

Akademie výtvarných umění
restaurování sochy

Diplomantská práce

**Vápenná pojiva v restaurátorské praxi pro
doplňování štukových a kamenných soch**
**Lime-based binders in conservation practice
for the restoration of stucco and stone
sculptures**

Vypracovala: Kristýna Cvejnová

Vedoucí diplomové práce: MgA. Jan Kracík

Oponent diplomové práce: MgA. Filip Novotný

Akademický rok 2025/2026

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedení oboru restaurování na Akademii výtvarných umění za konzultace a připomínky k diplomové práci. Dále velké poděkování firmě Kimia, která mi poskytla patřičné množství k praktické části diplomové práce.

Prohlašuji,

Že jsem předloženou diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny uvedené citace a prameny jsou řádně vyznačeny v textu. Veškerá použitá literatura a podkladové materiály jsou uvedené v příloženém seznamu literatury. Současně souhlasím s tím, aby tato práce byla přístupna v archivu AVU a používána ke studijním účelům v souladu s autorským právem.

V Praze, dne 13.5.2026

Vápenná pojiva v restaurátorské praxi

Teoretická diplomová práce se zabývá primárně vápennými pojivy, a hlavně možnostmi jejich využití v restaurátorské praxi k zhotovování směsí k doplňování štukových a kamenných soch. Má teoretická práce vychází i z praktické, kde jsem řešila doplňování štukové sochy sv. Antonína Paduánského z muzea města Prahy, tak i kamenné sochy alegorie ohně ze zámku v Ploskovicích.

Cílem teoretické diplomové práce bylo porovnat vápenná pojiva, které lze sehnat na území České republiky s výrobcem v Itálii. Má diplomová práce je celkové shrnutí procesu od začátku těžení vápence až po jeho zpracování k tíženému materiálu, který má mnoho využití, avšak primárním zájmem je částečně využití ve stavebnictví, a hlavně pro mě zmiňované restaurátorské praxi. Uvádět celý proces od těžby po zpracování se může zdát banální, ale vnímám ho pro uchycení celého tématu jako podstatnou součást. Následující zpracování je také zásadní ve vlastnostech vápenného pojiva.

Obsah

1. Úvod
2. Základní charakteristika vápna
3. Druhy vápna
 - 3.1. Vzdušné CaCO_3
 - 3.2. Hydraulické
 - 3.3. Uhličitanové
 - 3.4. Vápenný hydrát a karbidový
 - 3.5. Speciální
4. Zpracování vápna
 - 4.1. Těžba vápna
 - 4.2. Výroba
 - 4.3. Druhy pecí
 - 4.4. Výpal
 - 4.5. Skladování a stárnutí vápna
 - 4.5.1. Mokrý hašení
 - 4.5.2. Suchý hašení
 - 4.6. Hašení
5. Historie
 - 5.1. Čechy
6. Kimia
7. Cement
8. Použití v restaurátorské praxi
9. Praktická část
10. Obrazová část

2. Základní charakteristika vápna

Vápno je typickým představitelem vzdušných pojiv. Získává ze sedimentárního nerostu vápence, který se skládá převážně z kalcitu. Vápno je tak anorganické pojivo vznikající pálením (kalcinací) vápence, který má chemický vzorec CaCO_3 . Patří mezi vzdušná nebo hydraulická pojiva a používá se ve stavebnictví, zemědělství, ekologii i průmyslu. Využití je ovlivněno výběrem vápence, protože není vápenec jako vápenec. Hledí se na podíl oxidu hořečnatého (MgO) Zde se pak hledí na složení a velikostí zrn. Pro tuto práci je zásadní využití ve stavebnictví.

Rozdělení podle krystalů:¹

hrubě krystalické vápence – nad 1 mm

středně krystalické vápence – 0,25 - 1 mm

jemně krystalické vápence – 0,05 – 0,25 mm

mikrokrystalické vápence – 0,005 – 0,05 mm

kryptokrystalické vápence – pod 0,005 mm

Vápno je po hlíně nejstarší známá maltovina. Slouží jako pojivo při přípravě malt pro zděné konstrukce, stejně tak pro výrobu omítek a štuků určených k povrchovým úpravám zdiva. Dále se využívá ve formě vodní suspenze – vápenného mléka – k nátěrům a také jako vodný roztok, tzv. vápenatá voda, pro konzervační účely. Samo o sobě je vápno antiseptické, což je taky jeden z důvodů, proč se používalo a stále používá pro vápenné nátěry omítek.

