

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE**

**DEGRADACE MALETÍNSKÉHO A
MLADĚJOVSKÉHO PÍSKOVCE NA
HISTORICKÝCH OBJEKTECH OLMOUCKA**

bakalářská práce

Veronika Šinálová

**Environmentální geologie (B1201)
prezenční studium**

vedoucí práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

Květen 2010

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Veronika Šínalová
Název práce: Degradace maletínského a mladějovského pískovce na historických objektech Olomoucka
Typ práce: bakalářská
Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie
Vedoucí práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.
Rok obhajoby práce: 2010
Abstrakt: V teoretické části bakalářské práce je literární rešerše zaměřená na geologii české křídové pánve v oblasti Orlicko-žďárské křídy a na procesy vedoucí k degradaci maletínských a mladějovských pískovců. Praktická část je věnována odběru vzorků a jejich laboratornímu zkoumání optickým mikroskopem, elektronovou analýzou, rtuťovou porozimetrií, zkoumání fyzikálních vlastností (objemová hmotnost, nasákavost) a zkoumání obsahu solí v daných horninách. Naměřené hodnoty byly porovnány a i interpretovány ve vztahu k proměnám mineralogického složení zdrojové oblasti sedimentů.
Klíčová slova: česká křídová pánev, degradace maletínského a mladějovského pískovce, porozimetrie, fyzikální vlastnosti, sůl
Počet stran: 50
Počet příloh: 15
Jazyk: čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: Veronika Šínalová
Title: Degradation of the maletínský and mladějovský Sandstones on the historical objects of the Olomouc
Type of thesis: bachelor
Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology
Supervisor: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.
The year of presentation: 2010
Abstrakt: The theoretical part of the literary review describes the geology of the Czech Cretaceous Basin with specific focus on its Orlice-Žďár area. Further part is devoted to the discussion of processes leading to degradation of sandstones. The practical part is devoted to the manifestations of deterioration processes on Maletín and Mladějov sandstones, rocks that have been widely used as decorative and building stones in Olomouc and many other places in Moravia over more than five centuries. The samples taken in the quarries of Maletín and Mladějov were compared with samples from several historical buildings in Olomouc using optical microscopy, electron microprobe analysis, mercury porosimetry,

determination of physical properties (apparent density, water absorption) and determination of salt contents of the rocks. The obtained values are discussed in relation to the changes of mineralogical composition of these sediments.

Keywords: Czech Cretaceous Basin, Degradation of the maletínský and mladějovský sandstones, Mercury porosimetry, Physical examination properties, Salt

Number of pages: 50

Number of appendices: 15

Language: Czech

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro VERONIKU ŠINÁLOVOU

obor Geologie a životní prostředí

Název tématu: **Degradace maletínského a mladějovského pískovce na historických objektech Olomoucka**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Maletínský pískovec, pocházející z dnes již zatopených lomů u Starého Maletína poblíž Moravské Třebové byl významným stavebním a dekoračním kamenem používaným od období renesance při stavbě sakrálních i světských staveb v Olomouci (Sloup Nejsvětější Trojice) i jeho širším okolí (zámek Tovačov, hrad Bouzov, zámek Úsov, Velké Losiny). V menší míře byl ve stejných souvislostech využíván i další křídový pískovec z Mladějova. Na mnohých těchto objektech však docházelo k jeho degradaci v důsledku nadměrné expozice kamene působení solí a kyselých srážek. Úkolem studentky pořídit soupis význačných památek, na nichž byl tento pískovec použit, charakterizovat a zdokumentovat stupeň degradace na vybraných objektech. Po dohodě s památkáři odebere vzorky a porovná je se vzorky odebranými na zdrojové lokalitě. Na základě mikroskopického studia a s použitím analytických metod (fyz. vlastnosti, RTG-difrakce, mikrosonda) se pokusí charakterizovat stav tohoto stavebního a dekoračního kamene na vybraných objektech.

Rozsah grafických příloh: dle potřeby (fotodokumentace, mikrofotografie výbrusů)

Rozsah průvodní zprávy: max. 40 stran textu

Seznam odborné literatury:

- Groh-Krutilová K. (2007): Opracovatelnost hornin - vztah mezi petrografickými parametry, fyzikálními vlastnostmi a technologickými zkouškami. - Dipl. práce. Praha.
- Gába, Z. (1994): Maletínský pískovec. KÁMEN, 1(2), 105 - 110.
- Šrámek J. (2004): Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003
- Rybařík, V. (1994): Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky. – Nadace SPŠ kamenické a sochařské v Hořicích v Podkrkonoší, 218 str.
- Šrámek, J. (1990): Kaolinite and its influence on the physical and mechanical properties of Cretaceous sandstones used as building and decorative stones. – 11th Conf. On Clay Miner. And Petrol. České Budějovice, 165-176, Univ. Karl.
- Šrámek, J. (1991): Vliv v nerostného složení křídových křemenných pískovců na fyzikálně-mechanické vlastnosti. In: Horniny ve vědách o Zemi (J. Souček ed.). – Univ. Karl., 183-194. Praha.
- Šrámek J. (2004): Maletínské a mladějovské pískovce na čestném sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci. Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003, 158 - 161
- Šrámek, J., Tolar, V. (1993): Vztah mezi některými fyzikálními vlastnostmi stavebních a sochařských kamenů. – Geol. Průzk., 35, 5 (413), 129-132.
- Elbel, M. (1997): Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci. Prameny, literatura,

sochařských kamenů. – Geol. Průzk., 35, 5 (413), 129-132.

Elbel, M. (1997): Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci. Prameny, literatura, ikonografie – MS, 98 str.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Petr Sulovský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24. 9. 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2010

L.S.

V Olomouci, dne 24. 9. 2009

.....

Vedoucí bakalářské práce

.....

Vedoucí katedry

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně za pomoci uvedených pramenů a literatury.

V Olomouci dne

.....

Děkuji RNDr. Petrovi Sulovskému, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a cenných připomínek a prof. Mehmequeiovi z Výzkumného ústavu stavebních hmot v Brně za pomoc při měření porozity.

V Olomouci dne

.....

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. Geologická situace	3
2.1 Nástin historického vývoje křídového útvaru.....	3
2.2 Křídový útvar v České republice.....	4
2.3 Česká křídová pánev.....	5
2.3.1 Svrchnokřídové pískovce.....	7
2.3.1.1 Oblast orlicko-žďárská.....	9
3. Pískovce.....	10
3.1 Obecná klasifikace pískovců	10
3.2 Zpracování a použití pískovců pro stavební a sochařské účely.....	11
3.2.1 Výskyt a těžba pískovců křídového stáří.....	11
3.2.2 Maletínský a Mladějovský pískovec	12
3.2.2.1 Maletínský pískovec.....	12
3.2.2.2 Mladějovský pískovec.....	13
3.3 Historie těžby pískovců z oblasti Maletína a Mladějova.....	13
3.4 Použití maletínského i mladějovského pískovce na památkách.....	14
3.4.1 Maletínský pískovec.....	14
3.4.2 Mladějovský pískovec.....	17
3.4.3 Společné použití maletínského a mladějovského pískovce.....	17
3.4.4 Příčiny výběru mladějovského kamene ke zhotovení sochařské výzdoby.....	18
4. Fyzikální vlastnosti hornin	19
4.1 Hmotové a tíhové vlastnosti.....	19
4.2 Porozita.....	19
4.3 Vlastnosti související s vodou v horninách.....	20
4.3.1 Vlhkost.....	20
4.3.2 Nasákavost hornin.....	20
4.3.3 Propustnost hornin.....	20
4.4 Mechanické vlastnosti hornin.....	20
4.5 Technologické vlastnosti.....	21
4.6 Fyzikální vlastnosti maletínského a mladějovského pískovce.....	22
5. Degradace	22
5.1 Procesy degradace pískovce používaného na památkách.....	23
5.2 Vnitřní faktory.....	24

5.3 Vnější faktory.....	25
5.3.1 Teplotní změny, insolace.....	25
5.3.2 Působení mrazu (kongelifrakce).....	25
5.3.3 Degradace vlivem krystalizace solí.....	25
5.3.4 Degradace vlivem bobtnání.....	26
5.3.5 Inkrustační zvětvávání.....	26
5.3.6 Degradace vlivem sloučenin železa.....	27
5.3.7 Biodegradace, biokoroze.....	27
5.3.8 Degradáční procesy způsobované člověkem	28
5.3.9 Porovnání stupně degradace na historických objektech Olomoucka.....	28
6. Laboratorní studium s využitím analytických metod.....	29
6.1 Metodika prací.....	29
6.1.1 Odběr vzorků.....	29
6.1.2 Zkoumání nábrusů a výbrusů pomocí optického polarizačního mikroskopu.....	29
6.1.3 Vyhodnocování chemického složení pomocí elektronové mikrosondy.....	29
6.1.4 Určování velikosti a množství pórů pomocí rtuťové tlakové porozimetre.....	30
6.1.5 Stanovování fyzikálních parametrů.....	30
6.1.6 Stanovování množství solí v hornině.....	30
6.2 Výsledky zkoumání nábrusů a výbrusů.....	31
6.2.1 Makropetrografický popis.....	31
6.2.2 Mikropetrografický popis.....	31
6.3 Studium degradovaných hornin z olomouckých objektů.....	38
6.4 Výsledky rtuťové tlakové porozimetre.....	39
6.5 Výsledky stanovování nasákavosti pískovce.....	41
6.6 Výsledky výpočtů množství solí v dané hornině.....	42
7. Diskuze.....	44
8. Závěr.....	46
9. Použitá literatura.....	48
10. Obrázkové přílohy	

1. ÚVOD

Motto: „Kámen, tichý společník člověka odedávna, jednou ostrý, jindy beztvary, jednou všední, jindy sváteční, chladný i teplý oživající pod dovednou rukou člověka.“ (Zatloukal, 2005).

