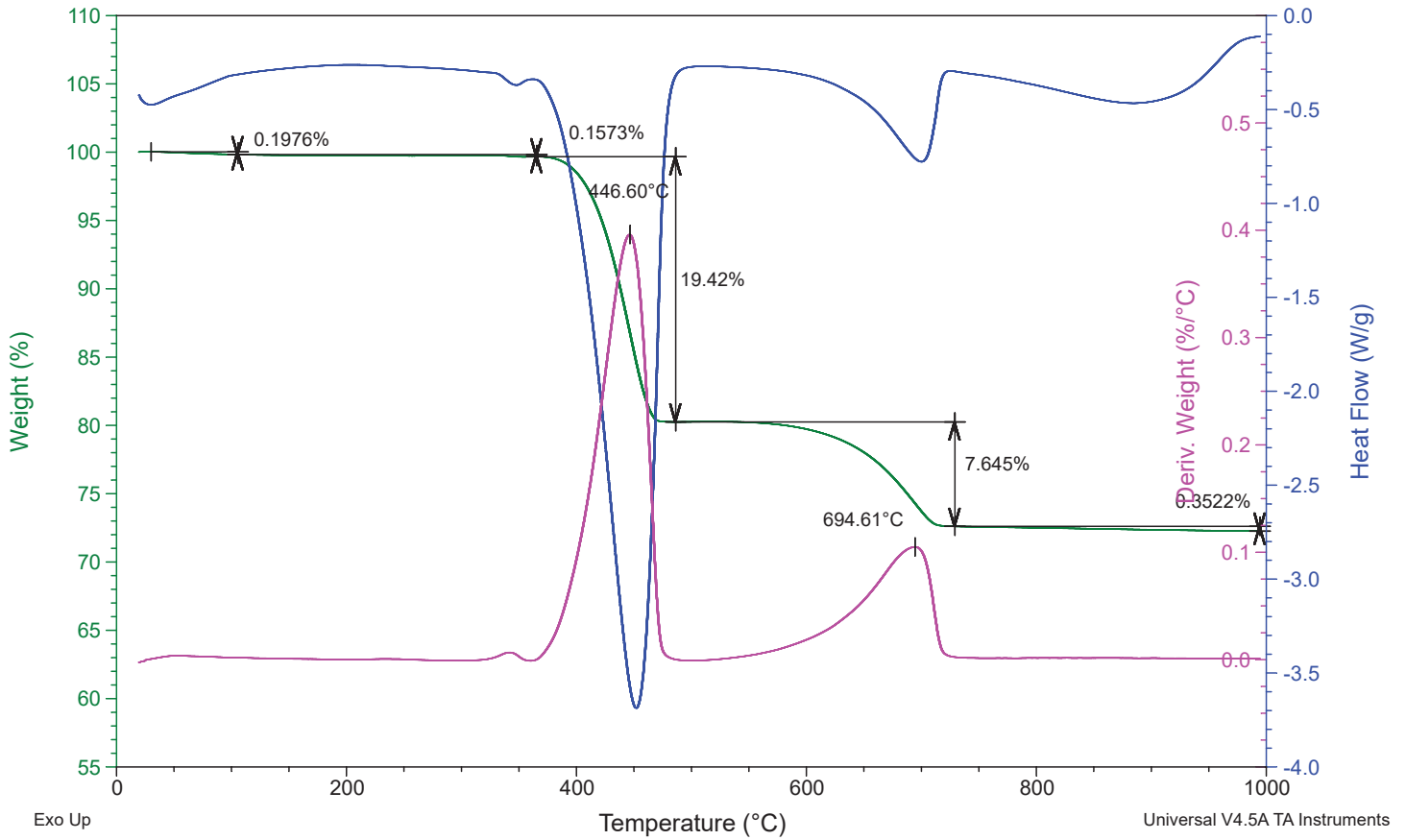
File: C:\...\KR po karbonatoci.001
Operator: RT
Run Date: 22-Apr-2025 10:49
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KZ1
Size: 26.5990 mg
Method: Ramp
Comment: kase zmrazena1