3. Druhy vápna

3.1. Vzdušné CaCO_3

3.2. Hydraulické

3.3. Uhličitanové

3.4. Vápenný hydrát a karbidový

3.5. Speciální

3.1. Vzdušné vápno

Vzdušné vápno neboli hydroxid vápenatý je nejobvyklejším druhem vápna. Kusové netříděné je dodáváno v tankovém stavu, v jakém vyjde z pece po vypálení. Pro přepravu je volně ložené.

Dnes převažuje mleté vápno pytlované nebo přepravované v silech. Připravuje se rozemletím vzdušného vápna na stejnoměrný produkt.

¹ https://is.ambis.cz/th/p0s4u/Chalupa_Pavel_BP_2013.pdf st. 18

3.2. Hydraulické vápno²

Je druh vápna používaného pro výrobu vápenné malty. Hydraulicita je schopnost vápna tvrdnout pod vodou. Hydraulické vápno se vyrábí žíháním vápence obsahujícího jíl a jiné nečistoty. Vápník v peci reaguje s nečistoty obsaženými v jílu a tvoří křemičitany, které umožňují, aby vápno tvrdlo bez přítomnosti vzduchu. Nezreagovaný vápník je uhašen na hydroxid vápenatý. Hydraulické vápno se používá v případech, kdy je potřeba rychlejší počáteční tvrdnutí, než umožňuje běžné vápno, v náročnějších podmínkách i pod vodou. Proces tuhnutí, tvrdnutí a získávání pevnosti je ovlivněn reakcí mezi hydroxidem vápenatým a oxidy, které jsou obsaženy v hydraulických přísadách. Konečným produktem této reakce je hydratovaný křemičitan vápenatý jiným slovem kalciumhydrosilikát, který vzniká v koloidní formě.

Názvem hydraulické vápno se tak označují maltoviny získané pálením slinitých vápenců pod mez slnutí. Při pálení se uhličitán vápenatý rozkládá a probíhají reakce mezi oxidem vápenatým a hlinitokřemičitými sloučeninami.³

K hydraulickým vápencům patří tzv. vápno románské a vápno kufštejnské.

Románské vápno se získává pálením slinů s obsahem uhličitanu vápenatého 60 až 70% pod mez slnutí. Je to vlastně hydraulické vápno jemně mleté a převážně rychle tuhne. Počátek tuhnutí má nastat nejdéle do 30 minutách. Následný konec procesu tuhnutí pak nejdéle do 60 minut. Označení bývá přírodní nebo románský cement. Vyrábí se na územích Německa, Itálie a Francie.

Kufštejnské vápno je silně hydraulické vápno, obsahující 55 až 60 % oxidu vápenatého a hořečnatého, 24 až 27 % oxid křemičitý a 12 až 15 % oxidu železitý a hlinitý. Vyrábí se pálením silně křemičitý slínu po mez slnutí. Jemně rozemleté kufštejnské vápno dává silně plastickou kaši nažloutlé až okrové barvy, z níž lze dobře odlévat do forem nebo nanášet. Od poloviny 19. století až do počátku 20. století sloužilo jako základní štukatérská surovina pro venkovní práce a připravovaly se z něj tzv. šlechtěné a plastické omítky. Je velmi odolné povětrnosti a zejména srážkové vodě. Výroba se provádí pouze v Kufštejnu a Perlmoosu v Rakousku.⁴

3.3. Uhličitánové vápno

Je běžné označení pro uhličitán vápenatý. Toto vápno se vyrábí buď tak, že se vápenec při výpalu v peci nedopaluje vzniklý nedopal se rozemílá, nebo se k dobře vypálenému vápnu přidává mletý vápenec (uváděné množství je kolem 20-30 %). Uhličitánové vápno je velmi podobné svými vlastnostmi středověkému vápnu, jeho plasticita se zvyšuje i zpracování malt. Proto je vhodné zvláště do omítek a štuku. Hasí se

² https://cs.wikipedia.org/wiki/Hydraulické_vápno

³ Štukatérství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.50

⁴ Štukatérství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.50

pomaleji než vápno obyčejné. Vyrábí se jen z drobných vápenců a dodává se mleté a pytlované.⁵

3.4. vápenný hydrát a karbidový

Kvůli náročnosti hašení vápna na stavbách se začal vyrábět a dodávat průmyslově za sucha hašený vápenný hydrát. Hydratované vápno není závislé na nevhodném skladování a je dokonale rovnoměrně vyhašené. Jeho objemová hmotnost ve volně sypkém stavu je 0,4 a 0,6 kg/l. obsah volné vody v hydrátu nemá být větší 1 %. Před použitím ho stač smísit s přiměřeným množstvím vody a plniva. Dodává se jen pytlované.