15 km severozápadně z města Mohelnice leží v nadmořské výšce kolem 560 m n. m. ve svahovitém terénu se spádem k západu oblast, byť malá, přesto kulturně významná v historii Čech i Moravy. O tento význam se zasloužila těžba pískovce v Maletíně.

Maletínský pískovec, který je do dnešních dnů jedním z našich nejkvalitnějších sochařských i stavebních kamenů. Sama obec, Maletín, neleží na pískovci, ten se vyskytuje jihozápadně a severozápadně od ní. Historické prameny říkají, že pískovec se těžil už ve 14. století, rozsáhlou se stala však těžba ve století 16. a vrcholu dosáhla v 18. a 19. století. Nejen v oblasti Maletína s jeho širším okolím se setkáváme s řadou dochovaných svědků někdejší řemeslné slávy. S výrobky a uměleckými díly z maletínského pískovce se běžně setkáváme v nepřeberném množství architektonických prvků, soch svatých, reliéfů či v podobě náhrobků hlavně na Šumpersku a Olomoucku. Výraznými příklady použití maletínského pískovce jsou sousoší kalvárie s náboženskou tematikou a 20 pískovcových náhrobků německých hrobů v Maletíně, sloup Sváté Trojice a městské kašny v Olomouci, plastiky na kanovníckých domech či výzdoba zámků a hradů na celé severní a střední Moravě. Pořídít úplný soupis význačných památek, na který je část mé práce zaměřena, jak soch, tak staveb z maletínského pískovce, nebude nikdy zcela možné, protože jejich počet je obrovský. Proto jsem se soustředila především na památky z maletínského pískovce hlavně v Olomouci. V menší míře byl ve stejných souvislostech využíván i další křídový pískovec, pocházející z dnes již zatopených lomů u Mladějova.

Značná část mé bakalářské práce bude ovšem věnována již zmiňovanému maletínskému pískovci, jelikož byl mnohem více využíván, než pískovec z Mladějova.

Pro začátek je důležité zmínit, že oba tyto pískovce patří k významným sochařským materiálům, jejichž výhodou je snadná opracovatelnost, dobrá chemická odolnost, malá nasákavost a značná trvanlivost materiálu. Ale i přesto všechno na mnohých objektech z těchto zmiňovaných pískovců docházelo v důsledku vnějších i vnitřních faktorů k jejich degradaci.

Proto jedním z úkolů této bakalářské práce je charakterizovat a zdokumentovat jeho degradaci na vybraných objektech.

Ke srovnání stupně poškození jsem použila studium výbrusů v optickém mikroskopu, doplněné o další analytické metody - rtg-difraktometrii a elektronovou mikroanalýzu, důležité pro určení kvalitativního a kvantitativního zastoupení minerálů v dané hornině. Dále jsem se zabývala fyzikálními vlastnostmi pískovce jako jsou objemová hmotnost, nasákavost a pórovitost (pomocí

rtuťové porozimetrie). U vybraných vzorků jsem zjišťovala množství rozpustných solí, jejichž přítomnost je jednou z hlavních příčin degradace pískovců i jiných hornin v městském prostředí. Experimentálně jsem také zjišťovala vliv působení holubího trusu na degradaci maletínského pískovce.

Konečným zjištěním této bakalářské práce budou procesy a jejich charakteristiky, které vedly k degradaci tohoto stavebního a dekoračního kamene, který nadále bude sloužit nám i naším generacím.

2. Geologická situace

Pískovce maletínský a mladějovský pocházejí ze sedimentačního prostoru řecké křídové pánve, proto se v následujícím textu pokusím o shrnutí dosavadních znalostí o tomto útvaru

2.1. Nástin historického vývoje křídového útvaru

Název křídového útvaru pochází z latinského creta – křída, která je charakteristickou horninou tohoto období (název v geologické literatuře zavedl Omalius d' Halley r. 1831).

V dnešním pojetí zaujímá křída interval téměř 80 milionů let (přibližně mezi 140 – 65 Ma) a mezinárodně se dělí na spodní a svrchní křídu. Obecně užívané stupně berrias až maastricht mají své klasické oblasti v západní Evropě. Spodní hranice křídy je vedena podle nástupu amonia Berriasella Jacobi (Chlupáč, 2002).

Tab.1 Základní stratigrafické dělení křídového útvaru (Chlupáč a kol., 2002)

Křída	svrchní	maastricht 65 Ma campan santon coniac turon cenoman
	spodní	alb apt barrem hauteriv galantin berrias 135-144 Ma

Tab. 2 Stratigrafické rozdělení svrchní křídy české křídové pánve (Malkovský a kol., 1974)

stupeň, podstupeň		zóna
SANTON	spodní	Inoceramus undulatoaplicatus
CONIAK	svrchní	Inoceramus subquadratus
	spodní	Inoceramus involtus
		Inoceramus koenei
TURON	svrchní	Inoceramus deformis
	střední	Inoceramus lamarcki
	spodní	Inoceramus labiatus
CENOMAN	svrchní	Inoceramus pictus

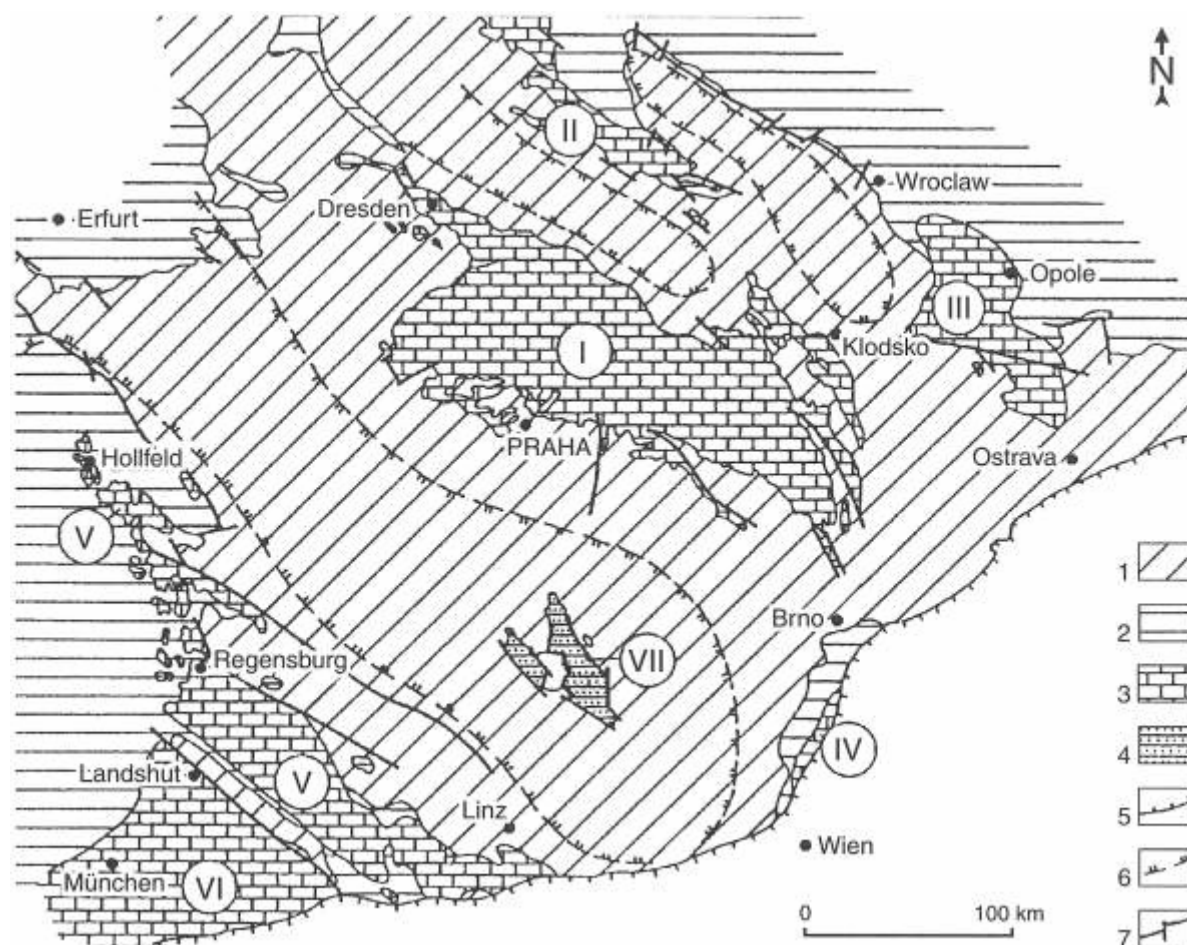
Malkovský a kol. (1974) píší ve svém stručném přehledu, že svrchnokřídové sedimenty jsou cenomanského stáří. Situaci, která panovala v jednotlivých stupních svrchní křídly vysvětlují níže: „Albské stáří nejstarších poloh je velmi pravděpodobné, není však dosud spolehlivě prokázáno. Mořská transgrese pronikla na naše území ve svrchním cenomanu. Byla postupná a oscilační. Následující spodnoturonská transgrese byla rozsáhlejší. Maximální rozsah spodnoturonského moře v Českém masívu nebyl v dalších etapách vývoje pánve významněji překonán. Koncem spodního turonu došlo k dílčí regresi moře a změlčení pánve.