DSC-TGA

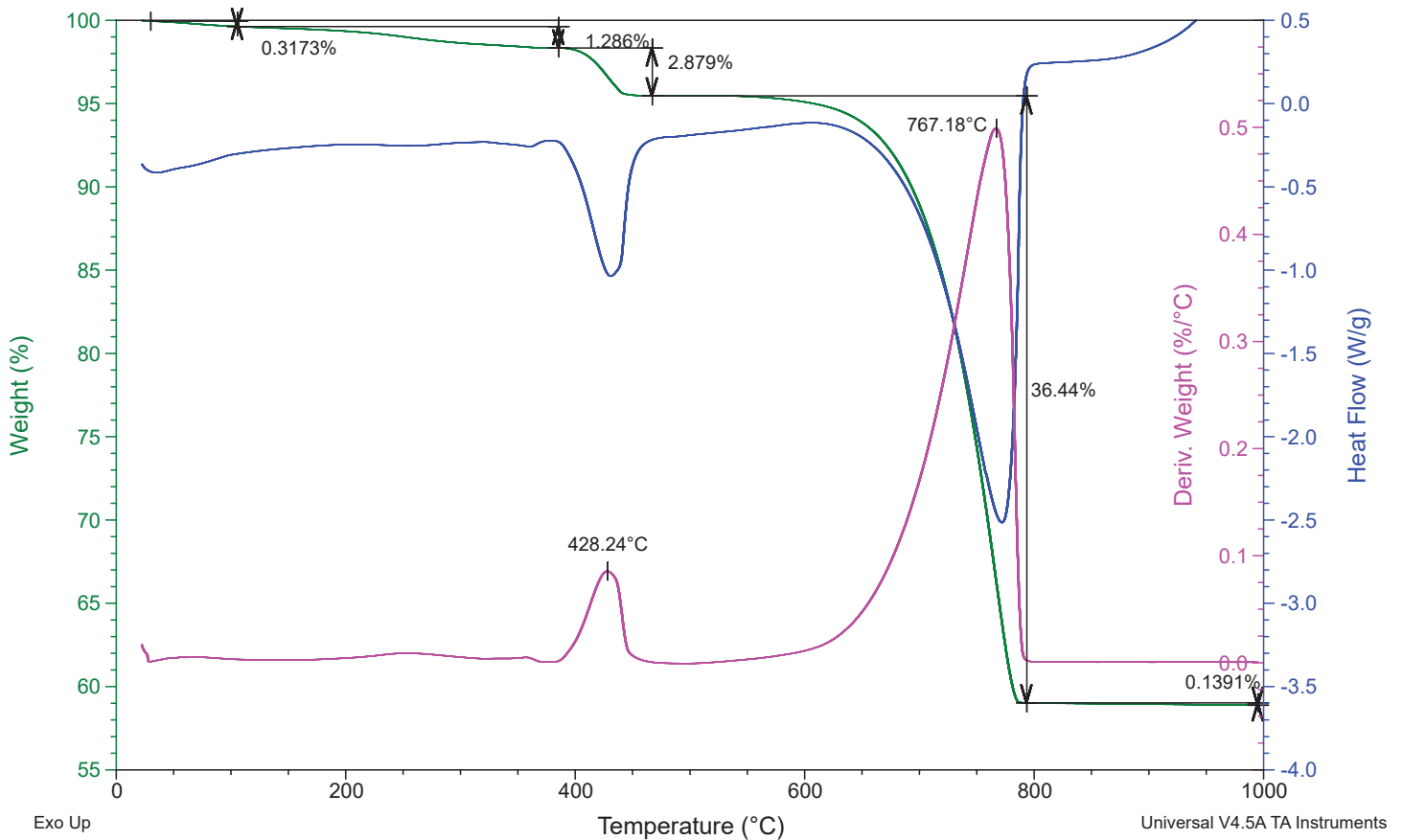
File: C:\...\mrazene vapno\KZ1.001
Operator: RT
Run Date: 09-Apr-2025 12:18
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KZ1 karb
Size: 30.3780 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