Karbidové vápno je zvláštním druhem. Získává se jako průmyslový odpad při výrobě technického acetyleny. Rozkladem karbidu vápenatého CaC_2 vodou vzniká acetylen a hydroxid vápenatý. Toto vápno získávané rozkladem karbidu je velmi jemné, mastné, plastické a homogení. Jeho barevnost je mírně nažedlá a zapáchá po acetyleny. Hodí se pro svou vydatnost jak pro malty zdící, tak pro omítání omítek.⁶ Obava z možných solných výkvětů je údajně bezdůvodná, ale brání k většímu rozšíření tohoto produktu. V restaurátorské praxi jsou solné výkvěty jedním z problematiky, která je potřeba řešit.

3.5. Speciální vápna

Do této skupiny patří adhezivní vápno, které se připravuje tak, že při hašení se přidává do vody kyselina solná a vápno se ponechává v uzavřeném prostoru zrát. Vzniká v podstatě oxychlorid vápenatý ($3\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{CaO} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$). Suchý produkt se mele a dodává v práškovém stavu. Používá se do malt určených k omítání hladkých ploch betonových a dřevěných konstrukcí.⁷

Vídeňské vápno se vyrábí jemným mletím čistého dolomitického vápna. Nesmí v něm být obsaženy křemičité příměsi. Používáno je jako leštící a čistící prostředek a přísada do umělých mramorů.

4. Zpracování vápna

4.1. Těžba vápence

Výskyt a následná těžba vápence v Čechách jsou soustředěny zejména do regionu Českého krasu, kde se nachází řada významných těžebních lokalit, například Velkolom Čertovy schody u Koněprus, dále lomy v Tetíně a Radotíně. Další významná centra těžby se nacházejí v oblasti Prachovic ve východní části Čech a rovněž v lokalitě Vitošov. V minulosti se vápenec intenzivně dobýval také v okolí Loděnic, Tachlovic a na území Prokopského údolí.

⁵ Štukatéřství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.49

⁶ Štukatéřství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.50

⁷ Štukatéřství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.50

4.2. Výroba

Vápno se získává tepelným rozkladem vápence, popřípadě dolomitického vápence nebo dolomitů při určitých teplotách, které odpovídají chemickému složení uvedených surovin. Pouze při výrobě monokrystalického vápence se používá nižších teplot. Takto získávané vápno je mechanicky pevnější. Výroba začíná u těžby, kdy se surový materiál vápence těží v lomech a následně převáží do vápenek. Tam se drtí na jemnou frakci a následně vypaluje při teplotě 900 C až 1200 C. při tomto procesu se uvolňuje oxid uhličitý a vzniká tak pálené vápno (nehašené), je tvořeno převážně oxidem vápenatým (CaO), který vznikl dekarbonizací vápence – uhličitanu vápenatého (CaCO₃).

4. 3. Druhy pecí ⁸

U pálení vápna máme dva druhy pecí. Jeden typ jsou šachtové pece. Jsou považovány za jedny z nejstarších typů pecí. Tyto pece se vyznačují jednoduchou svislou konstrukcí, ve které vápenec postupně prochází jednotlivými zónami ohřevu. Jejich výhodou je především nižší energetická náročnost a vysoká provozní efektivita. Na druhou stranu jsou vhodné především pro zpracování homogenních a kvalitnějších surovin, protože možnosti regulace procesu jsou v porovnání s jinými technologiemi omezenější.

Druhý typ pece jsou rotační pece. Tyto pece mají podobu dlouhých rotujících válců, ve kterých lze přesně řídit teplotu i samotný proces výpalu. Díky této regulaci umožňují flexibilní výrobu a zpracování také méně kvalitních surovin, přičemž je možné dosáhnout rovnoměrné kvality výsledného produktu. Nevýhodou této technologie je však vyšší energetická náročnost a také větší investiční náklady.