Počátek středního turonu znamená opět dílčí transgresi. Písčité facie dosahuje ve středním turonu velkého rozsahu a mocnosti. Koncem středního turonu dochází opět k dílčí regresi moře. Nová svrchnoturonská transgrese je provázena významnou sedimentační překrývkou téměř v celé pánvi. V některých částech pánve jsou sedimenty svrchního turonu redukovány na několik metrů nebo decimetrů. Coniacká sedimentace navazuje v podstatě plynule na svrchnoturonskou. Počátkem coniakku dochází k určitému prohloubení a patrně i místnímu rozšíření pánve, kde se ještě ve spodním coniakku začínají ukládat regresní písčité sedimenty. V západní polovině pánve pokračuje sedimentace až do spodního santonu. V santonu se ukládají regresní psamitické sedimenty. V průběhu spodního santonu ustoupilo svrchnokřídové epikontinentální moře definitivně z území Českého masívu“.

2.2. Křídový útvar v České republice

Chlupáč a kol. (2002) píší, že uloženi křídového útvaru mají poměrně značné rozšíření. Největší plochu zaujímá česká křídová pánev, která patří k soustavě evropských epikontinentálních pánví, vzájemně propojených po cenomanské mořské transgresi (obr. 1). Patří sem i opolská pánev, zasahující k nám v osoblažském výběžku. Křídové uloženi v jihočeských pánvích (českobudějovické a třeboňské) jsou odlišné a jsou příkladem výplně vnitřních depresí se sladkovodním, popřípadě brakickým režimem. Výskyty křídových hornin na jižní Moravě, vesměs pod mocným pokryvem mladších uloženin, patří okrajovému areálu Tethydy, k níž náležejí i uloženi křídového stáří.

Obr.1 Zachované křídové sedimentační prostory v Českém masivu
(Valečka, Skoček, 1999)



Vysvětlivky: 1 – předdruhohorní podloží; 2 – trias, jura; 3 – mořské pánve: I – česká křídová, II – severosudetské, III – opolská, IV – dolnorakousko-jihomoravská, V – bavorská, VI – wasserburgská; 4 – limnické pánve: VII – jihočeská; 5 – vnější okraj karpatských a alpských příkrovů; 6 – pevnina během turonu a coniaku; 7 – zlomy.

2.3. Česká křídová pánev

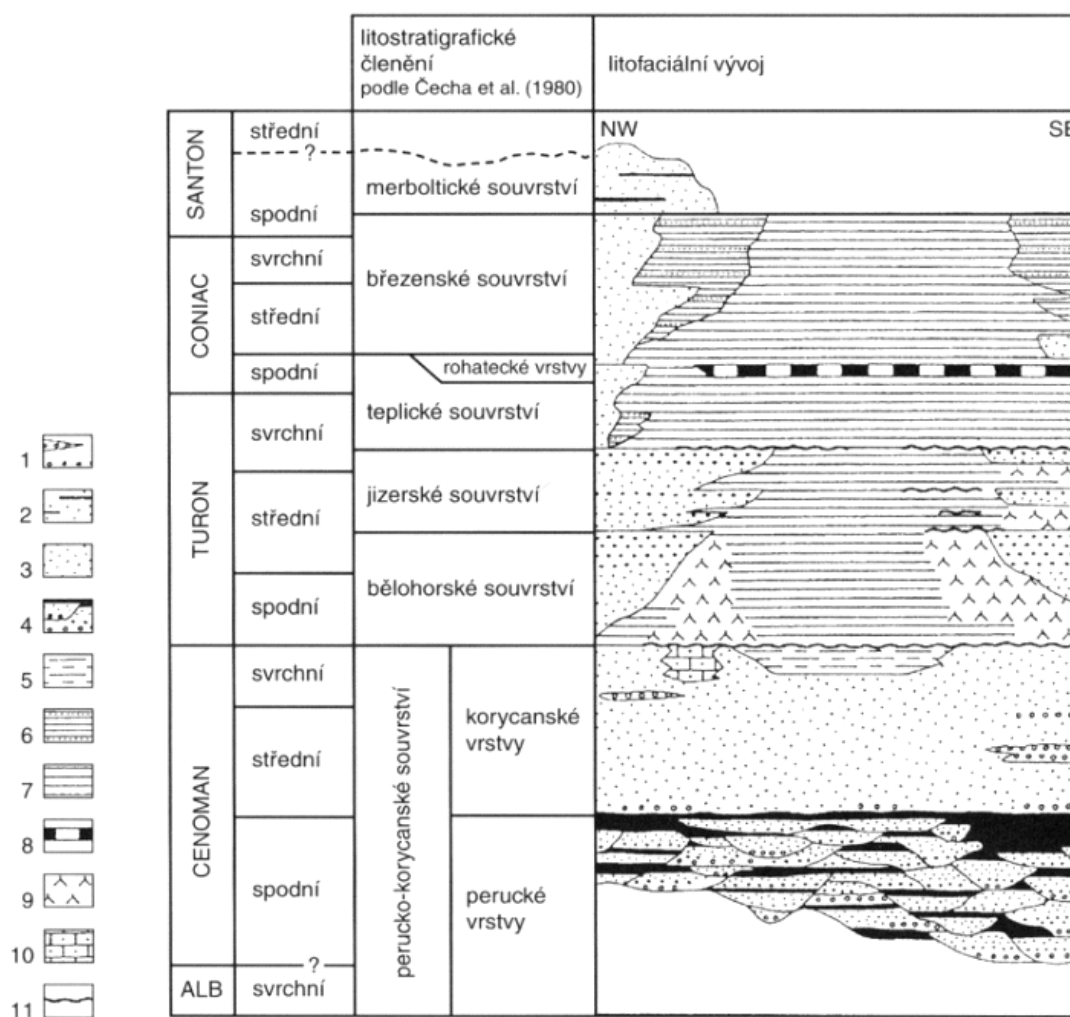
Tato pánev je největší dochovanou sedimentační pánví na našem území. Pokrývá značnou část severní poloviny Českého masivu o ploše asi 14 600 km² a sahá v délce 290 km od okolí Drážďan až na severozápadní Moravu. Původní rozsah pánve byl ovšem ještě větší – můžeme tak soudit proto, že okrajové uloženiny většinou nejsou zachovány a podlehly pokřídové erozi. Je pravděpodobné, že pánev ve středních Čechách sahala až k tehdy nízké elevaci Brd, Hřebenů a východněji do Posázaví. Česká křídová pánev byla ve svém počátečním stadiu založena v oslabené a k mobilitě náchylné obloukovité části Českého masivu mezi jeho jádrem, tvořeným moldanubickou krou a Barrandienem, a severní periferií masivu (Chlupáč a kol., 2002).

Chlupáč (2002) píše, že po období sladkovodní sedimentace proniklo v době rozsáhlé cenomanské transgrese do klesající zóny moře, které postupně rozšiřovalo svůj areál až do doby spodního coniacu. Ústup moře patrně nastal během stupně santonu, kdy bylo klesání prostoru vystřídáno zdvihovým trendem. Mořská záplava trvala přibližně asi jen deset milionů let, dosahuje mocnost svrchnokřídových uloženin řádů set metrů (maxima v osní části v linii Děčín – Hradec Králové, na SZ až 1100m). Výplň pánve tvoří převážně klastické uloženiny různé zrnitosti (obr. 2). Z hlediska prostorového rozložení facií je složitější situace v cenomanu, kdy mořská transgrese postupovala v několika fázích do výše položených částí vznikající pánve. Cenomanské sedimenty jsou svým vznikem i složením různorodé :

v nižší části jsou hojné uloženiny říční a jezerní, v blízkosti plochého mořského pobřeží nalézáme usazeniny lagun a pláží, při skalnatém pobřeží slepence a vápence a v mělkém moři široce rozšířené glaukonické pískovce. V období spodnoturonské transgrese, která definitivně zformovala pánev, lze pozorovat rozrůznění facií do dvou základních typů, které jsou závislé na přínosu materiálu z pevninských snosových oblastí.

- a) Facie kvádrových pískovců, které jsou cyklicky zvrstvené tvoří těleso o mocnosti až několik set metrů. Charakterizují oblasti, kam zasahoval přínos písčitého materiálu z ploché pevniny.
- b) Facie vápnitých jílovců a slínovců („opuk“), v níž vrstevní sledy vykazují cykličnost různých řádů. Tato facie charakterizuje od pobřeží vzdálené části pánve. (Chlupáč a kol., 2002)

Obr. 2 Schéma české křídové pánve s uloženinami hornin (J. Valečka 1999 in Chlupáč et al. 2002).



1 - slepence, 2 - pískovce s vložkami jílovců, 3 - pískovce, 4 - cyklické střídání slepenců, pískovců a jílovců, 5 - prachovce, 6 - vápnité jílovce s vložkami pískovce, 7 - vápnité jílovce až biomikritové vápence, 8 - rohatecké vrstvy, 9 - slínovce (opuky), 10 - bioklastické vápence, 11 - glaukonitické obzory na hiátových plochách.

2.3.1. Svrchnokřídové pískovce

Rybařík (1994) se zmiňuje, že svrchnokřídové pískovce jsou zdaleka nejpočetnější a nejvýznamnější skupinou našich kamenicky a sochařsky využitelných pískovců. Vyskytují se na značně rozlehlém území Čech a zčásti i Moravy a Slezka, v Českém masivu i karpatské soustavě (obr.4).