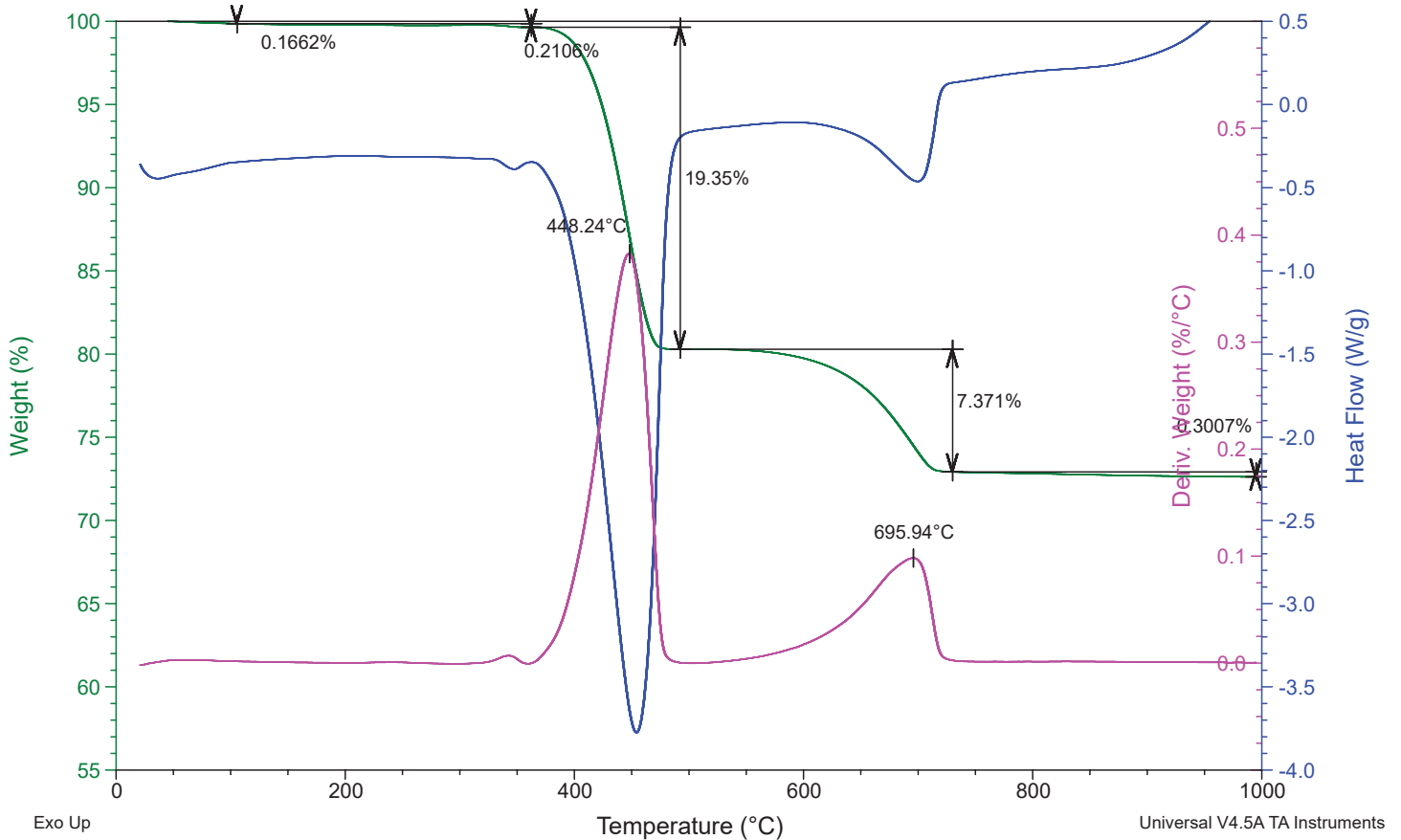
File: C:\...\KZ1 po karbonataci.001
Operator: RT
Run Date: 22-Apr-2025 15:02
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KZ8
Size: 30.8980 mg
Method: Ramp
Comment: omítka