Po těchto krocích následuje uskladnění. Vypálené vápno se skladuje v silech utěsněné tak, aby se k němu nedostala vzdušná vlhkost. Následně se vápno pytluje a dostává se na trh k zákazníkovi. Část vyhašeného vápna se zpětně hydratuje v hydradátorech přidáním vody a vzniká tak hašené vápno. Tento proces s sebou přináší silnou chemickou reakci, při které vzniká silné teplo. Tento proces vyžaduje přesnou kontrolu pro dosažení požadované kvality.

4.4. Výpal

Z hlediska dnešních požadavků je celý postup výroby vápna veden tak, že získané je velmi reaktivní, tj. že reakce CaO, popřípadě MgO s vodou probíhá intenzivně. Velmi reaktivní vápna jsou označována jako vápna měkce pálené. Ostře až mrtvě pálená vápna jsou vápna stejného chemického složení, ale pomaleji reagují s vodou. Rozdíl mezi těmito vápnými je ve skupině zhutnění krystalů CaO. Při hodnocení jakosti vápna se porovnává také obsah tzv. aktivního vápna. Pod tímto označením je množství oxidu vápenatého, který je ve vodě volný a není vázán na křemičitany, nerozložené uhličitany vápenaté apod. měkce pálené vápno se liší strukturou, což se projevuje v odlišném až specifickém povrchu.

⁸ <https://www.sv vapno.cz/vyroba-vapna/>

Vápno je lehké a povrch pórovitý. Díky tomu odpovídá i chování vápna k vodě při hašení. Měkce pálené vápno se rychle hydratuje, zatímco ostře pálené vápno má hydrataci pomalejší.

Středověká dřevem pálená vápna v milířových pecích byla vesměs měkce pálená, proto se dobře hasila. Této vlastnosti se využívalo při přípravě římské nebo tzv. živé malty, kdy se vápno smíchá s pískem a kamenem vyhašovalo až ve zdivu. V případě, že se vápno pálilo v zemních milířových pecích nebo v malých zděných šachtových pecích při vyšších teplotách (tvrdé dřevo, pařezovina), vápeníci vytřídili podle hmotnosti a vzhledu měkce pálené kudy od ostře. Ty se pak vyhašovaly dlouhodobě v jámách.⁹

4.5. Skladování a stárnutí vápna

Na skladování se u vápna musí dávat důraz. Při nevhodném uskladnění se vápno na vzduchu působením vzdušné vlhkosti rozpadá, čímž se pomalu ale jistě znehodnocuje. Tato skutečnost znemožňuje delší uskladnění. Jedním z jevů je tzv. stárnutí vápna při uložení, které se projevuje změnou jeho technologických vlastností, i při správném uložení, že není pod vlivem vlhkosti vzduchu a oxidu uhličitého a nijak se vápno nezměnilo. Bylo zjištěno, že stárnutí se projevuje u vápen s příměsí hlinitokřemičitých látek. To znamená, že hydraulická vápna tomuto podléhají více než vzdušná. Tato skutečnost je viditelná při hašení. U déle uskladněných vápen se hasí vápno méně energicky, doba hašení se prodlužuje a aktivita vápna snižuje. Pro uchování aktivity mletého vápna a k zábraně jeho vyhašování v důsledku absorpce vzdušné vlhkosti během skladování se provádí hydrofobizace vápna.

Proces hydrofobizace se provádí především při výrobě mletého nehašeného vápna, právě to se působením vzdušné vlhkosti nejnadhěji znehodnocuje. Provádí se tak, že se při mletí vápna přidá do mlýna malé množství povrchově aktivních látek. K tomu se většinou používají hydrofobizační látky z odpadů při zpracování ropy, jako jsou naftenová mýdla a naftenové kyseliny.

Toto množství se odvíjí podle druhů vápna od 0,1 do 0,5 %.

4.6. Hašení

Druhou částí procesu při získání vápenného materiálu je hašení. Hašením se pálené vápno převádí na hydroxid vápenatý Ca(OH)_2 . v procesu hašení se pálené vápno prudce slučuje s vodou a při dosažení značné teploty je doprovázen silnou chemickou reakcí, při které vzniká teplo a vápno nabývá na objemu, rozpadá se a mění na hašené vápno hydroxid vápenatý Ca(OH)_2 . tomuto procesu byla věnovaná velká pozornost z důvodu, že na hašení je závislá kvalita vápna.