V Českém masivu jsou vázány na výchozové části psamitů, zejména cenomanských, české křídý, v karpatské soustavě na obdobné sedimenty ve slezské jednotce. Byly lámány ve spoustě lomů, které

jsou nyní v naprosté většině opuštěny a obvykle také rekultivovány. V některých se však těžba udržela a ty jsou také jedinými našimi těženými pískovcovými lomy vůbec.

Česká křídová pánev se podle Valečky (1999, in Chlupáč et al. 2002) dělí do několika litofaciálních oblastí (obr.3). Region, v němž se těžily maletínský a mladějovský pískovec patří do orlicko-žďárského vývoje.

Obr. 3 Plošné rozšíření jednotlivých litofaciálních vývojů křídý Českého masivu

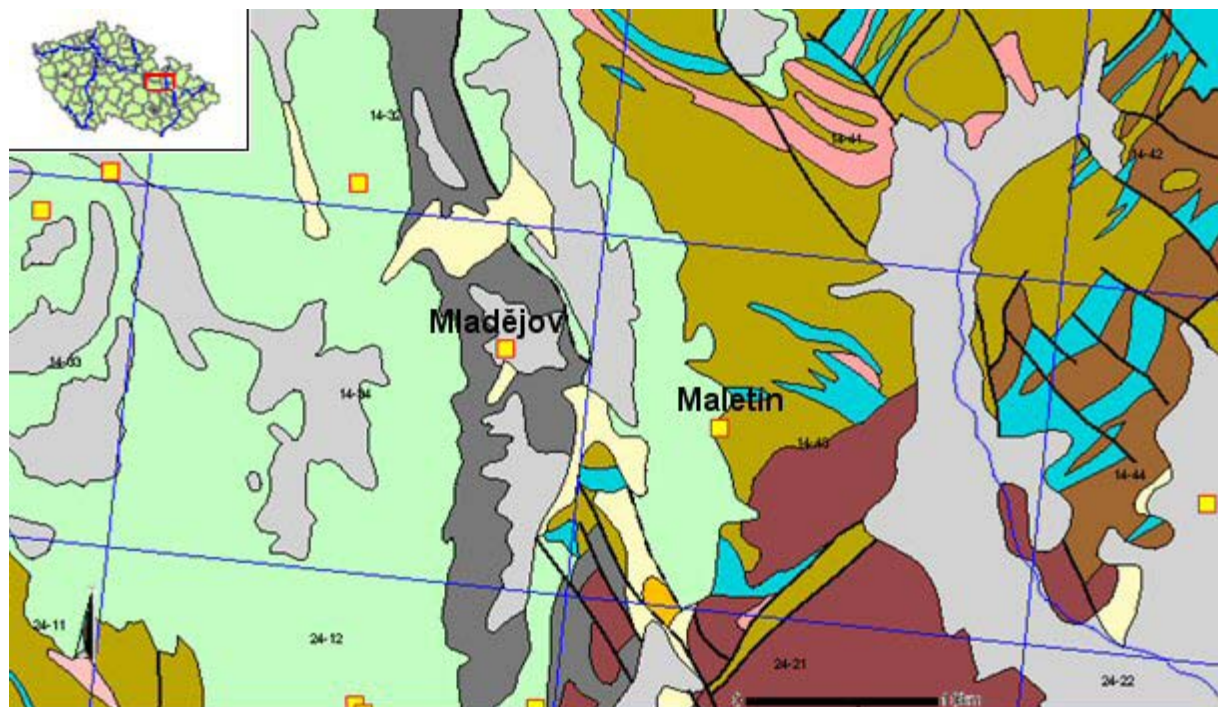


Vysvětlivky: I. česká křídová pánev; 1a – lužický vývoj; 1b – jizerský vývoj; 1c – labský vývoj; 1d – orlicko-žďárský vývoj (kroužkem vyznačena oblast s výskytem mladějovského a maletínského pískovce); 1e – oharecký vývoj; 1f – vltavsko-berounský vývoj; 1g – kolínský vývoj; 1h – hejšovinský vývoj; 1i – bystřický vývoj; 2 osoblažský vývoj; 3 jihočeské pánve: 3a – budějovická; 3b třeboňská; 4a – křída u Rudic; 4b – křída u Kuřimi; 4c – křída na jv. svazích Pavlovských vrchů; 4d – křída u Hněvošic (J. Valečka 1999 in Chlupáč et al. 2002).

2. 3. 1. 1. Oblast orlicko-žďárská

V této oblasti, nejvýchodnější faciální oblasti české křídý, zasahující ze severovýchodních Čech až na Moravu, byl v minulosti nejznámější maletínský pískovec společně s pískovcem mladějovským. Oblasti těžby maletínského pískovce jsou vzdušnou čarou vzdálená asi 15 km SV od Moravské Třebové a Mladějovské pískovce přibližně 18 km vzdušnou čarou SZ od Moravské Třebové (obr.4) (Rybařík, 1994). Maletínský pískovec užívaný k sochařským nebo výtvarným účelům byl těžen v lomech v západním okolí Maletína na katastru čtyř obcí, a to u Starého Maletína, Studené Loučky, Svojanova a Prklišova (je lokalizován místními názvy Spitalwaldbruch, Zigeunplatz, Kuttenberg a Tempelwaldbruch) na Mohelnicku na moravsko-českém pomezí a na samém východním okraji oblasti i české křídý vůbec (Šrámek, 2003). V práci Hanische a Schmida (1901) je uvedeno minimálně 10 lomů, ve kterých se na konci 19. století těžilo.

Obr.4 Geologická mapa okolí obcí Maletín a Mladějov



Legenda GEOČR500

- granitoidy assyntské (žuly, granodiority)
- paleozoické horniny zvrásněné a metamorfované (fylity, svory)
- paleozoické horniny zvrásněné, nemetamorfované (břidlice, droby, křemence, vápence)
- pestrá série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity s vložkami vápenců, erlánu, kvarcitu, grafitu a amfibolitu)
- proterozoické horniny assyntsky zvrásněné, s různě silným variským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly)
- terciérní horniny (písky, jíly)
- vulkanické horniny zčásti metamorfované, proterozoické až paleozoické (amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry)
- permokarbonské horniny (pískovce, slepence, jílovce)
- jednotvárná série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity)
- kvartér (hlíny, spraše, písky, štěrky)

Zdroj: Mapový server ČGS,
lokalizace míst těžby – Databáze
dekorativních kamenů (B.
Schulmannová, www.geology.cz)

3. Pískovce

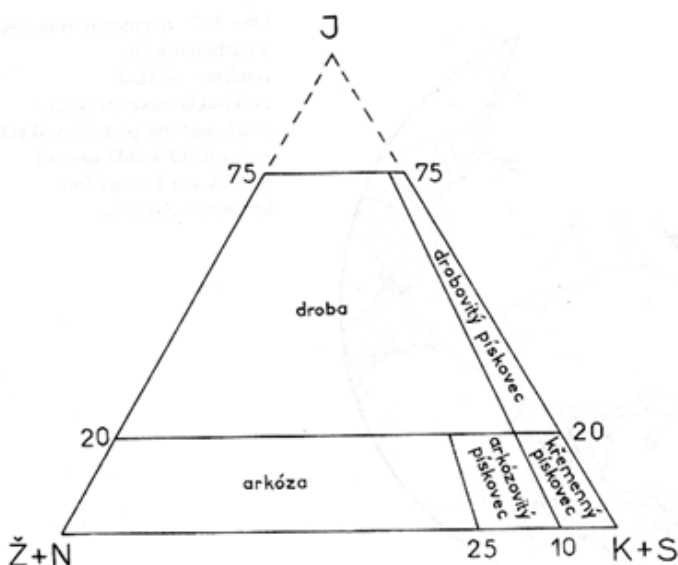
3. 1. Obecná klasifikace pískovců

Pískovec je zpevněný klastický sediment, jehož nejcharakterističtější složkou jsou zrna pískové frakce (tj. 0,06 až 2 mm velké), jichž má být nejméně 25 %. Z ostatních klastických složek bývá přítomen především jíl a silt, někdy i částice větší než 2 mm.

Pro klasifikaci běžných pískovců se u nás nejčastěji užívá trojúhelníkového diagramu (obr.5).

Křemenný pískovec je složený z nejodolnějšího materiálu (především křemene), obsahuje podíl jílové nebo siltové frakce, tj. jde o horninu o vysokém stupni mineralogické i strukturní zralosti.

Vzniká zejména rozpadem hornin bohatých křemenem a dlouhodobým opracováním a tříděním zrn, v jehož průběhu nestabilní (především měkkí) materiál byl rozrušen a jemnější frakce odplaveny. S křemennými pískovci se setkáváme hlavně tam, kde se dlouhodobě uplatňovala abraze zrn. V průběhu diagenese se z cirkulujících roztoků ukládaly minerální složky tmelící jednotlivá zrna (tmel), a to především v dobře propustných, tj. vytríděných psamitických sedimentech. Nejodolnější jsou pískovce s křemítkem, a proto nalézají poměrně časté uplatnění ve stavebnictví. Podle zrnitosti se rozlišují pískovce jemnozrné, střednozrné a hrubozrné. Hlavními klasifikačními kritérii je složení klastických částic (stabilní či nestabilní minerální zrna, úlomky hornin), základní hmota (nejčastěji jílovitá), tmel (tj. druhotně vyloučená neboli chemogenní substance diagenetického původu, tmelící klastická zrna), příměs akcesorických minerálů, úlomků organických zbytků apod. Vlastnosti pískovce se v závislosti na petrografickém složení mohou místo od místa měnit a při velkém rozsahu těžby v minulosti může být použitý materiál dosti variabilní, zpravidla si však uchovává určité charakteristické znaky. Pro praxi je důležitý stupeň navětrání, který je závislý nejvíce na hloubce uložení pod povrchem terénu.