DSC-TGA

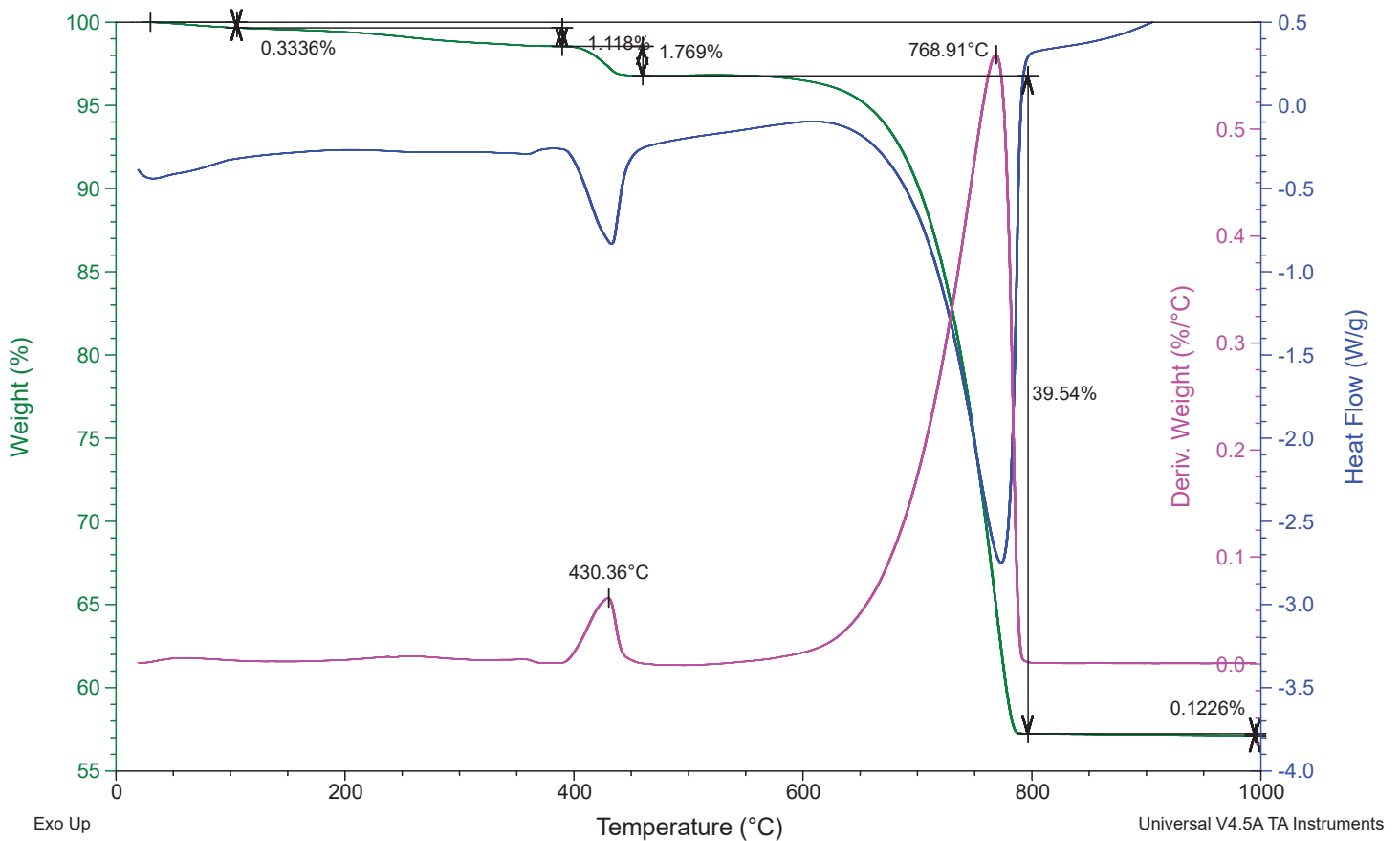
File: C:\...\mrazene vapno\KZ8.001
Operator: RT
Run Date: 14-Apr-2025 13:32
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KZ8 TA karb
Size: 29.2390 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

File: C:\...\KZ8 TA po karbonataci.001
Operator: RT
Run Date: 29-Apr-2025 16:29
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20



Sample: KZ8 K karb
Size: 28.2070 mg
Method: Ramp
Comment: vapno

DSC-TGA

File: C:\...\KZ8 K po karbonataci.001
Operator: RT
Run Date: 29-Apr-2025 09:02
Instrument: SDT Q600 V20.9 Build 20