⁹ Štukatérství, Ludvík Losos, Miloš Gavenda – nakladatelství Grada Publishing, a.s., 2011 st.53

Jsou dva možné způsoby, jak vyhasit vápno, a to za sucha nebo za mokra. Tyto procesy jsou celkem zásadní, při špatném vyhašení lze kvalitní pálené vápno znehodnotit.

4.6.1. Mokrý hašení

Mokrý hašení je reakce, při které se pálené vápno (oxid vápenatý) zalévá vodou a vzniká hašené vápno (hydroxid vápenatý)

Kusové vápno nesmí být dlouho skladované, aby neabsorbovalo vzdušnou vlhkost. Hydratované kusové vápno vzdušnou vlhkostí se špatně hasí.

Voda použitá při hašení musí být čistá a měla by obsahovat co nejméně rozpustných solí.

Dalším kritériem pro hašení vápna týkající se vody je, že voda musí být co nejteplejší. Při hašení hydraulických vápen, při nižší teplotě ovzduší, než 7 °C, se musí voda ohřívat. Teplota vody velmi příznivě ovlivňuje průběh hašení.

Dalším krokem je míchání vápna. Vápno musí být důkladně promícháno, aby se snížil počet nedohašených částic. Pro štukaterské práce je potřeba směs cedit.

Voda je v tomto procesu zásadní, protože ovlivňuje teplotu hašení. Když bude vody hodně, vápno se tzv. utopí, když vody bude málo, může dojít k přepálení vápna.

4.6.2. Suché hašení

Suché hašení vápna je hašení páleného vápna jen malým množstvím vody. Vzniká tak jemný prášek což je hašené vápno.

5. Historie

Vápno se používá **už od starověku** – patří k vůbec nejstarším stavebním materiálům lidstva.

Nejstarší doklady o výrobě a používání vápna pocházejí z oblasti **Blízkého východu** a **Evropy** a datují se přibližně do **5.–4. tisíciletí př. n. l.** jeden z nejstarších příkladů dochování použití vápenné kaše, můžeme najít

Starověcí Řekové a Římané ho používali ve velkém rozsahu, např. při stavbě akvaduktů, silnic a významných staveb.

Ve středověku se vápno běžně používalo pro omítky, malty i nátěry.

Některé antické národy dokázaly připravovat vápenné malty s hydraulickými vlastnostmi.

5.1. Čechy

Na Českém území je doložena výroba vápna v roce 999. Ve středověku byl největší rozmach výroby vápna za Karla IV., především v Praze. Praha se stala údajně za střediskem

výroby a obchodu s kvalitním vápnem, používaných ve stavebnictví ke složitým konstrukcím.

Lokality míst, kde se páleno vápno jsou v Braníku a na Zlíchově. Toto vápno se nazývalo pasta di Praga a používalo se pro přístavní stavby, nábrežní zdi a mosty. A protože Čechy byly bohaté na vhodné suroviny, začalo se pálení vápna postupně rozvíjet po celém území Čech a Moravy. Pálení vápna probíhalo v milířích nebo v milířových pecích. Z řemeslné výroby vápenictví se postupně stalo významné průmyslové odvětví. Kde bylo dostatek materiálu, tam se průmysl začal rozvíjet. Například v Čechách – okolí Prahy a Berouna, Sušice, Čížíkově a Železném brodě. Na Moravě – Čebín, Mokré, Štemberku, Tlumačově, Hranicích, Přerově a Mikulově.¹⁰

7. Kimia

Pod názvem Kimia je vedená Italská společnost, která je v Itálii jedna z nejuznávanějších firem. Zabývá se stavebními materiály, které lze používat nejen při realizacích nových projektů, ale také v oboru restaurování, a tak záchraně památek. Tato společnost má za sebou několik úspěšných projektů na území Itálie, tak i v zahraničí. V souvislosti se svojí praktickou částí restaurování sochy sv. Antonína Paduánského jsem tuto firmu oslovila a po velmi milé komunikaci jsem obdržela několik produktů z jejich nabídky. K myšlence oslovit Italskou firmu mě vedla historie sochy, kdy je možné, že socha mohla vzniknout někým z těchto končin. Dále mi přišlo zajímavé zkusit mezi sebou porovnat vápenné směsi napříč zeměmi. Ovšem zvolila jsem pouze tři z důvodu velkého množství, které bych neměla šanci obsáhnout.