Obr. 5: Klasifikační diagram psamitických hornin (Petránek, 1993)

J - jíl, silt a slídy

(tj. základní hmota neboli matrix)

K + S - křemen a zrna stabilních hornin

Ž + N - živce a úlomky nestabilních hornin

3.2. Zpracování a použití pískovců pro stavební a sochařské účely

Množství zachovaných památek nám umožňuje posoudit kvalitu a trvanlivost pískovce. Zachování památek je rozdílné, v závislosti na původní kvalitě suroviny a expozici povětrnostním a mikroklimatickým vlivům. Pokud byl však použitý materiál kvalitní, jsou památky ještě i po staletích ve vyhovujícím až velmi dobrém stavu (Gába, 1994).

Pískovec se vyznačuje velmi snadnou opracovatelností dovolující členitější tvarování povrchu a podrobnější vypracování detailů. S tím souvisí i možnost použití lehčích kamenických nástrojů nevyžadujících silnější úder a menší fyzická namáhavost opracování.

Kamenicky opracovaný pískovec, resp. pískovcové prvky nebo články jsou skrze svůj tvar, profilaci nebo způsob opracování důležitými zdroji informací o době vzniku stavby nebo alespoň příslušného prvku či pozdějších přestaveb.

Kamenické prvky bývají často opatřeny letopočtem, zpravidla přímo datujícím dobu vzniku. Přesně opracovanému kameni používanému na zdění říkáme kvádr, zatímco hrubě nebo nepatrně opracovaný kámen nazýváme kopák (prodával se na kopy, od čehož je název odvozen).

Velkou nevýhodou pískovce související se způsobem jeho vzniku je menší soudržnost, vyžadující během opracování pískovcových výrobků ponechání silnějších tloušťek stěn nebo zvolení většího profilu (Čerňanský, 2000).

3.2.1. Výskyt a těžba pískovců křídového stáří

Pískovce se vyskytují téměř na celém území severních a severovýchodních Čech, Moravy a zčásti i Slezska, přičemž nejkvalitnější se rozprostírají v oblasti vymezené povodím Labe a úpatím Krkonoš. Těžba pískovců probíhala v některých regionech až do počátku 20. století. Základním způsobem těžby pískovce bylo dobývání, při němž se získávají pískovcové bloky podkopáváním paty skalního masívu nebo postupným odlamováním shora nebo zdola. Při těžbě se rovněž užívalo páčení pomocí sochorů a břeven, zejména pokud se pískovcový masív vyznačoval přirozenými puklinami a rozsedlinami. Měkké horniny mezi něž pískovec náleží byly těženy šramováním, pomocí úzkých a hlubokých rýh (tzv. šrámy).

Později je pískovec těžen i technicky a finančně náročným podštolováním s hromadným odstřelem.

V současné době je možnost těžby pískovce v mnoha severočeských lokalitách oprávněně omezena, a to především vyhlášením řady přírodně chráněných území (Čerňanský, 2000).

3.2.2. Maletínský a Mladějovský pískovec

Dle Šrámka (2003) jsou oba dva tyto pískovce jemnozrnné, slabě kaolinitické křemenné pískovce cenomanského, svrchnokřídového stáří.

3.2.2.1. Maletínský pískovec

Ještě celkem nedávno činný Kubitschekův lom je situován při východním okarji kyšperské synklinály na úbočí Vysokého vrchu (554 m n.m.). Křídové vrstvy v oblasti Maletína jsou mírně ukloněné směrem na západojihozápad. V celém vrstevním sledu se střídají vrstvy jílovce a šmouhovitého až laminovaného křemitého pískovce, vzniklého sedimentací sladkovodních až brakických vod v prostředí příbřežních lagun. Tento sled má mocnost 20 až 35m, uvnitř tohoto sledu se vykytuje jemnozrnný maletínský pískovec s blokovou odlučností, který představuje svrchní část peruckých vrstev. Na téže lokalitě se v jeho nadloží nachází bělošedé až hnědošedé, místy zelenavé glaukonitické pískovce korycanských vrstev. Směrem do nadloží pokračuje sled spodnoturonskými prachovci.

Maletínský pískovec je kaolinitický křemenný pískovec s tmelem jílovitým a křemičitým. Odlučuje se ve velkých pravidelných kvádrech a nazývá se proto i kvádrovým pískovcem. Barva maletínského pískovce je jen zřídka čistě bílá, většinou je zbarven do žluta až žlutohněda hydroxidy železa (obr.9), vzácně do červena hematitem (Gába,1994). Zabarvení není rovnoměrné, ale spíše šmouhovité (obr.10, 13) nebo v páscích (Šrámek, 2003). Šrámek (2003) uvádí, že zrnitost pískovce se obvykle pohybuje kolem 0,1 – 0,2 mm. Gába (1994) však uvádí i výskyty hrubozrnějších poloh, dokonce slepencovité s valounky až do 1 cm, tyto ovšem pro náročnější práce nejsou vhodné. Velmi charakteristický je výskyt hnědých železitých „broků“, jak je nazývali staří kameníci, správně limonitových konkréci (obr.11). Jejich velikost kolísá většinou mezi 1 a 5 cm, bývají zaoblené, a když je jich více pohromadě, surovinu znehodnocují (Gába, 1994). Spíše ovšem vzhledově, protože odolností okolní horninu zpravidla předčí (Gába, 1973).

Škodlivinami nebo „kazy“ mohou být kromě rostlinných otisků i živočišné zkameněliny, tzv. stopy (bioturbace). V některých partiích je pískovec proniknut různě se větvícími chodbičkami křídových živočichů, které v čerstvé hornině nebývají patrné. Na výrobcích, zvláště ve venkovním prostředí, se pak po několika desítkách let projeví nerovným povrchem a nakonec se kámen rozpadá (Gába a Pek, 1982).

Zmínku si zaslouží i výskyt zkamenělin, které proslavili tento pískovec ve světě. Jeden ze zakladatelů paleobotaniky, Švýcar Oswald Heer, popsal v roce 1869 z maletínského pískovce 14 nových rostlinných druhů. Krásně zachované rostlinné otisky náležejí zejména magnóliím, sekvojím, borovicím, fíkovníkům a eukalyptům. Při kamenickém opracování byly zkameněliny nežádoucí,

avšak od doby, kdy o ně projevili zájem vědci a muzea (hlavně muzea v cizině – Vídeň, Stuttgart, Tübingen aj.) (Gába a Pek, 1981).

Spolu s kvádrovým pískovcem se u Maletína vyskytuje i poněkud mladší mořský glaukonitický pískovec. Má hrubší zrno a nápadná jsou v něm zelená zrna glaukonitu.

(Gába, 1994)

3.2.2.2. Mladějovský pískovec

Oblast těžby mladějovského pískovce se nachází nedaleko České Třebové a těžba těchto pískovců nebyla tak značná jako v okolí Maletína. Přesto se lze domnívat, že byl hojně využíván v širokém okolí Moravské Třebové, Svitav, Litomyšli, v Brně i Kroměříži (Šrámek, 2003).

Mladějovské pískovce jsou jemnozrnné, na omak „ostřejší“, spíše žlutavých nebo hnědých barev (obr.12). Neobsahují konkrece a „broky“ (hydroxy)oxidů Fe a mají nižší podíl kaolinitického tmelu. Rozsah těžby pískovců kolem Mladějova byl menší a nemá žádný význačný charakteristický znak, který by mohl posloužit pro jeho jednoznačnou identifikaci – k tomuto účelu snad může sloužit pouze hnědavá barva a dobrá trvanlivost (Šrámek, 2003).

3.3. Historie těžby pískovců z oblasti Maletína a Mladějova

Maletínské pískovce byly používány na výtvarná díla v širším okolí, zejména v Olomouci a Šternberku (Šrámek, 2003). Podle Rybaříka (1994) jsou první známé zmínky o něm z roku 1570, kdy byl použit na stavbu jezuitské koleje v Olomouci. Po roce 1850 byl pískovec transportován po železnici do Brna a Vídně, nebo opačným směrem do Polska (Hanisch – Schmidt, 1901). Je zajímavé sledovat i širší rozšíření maletínského pískovce, který nacházíme prakticky na celé Moravě. Maletín patřil již od 14. století k olomouckému biskupství, Svojanov s Prklišovem patřily od 17. století k lichtenštejnskému panství. Celá tato oblast byla od roku 1946 osídlena Němci. Těžiště výskytu a těžby bylo v lesích západně a severozápadně od Maletína. I neodborník musí v lese zaujmout velký rozsah porušení terénu těžbou – množství opuštěných, již zarostlých lomů a haldy odpadového materiálu (obr.7). U Studené Loučky probíhala těžba ve skromnějším rozsahu a skončila dříve. Podle zachovaných hmotných dokladů můžeme počátek těžby v Maletíně klást do 14. století, snad do konce 13. století. V 16. století byla těžba již v podstatě pravidelná. Vrcholu dosáhla v 18. a 19. století. V roce 1851 se v Maletíně uvádějí 3 kameníci, 22 pomocných kamenických dělníků a 12 učňů.

Vytěžené bloky se však ve velké míře zpracovávaly i jinde. Ve 20. století těžba z různých důvodů rychle upadala a posléze se těžbou a zpracováním maletínského pískovce zabývaly jen dvě menší firmy – Kubitschek v Maletíně a Czepa ve Svojanově. Pískovec nebyl však již jejich výhradní

surovinou. Koncem druhé světové války pravidelná těžba ustala (Šrámek, 2003). Vavřínová (1952) se zmiňuje o tom, že kolem roku 1950 se v okolí Maletína ze starých lomů občas těžil jen písek (zvětralina) ke stavebním účelům. Celkové množství vytěžené suroviny je dnes těžké odhadnout. Jako minimální hodnotu lze uvést 200 000 m³, mohla být však i několikanásobně vyšší (Gába, 1994). Určitou kuriozitou je, že ještě počátkem padesátých let olomoucká sochařská huť vytěžila u Maletína primitivním způsobem několik větších bloků. Kolem roku 1993 obnovilo sdružení Maletínská huť v bývalém Kubitschkově lomu v lese asi 1 km od silnice Maletín – Svojanov. Bylo nutno z něj vyčerpat vodu (obr.8) a provést skrývky, avšak již začátkem roku 1994 byly vytěženy menší bloky kvádrového pískovce (Gába, 1994). Tedy lze počítat, že v roce 1994 se těžilo menší množství pískovce, který nejspíš našel místo uplatnění při rekonstrukcích soch a dalších jiných památek, které byly vytvořeny z maletínského pískovce.

Olomoucká radnice v roce 2001 nechala zhotovit Arionovu kašnu z maletínského pískovce firmou Horstav Olomouc v hodnotě 1,5 milionu korun pro náměstí v Olomouci, věhlas maletínského pískovce tedy zdaleka nekončí.

Kámen už po tolikáté v historii stavebnictví a sochařství prochází velkou renesancí, ale další případná těžba od onoho zmiňovaného roku 2001 jak z literatury, tak z bližšího prozkoumání tamější oblasti není známa.

3.4. Použití maletínského i mladějovského pískovce na památkách

3.4.1. Maletínský pískovec

Maletínský pískovec zdaleka se nepoužíval jen v okolí, nýbrž na velké části Moravy a v přilehlé části východních Čech. Převládající kamenickou a sochařskou surovinou byl například na Šumpersku a zejména na Olomoucku, hojně byl používán i v Kroměříži.

Ve Slezsku je jeho použití doloženo již jen sporadicky, například v Bruntálu.

Ojediné použití ve vzdálených krajích, popřípadě cizině, je pravděpodobné, nikdo se však touto otázkou dosud nezabýval. Odedávna byl používán na kamenické výrobky a architektonické články, v době renesance se z něj zhotovovaly náhrobky a reliéfy, v době baroka četné sochy světců. V 19. století byl velmi rozšířeným materiálem náhrobků a křížů, ale i portálů, schodů apod. Ve 20. století v konkurenci ušlechtlejších kamenů, umělého kamene a betonu jeho význam značně ustupuje.

Vyrábějí se z něj spíše již jen žlaby, brusy, mlýnské kameny, obruby hrobů a nakonec je nejvíce využíván jako stavební a soklový kámen (Rybařík, 1994). Menší množství pískovce našlo použití při restaurování památek. Například sochař Josef Obeth restauroval v letech 1936 – 37 morový sloup v Uničově, k čemuž použil 5 tun pískovce údajně ze stejného lomu, ze kterého byl původní sloup z první poloviny 18. století. Na počátku padesátých let bylo z maletínského kamene vytvořeno

několik monumentálních soch státníků, převládajícím sochařským materiálem byl tehdy ovšem již i na Moravě hořický pískovec (Rybařík, 1994).

Dosud zachovaných výrobků z maletínského pískovce je tak obrovské množství, že sestavit jejich soupis by bylo zcela nemožné. Jen skulptur a křížů muselo být zhotoveno nejméně několik tisíc (Gába, 1994). Jen na Šumpersku, jak uvádí Gába (1991), je z něj 117 památkově chráněných skulptur, počet nechráněných je ale několikanásobně vyšší. Na Hané a v okolí Šumperka jej najdeme na venkovských stavbách – jsou z něj například sloupy arkádových naspí selských statků (obr.15) (Gába, 1994). Na stavbách zámků byl použit zejména v Moravské Třebové (obr.16), Lanškrouně, Úsově, Velkých Losinách (Gába, 1994), Lednici (Gregorová – Pospíšil, 1997), je z něj také proslulý portál zámku v Třemešku u Šumperka a také hrad Bouzov. Téměř všechny starší náhrobky na židovských hřbitovech v Lošticích a Úsově jsou z maletínského pískovce, stejně jako umělecky cenná kamenná křížová cesta v Rudě u Rýmařova (obr.17). Z Rýmařova je doloženo i použití na stavbu vysokých pecí v 18. století (Gába, 1994). Tento pískovec byl také použit na řadě soch v Kunčíně i na „Kalvárii“ na Křížovém vrchu u Moravské Třebové (30. léta 18. století) (Šrámek, 2003). Největšího využití však tento maletínský kámen dosáhl v Olomouci a to na řadě soch, plastik, podstavců a staveb. První známé zmínky o jeho použití v Olomouci jsou ze stavby jezuitské koleje (obr.62-66). Na této stavbě byl použit v kombinaci s jinými druhy pískovců či dokonce jiných hornin (droba), což vedlo k diferenciatnímu zvětrávání (obr.62-66). Každý návštěvník města Olomouce si může, již zmiňovaných architektonických prvků, vyhotovených z maletínského pískovce, všimnout na každém kroku. Při vstupu do centrální části města na třídě 1.máje si jej můžeme všimnout na objektech s čísly popisnými 30 (obr.76), 32 (obr.77), 12 (obr.72), 9 (obr.75), 5 (obr.77), 3 (obr.71), 1 (obr.43-45), kde byl tento pískovec použit hlavně na obkladových a vstupních částech, na objektu nynějšího Krajského vojenského velitelství (č.p. 1 – obr.79) byl rovněž použit v kombinaci s jinými, často méně odolnými druhy pískovce (obr.45). Na náměstí Republiky, které následuje hned za těmito objekty, lze též nalézt mnoho míst, kde byl maletínský pískovec použit, za zmínku stojí hlavně Vlastivědné muzeum (obr.80) a vojenský správní archiv (bývalá jezuitská kolej), kde byl pískovec použit jako obklad spodních částí budovy. Dalším skvostem tohoto místa je kostel Panny Marie Sněžné, kde se tento pískovec použil též jako obklad, ale také na vyhotovení sloupů při vstupní části a na výzdobu celého objektu. Z náměstí Republiky vychází ulice Křižíkovského, kde se maletínský pískovec nachází na objektech Římskokatolické akademické farnosti (č.p.2) (obr.57), Arcidiecézní charity (č.p.6), Rektorátu filosofické fakulty (č.p.8) a na Konzervatoři evangelické akademie (č.p.13), kde jej nalezneme opět hlavně na vstupních částech objektů, ale také na zdobení kolem oken. Na Biskupském náměstí, které se nachází opět nedaleko zmiňovaných míst, můžeme najít budovu se sídlem Arcibiskupství olomouckého (č.p.562), které v minulosti lomy na maletínský

pískovce vlastnilo, na této budově je z něj zhotovena nejen vstupní část se zdobenými sloupy, ale také balkón, který se nachází nad vstupem. Z Biskupského náměstí se přes ulici Mariánskou s objekty č.p. 853, 854, kde byl maletínský pískovec použit na vstupních místech se schůdky, dostaneme do ulice Univerzitní, kde se nachází již zmiňovaná jezuitská kolej, dnes spíše jezuitský konvikt, kde se maletínský pískovec nachází na celém objektu a hlavně na zdobení kolem oken a obkladech spodních částí. V těsné blízkosti jej nalezneme na objektech s č.p. 8, 10 a 16. Na tato místa navazuje ulice Mahlerova dalším olomouckým historicky známým skvostem, kaplí sv. Jana Sarkandra, ke které se dostaneme po schodech vyhotovených právě z tohoto pískovce. Také zde byl použit na zdobení a obklad kaple maletínský pískovec. Na Mahlerově ulici se s tímto pískovcem setkáme i na objektech s č.p. 11 a 19. Další vstupní uličkou pro objevení maletínského pískovce je ulice Michalská, kde se pískovec použil na zhotovení schodů při vstupu do objektu a také na sloupky bočních částí vstupu. Těmito zmiňovanými objekty jsou domy s č.p. 206, 251, 4 a budova, kde sídlí Národní památkový ústav pro archeologii s č.p. 3.

Z Michalské ulice je to jen pár kroků na Žerotínovo náměstí, kde se tyčí nejen podstavec se sochou sv. Floriána, ale také kostel sv. Michala, ve kterém jsou z maletínského pískovce vytesány sochy Salvátora a Panny Marie. Na tomto náměstí se také nachází blok historických obytných domů (č.p. 8, 5), na kterých byl maletínský pískovec také použit. Tyto domy prošly v dnešní době rekonstrukcí v rámci asanace a rekonstrukce historického jádra města. Na ulici Purkrabské s domy č.p. 2, 6, 8 a na ulici Kapucínské s domy č.p. 10 a 13 také nalezneme tento pískovec na již zmiňovaných vstupních částech domů. Těmito dvěma ulicemi se dostáváme do jádra města Olomouce, na Dolní náměstí, kde se hned zprvu nachází kostel Zvěstování Páně, kde se maletínský pískovec využil opět na sloupy při vstupní části kostela. Kromě toho zde z maletínského pískovce nalezneme Morový sloup, tyčící se ve středu náměstí a dvě kašny (Neptunova kašna, Jupiterova kašna) neustále chrlící vodu. Na Dolním náměstí se nachází i mnoho historických objektů, kde tento pískovec našel své využití, jsou jimi domy s č.p. 16, 19, 38, 40 (Masné krámy) a 47.