Tato firma mi pro diplomovou práci poskytla několik produktů ze své stálé nabídky. Jednalo se o limepor, což je vápno s příměsí disperze a je jemné, limepor PMP, což je opět vápno s příměsí disperze a hrubším plnivem. Dále jsem obdržela injektážní směs.

8. Cement

Tato práce se sice nevěnuje primárně cementovým doplňkům, ale vnímám potřebu se o tomto materiálu v krátkosti zmínit. V mnoha případech se cement používá k doplňování jak na kamenných sochách, tak i u štukových soch.

U mé praktické části jsem se s cementem setkala v obou případech. Na kamenné soše alegorie ohně ze zámku v Ploskovicích byla socha celá přetřená cementovým pačokem. Co to pro sochu znamená. Když celý povrch je přetřený tímto materiálem, tak povrch kamene je zpevněný a může se zdát, že je problematika vyřešena. Ovšem zde z dlouhodobého hlediska dochází k neprodyšnosti kamenného materiálu a pod pevnou

¹⁰ Omítkové a štukatérské práce, Ing. Radomír Měšťan, SNTL – nakladatelství technické literatury Praha 1988, st.21

cementovou vrstvou začíná kamenný materiál degradovat. Především když je přetřený celý povrch. Voda, která se nachází v kamenu se nemá jak dostat na povrch a odpařit se. Proto kamenný materiál po čase pod touto vrstvou začne hnít a rozpadávat se. Odstranění je potřeba, ovšem jde pak o zvážení. Cementová vrstva se s původním materiálem krásně spojí a když by došlo k celoplošnému odstranění, tak by došlo ke kompletnímu přesekání původního povrchu a mohlo by tak dojít ke ztrátě drobné a jemné modelace.

Cement má ph.. v případě použití cementu dojde tzv. k zasolení kamene. Soli se v kamenném materiálu projevují tak, že vykristalizují, nebo jak se říká v restaurátorské praxi, vykvétou v stinných místech. Tyto místa jsou pro výkvěty ideálním prostředím z důvodu stále vlhkosti. Voda, která je přítomna v kameni pak slouží, jakou transport pro zmiňované soli. Z tohoto důvodu vnímám cement jako spíše nevhodný materiál. Ovšem i zde může být mnoho proměnných a spousta důvodů, proč ho použít. Zkrátka, záleží na podmínkách a zvážení restaurátora. V případě alegorie ohně se socha vracela zpět do interiéru zámku, ovšem i tak byly doplňky zhotoveny z hydraduru a jen chybějící paže s pochodní byla vyhotovena z cementu. Bylo k tomu přistoupeno převážně z pevnostních důvodů a také proto, že se cementový materiál nenanášel na plochu kamene.

U sochy alegorie ohně byly všechny druhotné doplňky řešené vápenným materiálem. Došlo tak k odstranění druhotných doplňků aby se materiál pod nimi mohl zpevnit. Takto byla pojednaná i pravá ruka sochy, která drží pochodně. I tento doplněk byl sejmут zde primárně z důvodu plastického pojednání. Místo tohoto doplňku se vymodelovala nová ruka s pochodní, která více vychází z modelace celé sochy a následně byla zaformována a nadusána do cementového materiálu, který byl přisazen na již vytvořené čepy. Zde se snažím poukázat na situaci, použití cementového materiálu, která je možná. Celý doplněk minimálně přiléhá na kamenný materiál. Záleží pokaždé na zvážení a na situaci, zda tento materiál použít či ne.

U druhé sochy sv. Antonína Paduánského se s cementem dalo taktéž setkat. Socha byla již v minulých dobách restaurována a byla zde řešena statická otázka. Původní materiál byl celý odlomen od zbytku sochy. Odlomena byla i postava Ježíška, ovšem to není momentálně v centru zájmu. Vrátime se ke zmiňovanému soklu. Původní sokl se patrně nezachoval, tak musel být zhotoven nový. Socha byla restaurována na konci 60ých let minulého století. K zhotovení nového soklu bylo použito železných armatur a cementového materiálu. Cementový materiál byl pak následně přetřen štukovým materiálem, takže vápnem. Dochovalo se pouze jedno chodilo a druhé bylo taktéž vyhotoveno v cementu. Sama jsem po konzultacích s vedením a předělání celého soklu přistoupila k použití cementového materiálu. Převážně pro jeho pevnost.

9. Použití v restaurátorské praxi

Jak již výše zmiňuji, vápno je pro své vlastnosti ve stavebnictví do dnes nepřekonané, a proto je vhodným materiálem i v restaurátorské praxi. Proč tomu tak je.

Cílem při restaurování veškerých památek, je kladený důraz především na reverzibilitu zásahů. Tmely zhotovené z vápenného materiálu jsou měkké a k dosažení reverzibility. Proto je vhodný pro zhotovování směsí pro tmel, samozřejmě záleží, jakou problematiku daná socha má. Každá socha, předmět, památka je ojedinělá, a tak i jejich problematika se může lišit a je důležité jim věnovat individuální pozornost. Důležité je také koukat, v případě kamene, na jaký druh je tmel zhotovován.

Kde se vápenné materiály hodí k doplňování:

Jde primárně o kameny, které vznikaly usazováním. Jako jsou například

- Pískovce (nejčastější a ideální případ)
- Opuka
- Některé tufy (jedná se o zpevněné pyroklastické horniny vzniklé usazením a stmelením sopečného popela a drobných úlomků vyvržených během erupce.)
- Měkčí vápence

Použití vápenného materiálu k zhotovení tmelu je u těchto kamenu vhodné převážně proto, že jejich povrch je pórovitý a lehce nasákavý a propustný. Proto zde může dojít k propojení materiálu.

U tvrdých a málo nasákavých materiálu je to problém. Jde především o:

- Žuly
- Čediče
- Ruly
- Křemence

Zde je použití vápenného tmelu nežádoucí z několika důvodů. Tyto kameny mají nižší nasákavost a pórovitost než výše zmíněné horniny. Vápenný materiál má nižší pevnost než více uvedené horniny. Chemické složení je jiné, proto nedojde k navázání a vápenný tmel může odpadnout. Dále má každý materiál jinou tepelnou roztažnost, co hraje opět svojí roli.

Na českém území jsou tyto vyvřelé horniny využívány pro svou tvrdost převážně pro technické účely. Jako jsou různé schodiště, obklady... i kdyby se na těchto materiálech vápenný tmel udržel z důvodu funkčnosti se vápenný materiál u těchto kamenu nepoužívá.

9. Zkoumané vzorky

K praktické části jsem zvolila tři vápenné materiály od tří výrobců. Jedná se o vápno značky Čerták, které se vyrábí na území České republiky. Druhým zkoumaným vápenným materiálem bylo hydraulické vápno, které je z Německa a třetím vápnem bylo vápno od firmy Kimia, které se vyrábí na území Itálie.

Předmětem mého zkoumání byla pevnost vzorků a stálost pigmentů. Předcházely vzorky směsí v různých poměrech bez přidání pigmentů. Zkoušela jsem vytvářet vápenné kaše s příměsí různých plniv, jako je písek, sádra.

K prvnímu vzorku bylo využito vápno, které bylo vyhašeno před dvěma roky. Zkoumané vzorky jsou v poměru 1:3, 2:3, 1:1. Zde pozoruji, zda jak se se směsí pracuje, jak bude reagovat při vysychání – jak moc praská. Vycházím ze základního množství, které jsem si určila a to byla jedna polívková lžice což je cca 15 ml = 15 g použitého plniva nebo pojiva.

Všechny vzorky byly prováděny do silikonové obdélníkové formy o rozměrech 9,5cm X 6 cm. Tloušťku vzorku jsem proměřovala, ale výchozí byla cca 0,5 cm.

Použitý písek jako plnivo byl zvolen maltový písek.

První tabulka byla hodně experimentální, abych si materiály osahala a přišla si na potřebné množství. V tabulce je uvedeno 1 d. = jeden díl, za který považuji již zmiňovaných 15 g.