Z Dolního náměstí vstoupíme přímo na Horní náměstí, které skýtá nepřehledné množství objektů, kde byl maletínský pískovec použit. Jsou jimi budovy s č.p. 10 (Krajinská lékárna), 11 (neoklasicistní Pozemkový úřad, nyní Café Mahler), které jsou z poloviny obloženy tímto pískovcem, také dům U Zlaté koruny (č.p. 13), dům U Černého psa (č.p.12), Edelmanův palác (č.p.5), palác U Zeleného stromu (dřívější sídlo císařské pošty), Petrášův palác se sídlem Národního památkového ústavu a objekty č.p.371 a 18. Maletínský pískovec zde byl využit na sochařské zdobení a na obkladové části budov. Na Horním náměstí nalezneme také kašny zhotovené z tohoto pískovce, jsou jimi Herkulova kašna, Caesarova kašna a Arionova kašna a radnici s orlojem, kde byl tenton pískovec využit na zhotovení schodiště a jeho zdobení. Nejdůležitější stavbou z maletínského pískovce na Horním

náměstí je však monumentální 36m vysoký sloup se sousoším sv. Trojice (obr.20) z první poloviny 18. století. Je z něj však jen vlastní sloup a sochy andílků – světloňů, zatímco ostatní sochařská výzdoba je z mladějovského pískovce.

V těsné blízkosti Horního náměstí se nachází kostel sv. Mořice, kde byl maletínský pískovec použit na obkladové části kostela a na sochařské zdobení. U kostela sv. Mořice na ulici Opletalově se nachází na podstavci kříž s Kristem (obr.59), kde tento pískovec také nalezneme. Na této ulici jej můžeme vidět také na budovách s č.p. 6, 10 a na budově Římskokatolické fary. Z ulice Opletalovy se dostáváme na ulici 8.května, kde je maletínský pískovec též využit a to na objektech s č.p.7, 12, 35 a 37. Z ulice 8. května se můžeme vrátit zpět na Horní náměstí Riegrovou ulicí, kde se rovněž nachází několik objektů, v nichž byl maletínský pískovec použit. Nejvýznamnější z nich je dvoupatrový renesanční dům – č.p. 19, v němž je z maletínského pískovce vyveden bohatě zdobený portál (obr.73) a kamenný arkýř. Centrální část města obklopují rozlehlé parky, jedním z nich jsou i Bezručovy sady, kde maletínský pískovec můžeme nalézt v podobě čtyř barokních soch Herkulů. Maletínský pískovec nezasahuje jen do centrální části města, nýbrž také do okrajových částí města Olomouce, ale i mimo město samotné. Z maletínského pískovce jsou například zhotoveny architektonické články kláštera Hradisko (obr.18), ale i, jak se zmiňuje Šrámek (2003), podstavec sousoší sv. Norberta na sv. Kopečku (obr.19).

3.4. 2. Mladějovský pískovec

Mladějovský pískovec nebyl používán v tak značné míře jako maletínský pískovec, ale díky své dobré trvanlivosti se použil na sochařskou výzdobu a plastiky na různých místech.

Je tomu tak například pro sochařskou výzdobu v Moravské Třebové (na radnici v roce 1556), Svitavách, Rychnově, Rybníku, Litomyšli. V letech 1727 – 31 byl použit na mariánském sloupu v Poličce, ale také na Plastiky v Kunčině. Hojně využití našel i v Kroměříži, Mikulově a na dalších místech (Rybařík,1994). Nejvýznamněji se však uplatnil na sochařské výzdobě sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci a Šrámek (2003) říká, že archivní záznamy hovoří, že ho Jan Sturmer použil i na sloupu Pany Marie v Moravské Třebové v letech 1715 – 1718 .

3.4.3. Společné použití maletínského a mladějovského pískovce

Nejvýznamnější a nejnámější památkou, kde byly oba druhy těchto pískovců použity je Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci. Sloup je zapsaný od roku 2000 na seznam památek UNESCO a je nejvýznamnější barokní plastikou Moravy. S výškou 36 m byl zhotoven z maletínského a mladějovského pískovce v letech 1716 – 1754. Autorem spodní části sloupu a zakladatelem společnosti pro stavbu sloupu byl Václav Render, jeho pokračovateli a autory sochařské výzdoby se

stal především Ondřej Zahner. Ve smlouvě s kamenickým mistrem A. Schulzem z let 1745 je uveden také požadavek, aby se jmenovaný postaral o potřebné množství kamene z maletínských lomů. Kámen pro dostavbu sloupu si mohl stavitel ,A. Schulz, nalámat v lomu při špitálu Joba a Lazara, který vlastnil Jakub Arnošt Lichnštějn (Šrámek, 2003). Čechmánková (2008) se zmiňuje, že uvnitř sloupu je kaple Nejsvětější Trojice s reliéfy Filipa Sattlera, které jsou vytesány do samotného pískovce. Čestný sloup je jediný známý sloup mající uvnitř kapli. Hloubka zdi kaple je stejná, jako průměr prostoru kaple, 2,2 metru. Tato stavba stojí na dubových pilotách, kvádry z maletínského pískovce jsou vypodložené dubovými klíny kvůli dilataci. Kruhový půdorys sloupu (o průměru 17 metrů) je členěn ve tvaru betlémské hvězdy. Elbel (1997) uvádí (a průzkum sloupu to potvrdil), že z maletínského pískovce je pouze vlastní sloup a sochy andílků – světloňů, kdežto vlastní sochařská výzdoba, kterou představuje 18 soch, byla zhotovena z mladějovského pískovce. Čechmánková (2008) říká, že barokní postavy světců, které tvoří sochařskou výzdobu sloupu, vyvažují klenbu.

3.4.4. Příčiny výběru mladějovského kamene ke zhotovení sochařské výzdoby

Šrámek (2003) se zmiňuje, že v písemných záznamech (Elbel, 1997) se uvádí, že ačkoli na stavbu i na sochy bylo doporučeno použít kvalitní maletínský pískovec ze špitálního lomu Jako a Lazara, ve finální etapě stavby (asi kolem roku 1754) bylo rozhodnuto Ondřejem Zahnerem, aby sochy byly zhotoveny z mladějovského kamene.

Příčiny tohoto závažného rozhodnutí mohly být různé. Nicméně podle názoru autora to mohla být dlouholetá zkušenost kamenických mistrů, kteří pracovali s oběma pískovci a znali jejich odlišnou kvalitu a trvanlivost.

4. Fyzikální vlastnosti hornin

Fyzikální vlastnosti vyjadřují fyzikální stav jednotlivých hornin, a to zejména pokud jde o objektivní obraz složení, stavby a hmotnostních veličin (Petroš, 2002). Fyzikální vlastnosti obvykle rozdělujeme do několika skupin:

- a) hmotové a tíhové vlastnosti
- b) vlastnosti vztahující se na prostory v hornině nevyplněné pevnou fází
- c) stanovení a působení vody v horninách
- d) sorpční vlastnosti

4.1. Hmotové a tíhové vlastnosti

Při určování hmotových a tíhových vlastností je třeba brát v úvahu jednotlivé fáze hmoty:

- pevná fáze (horninová hmota),
- kapalná fáze (obvykle voda),
- plynná fáze (metan, vzduch, CO₂ a další).

Podle toho, které z těchto fází bereme v úvahu, rozeznáváme u hornin různé hmotové vlastnosti: měrnou hmotnost a objemovou hmotnost

Měrná hmotnost vyjadřuje poměr hmotnosti pevné fáze horniny k objemu pevné fáze, tj. k objemu bez pórů, trhlin apod. Měrná hmotnost slouží k výpočtu dalších vlastností hornin – pórovitosti a hutnosti.

Objemová hmotnost horniny vyjadřuje poměr hmotnosti pevné fáze horniny k jejímu celkovému objemu – včetně pórů, trhlin apod. Tato objemová hmotnost rovněž slouží k výpočtu pórovitosti a hutnosti horniny.

4.2. Porozita

Horniny jsou prostoupeny dutinami různých rozměrů a tvarů. Podle velikosti můžeme dutiny v horninách rozdělit na póry, trhliny a pukliny. V mechanice hornin se zabýváme hlavně pórovitostí. Pórovitostí se rozumí poměr objemu pórů k celkovému objemu horniny. Hodnota celkové pórovitosti však jen hrubě charakterizuje porézní strukturu takových klastických sedimentů, jako jsou pískovce a opuky. Pro účely památkové péče je vhodné je charakterizovat pomocí tlakové rtuťové porozimetrie, která poskytuje celou řadu údajů, jako jsou celkový objem pórů na gram vzorku nebo rozdělení velikosti pórů a umožňuje tak rychlost a hloubku pronikání konzervačních prostředků do kamene (Šrámek, 2003). Rtuťová porozimetrie je založena na jevu kapilární deprese projevující se tím, že při ponoření pevné porézní látky do rtuti, která ji nesmáčí (tj. úhel smáčení je větší než 90 stupňů), může rtuť vniknout do jejích pórů pouze účinkem vnějšího tlaku. Tento tlak musí být tím větší, čím

užší póry mají být zaplněny. Princip měření rtuťovým porozimetrem spočívá ve sledování závislosti vloženého tlaku na úbytku rtuti v nádobce, z níž je rtuť vytlačována do pórů měřeného materiálu.