Číslo vzorku	Poměry	Popis
1.	1 d. sádry 1 d. písku 1 d. vápno Čerták +vápenná voda	Tato směs při nanášení do formy byla tzv. krátká. Tuhnutí probíhalo poměrně rychle. Předpokládám, že za to mohla použítá sádra. Pevnosti a dobrého škrábnutí vzorku bylo dosaženo pátý den od zhotovení. Vzorek nepraskal a byl pevný.
2.	1 d. sádry 2 d. písku 2 d. vápna Čerták + vápenná voda	Tato směs se lépe zpracovávala. Tuhnutí bylo opět rychlé. Pevnosti a dobrého škrábnutí vzorku bylo dosaženo pátý den od zhotovení. Vzorek nepraskl a byl pevný
3.	1 d. Kimia hrubá 1 d. písek + obyč. voda	Tato směs byla dobře soudržná, ale hodně hrubá. Tato směs by se dala využít pro vytvoření jádra. Byla dost křehká v 1 cm se lámala. Při škrábnutí vzorku velký úbytek materiálu.
4.	2 d. Kimia hrubá + obyč. voda	Krásná zpracovatelnost. Táhlá směs. Tvrdší při škrábnutí vzorku. Křehký.
5.	2 d. Kimia jemná + obyč. voda	Dobře táhlá směs. Čistě bílá. Den na ztuhnutí ve formě nestačil. Křehký.
6.	1 d. Kimia jemná 2 d. písku + obyč. voda	Tato směs se opět krásně nanášela do formy. Tvrdší na škrábnutí vzorku. Vytvrdnutí 5 dní.



Obr. 1. vzorky z první tabulky po vytažení z formy a po škrábnutí

Tato tabulka se zabývá zkoumáním pouze vápna Čerták s plnivem písku v poměru 1:2. Zde zkoumám barevnost a stálost pigmentů. Uvedené pigmenty jsou od značky Bárta.

Číslo vzorku	Poměry	Popis
1.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
2.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g umbra pálená + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
3.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g okr + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
4.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra pálená 3 g okr + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
5.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g okr + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
6.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g oranžová + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.

7.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g oranžová + obyč. voda	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.
8.	1 d. vápna 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g okr 3 g oranžová	Zpracovatelnost byla dobrá hmota se dobře do formy nanášela. Vzorky druhý den byly ještě křehké. Třetí den se daly vytáhnout z formy a škrábnout. Pigmenty lehce zesvětlí.

Tyto vzorky jsou křehké. Manipulace s nimi musí být opravdu opatrná.



Obr. 2. vzorky z druhé tabulky po vytažení z formy a po škrábnutí

Tato tabulka se zabývá zkoumáním pouze hydraduru s plnivem písku v poměru 1:2. Zde zkoumám barevnost a stálost pigmentů. Uvedené pigmenty jsou od značky Bárta.

Číslo vzorku	Poměry	Popis
1.	1 d. hydraduru 2 d. písku + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
2.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g okr + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
3.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g umbra přírodní + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
4.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g umbra pálená + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
5.	1 d. hydraduru 2 d. písku + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při

		tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
6.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g umbra pálená 3 g okr + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
7.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g oranžová + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
8.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g oranžová 3 g umbra přírodní + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.
9.	1 d. hydraduru 2 d. písku 3 g oranžová 3 g okr 3g umbra přírodní + obyč. voda	Tento vzorek je opravdu hodně křehký. Ve formě praská. Je potřeba při tvrdnutí dodávat vodu, ale i tak v silikonu praská. Následná manipulace s nimi je až skoro nemožná. Barevnost je po zaschnutí světlejší, avšak v průběhu týdnů celkem stálá.



Obr. 3. vzorky z třetí tabulky po vytažení z formy a po škrábnutí

Tato tabulka se zabývá zkoumáním pouze hydraduru s plnivem písku v poměru 1:2. Zde zkoumám barevnost a stálost pigmentů. Uvedené pigmenty jsou od značky Bárta.

Číslo vzorku	Poměry	Popis
1.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g umbra přírodní + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
2.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g umbra pálená + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
3.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g umbra přírodní 3 g okr + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
4.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g umbra pálená	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy

	3 g okr + obyč. voda	roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
5.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g oranžová + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
6.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g oranžová 3 g umbra přírodní + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
7.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g oranžová 3 g okr 3 g umbra přírodní + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo

		nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
8.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g siena přírodní + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.
9.	1 d. kimia jemná 2 d. písku 3 g umbra přírodní + obyč. voda	S touto směsí se pracovalo opravdu dobře. Krásně se do silikonové formy roztírala. Směs s kimiou vydrží i tenkou vrstvu vzorku. Vyjmout z formy a následně škrábnout se dala do druhého dne. Barevnost je po zaschnutí lehce světlejší, ale stálá. S těmito vzorky se mi pracovalo nejlépe a dá se s nimi bezpečně manipulovat.



Obr. 4. vzorky z čtvrté tabulky po vytažení z formy a po škrábnutí