4.3. Vlastnosti související s vodou v horninách

- působí na horniny několikerým způsobem:

- mechanické účinky: - statické (hydrostatický tlak, vztlak, vytlačování)
 - dynamické (proudové účinky)
- fyzikální účinky (kapilární vztlání)
- chemické účinky (při krystalizaci)
- fyzikálně-chemické účinky (bobtnání)

Voda ovlivňuje mechanické vlastnosti horniny a mění i některé fyzikální vlastnosti.

Voda působí v horninách na jedné straně nepříznivými účinky – tlakové účinky volné vody, hydrostatický tlak, dynamické účinky při proudění v horninách, na druhé straně se snažíme využít vody pro ovlivnění nepříznivých projevů horninového prostředí.

4.3.1. Vlhkost

Kvantitativním vyjádřením vlhkosti hornin se rozumí množství vody obsažené v hornině, které lze z horniny odstranit vysoušením při teplotě 110° do stálé hmotnosti.

Vlhkost vyjadřuje v procentech hmotnost vody k hmotnosti vysušené horniny.

4.3.2. Nasákavost hornin

Nasákavost horniny je schopnost horniny přijímat do svých pórů kapalinu.

Pro srovnatelnost se určuje nasákavost smluvně jako přírůstek vlhkosti, který přijme horninový vzorek za atmosférického tlaku po dobu nejméně 6 dní postupným namáčením v destilované vodě.

4.3.3. Propustnost hornin

Propustnost hornin pro vodu lze definovat jako schopnost horniny propouštět vodu působením tlakového spádu.

4.4. Mechanické vlastnosti hornin

Hlavní mechanickou vlastností stavebních materiálů je pevnost. Pevnost je odpor, který hornina klade, chceme-li oddělit její části. Pevnost hornin závisí na jejich čerstvosti, struktuře a textuře. Sleduje se zejména pevnost v tlaku (podle ČSN EN 1926 Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení pevnosti v tlaku), která představuje maximální sílu, která působením na danou plochu

způsobí porušení daného tělesa, a pevnost v tahu za ohybu (podle oborové normy ON 44 1114 Stanovení pevnosti hornin v tahu za ohybu). Pevností hornin v tahu za ohybu R_{pt0} se rozumí nejvyšší napětí v tažených vláknech, při kterém se zlomí zkušební těleso namáhané ohybem ve střední třetině vzdálenosti.

4.5. Technologické vlastnosti

Při aplikaci hornin jako obkladového materiálu je důležitou vlastností jejich leštitelnost. Zvýrazňuje hlavně barevnost kamene a prodlužuje jeho trvanlivost, neboť leštěním se dokončí uzavření přirozených pórů kamene.

Další technologickou vlastností je tvrdost, tj. odpor proti vnikání jiné hmoty. Její stupeň závisí na tvrdosti součástek, na struktuře, na pevnosti spojení zrn, velikosti, tvaru zrn a stupni čerstvosti).

Obrusnost znamená úbytek objemu zkoušeného tělíška v cm^3/cm^2 . Nízké hodnoty obrusnosti zaručuje velkou trvanlivost i při největším zatížení a bez ohledu na místo použití.

Opotřebitelnost je stupeň odolnosti proti nárazům a tření. Zjišťuje se ztrátou na hmotě při otlukové zkoušce nebo zkoušce obrusnosti. Tato vlastnost se uplatňuje zejména při zpracování, broušení a leštění hornin. Závisí na minerálním složení, tvrdosti, štěpnosti nebo lomnosti nerostů, pevnosti spojení zrn, na struktuře, textuře a čerstvosti horniny.

Mrazuvzdornost se hodnotí součinitelem mrazuvzdornosti, což je poměr pevnosti v tlaku vzorků zmrazovaných k pevnosti v tlaku vzorků referenčních – bez zmrazování (Pražáková, 2009).

Tab.3 Fyzikálně mechanické vlastnosti vybraných hornin dle ČSN 72 1800 Přírodní stavební kámen pro kamenické výrobky – Technické požadavky

sedimentární horniny klastické	Objemová hmotnost g.cm-3 minimální ČSN 721154	Nasákavost v % hmotnosti, maximální ČSN 721155	Pevnost v tlaku (vysušenéh o kamene) Mpa minimální ČSN 721163	Pevnost v tahu za ohybu ² , (vysušeného kamene) Mpa minimální ČSN 721164	Součinitel mrazuvzdornost i v tlaku (tahu za ohybu) ³ , po 25 cyklech minimální ČSN 721156
Hutný pískovec	2,5	5	40	5	0,75
Pórovitý pískovec, opuka	1,8	15	15	2	0,75

4.6. Fyzikální vlastnosti maletínského a mladějovského pískovce

Podle Šrámka (2003) fyzikální parametry maletínského a mladějovského pískovce odpovídají pevným až středně pevným horninám, které jsou srovnatelné kvality s pískovci hořického hřbetu. Tabulka 4 uvádí srovnání některých fyzikálních hodnot vzorků pískovců Hořického hřbetu a pískovců z Maletína a Mladějova.

Tab. 4 Fyzikální parametry pískovců dle Rybaříka (1994)

lokality	objemová hmotnost v g * cm ³	nasákavost v %	pevnost v tlaku po vysušení Mpa
Hořický hřbet	2,02	8,8	42,5
Maletín (lom)	2,01	9,2	42,3
Mladějov (lom)	1,89	8,1	49,7
Hořice (socha)	2,00	8,4	28,6
Maletín(socha)	1,89	14,0	26,7
Mladějov (socha)	1,85	13,6	21,4

Stanovené hodnoty nasákavosti, pokud jsou srovnávány s dnešními hodnotami stanovenými podle současných norem, jsou nižší. Z tabulky 2 při porovnání fyzikálních vlastností maletínského a mladějovského pískovce zjistíme, že objemová hmotnost mladějovského pískovce je nižší, ačkoli jeho pevnost v tlaku je o několik Mpa vyšší než u maletínského pískovce. Protože maletínský pískovec obsahuje vyšší podíl kaolinitu, který velmi snižuje pevnost a další významné vlastnosti pískovce, je zřejmé, že mladějovský pískovec má vyšší kvalitu pro zpracování a tedy i důvod, proč mu byla dávana přednost před křehkým a jemnějším maletínským pískovcem.

5. Degradace

Samotný výraz pochází z angličtiny z původního slova grade , který obecně znamená znehodnocení a to při dalším zkoumání dané oblasti například znehodnocení hornin na relativně malé částice a rozpuštěné látky. Ve stejném smyslu (zhoršování či znehodnocování materiálu) se používá (zejména v anglické literatuře) termín deteriorizace.

Výzkum degradace pískovců probíhá již více než sto let. Ve svém přehledu historie výzkumu zvětrávání pískovce Turkingtonová a Paradise (2005) uvádějí, že první podrobnější pozorování pocházejí od Stephense z roku (1837) a Burtona (1879). Až do 30. let 20. století se výzkum opíral povětšinou jen o terénní, většinou geomorfologická pozorování na rozsáhlejších výchozech a skalních útvarech a převažující názory jednotlivých vědců na důležitost jednotlivých příčin zvětrávání se v průběhu let značně měnily . I když např. Dana vyslovil předpoklad, že největší vliv na degradaci hornin má oslunění už v roce 1849, trvalo přes 80 let, než na základě laboratorních

zkoušek tuto teorii zpochybnil Blackwelder (1933). Jen o něco později zjistil Griggs (1936), že vliv teploty je nevýznamný jen pokud hornina nepřijme vodu, jejíž přítomnost naopak drasticky zvýší rychlost zvětrávání. V pozdějších letech se problematice změn teploty horniny ve vztahu k přítomnosti či dostupnosti vody zabýval např. Peel (1974). Role samotných změn teploty vyvolaných slunečním zářením byla po většinu dvacátého století považována za nepodstatnou, i když např. McGreevy (1985) prokázal, že insolace může způsobovat oddělování klastů od základní hmoty pískovce.

Obdobně se vyvíjely názory na příčiny vzniku jedné z nejvýraznějších forem zvětrávání pískovce – voštin (anglicky stonelace nebo tafoni). Teorie, přisuzující jejich vznik jediné příčině (eolická abraze) byly postupně nahrazovány teoriemi spatřujícími vývin těchto zvětrávacích tvarů jako výsledek celé řady spolupůsobících činitelů, resp. procesů. Ve většině těchto teorií byla přisuzována klíčová role působení solí, resp. jejich krystalizaci a hydrataci. Až Martini (1978) ukázal, že voštiny mohou vznikat různými procesy či kombinacemi procesů, v nichž zvětrávání působením solí nemusí být dominantní.

V současném výzkumu zvětrávání pískovců získává podle Turkingtonové a Paradise (2005) význam redukcionistický přístup. Podle definice je redukcionismus postup, který se snaží vysvětlit složité skutečnosti převedením na jednoduché, zejména rozkladem na části a tvrzením, že celek není „nic než“ soubor částí. Redukcionistický přístup je v tomto případě ovšem založen nejen na popisování a detailní charakterizaci zvětrávacích forem, ale hlavně na simulaci jednotlivých fyzikálních či chemických procesů – zejména těch, kterými se zkoumá vliv teplotních změn (Goudie 1974) a působení solí (Goudie a Viles 1997).

5.1. Procesy degradace pískovce používaného na památkách

Pískovce jsou měkké a dobře opracovatelné, avšak z důvodu menší soudržnosti obecně snadno náchylné ke zvětrávání a degradaci vlivem povětrnosti. Degradace pískovcového kamene je spojena s mnoha faktory. Podílí se na ní fyzikální a chemické procesy, které jsou dále doprovázeny biodegradací. Vlivem těchto procesů dochází ke změně mechanických, fyzikálních, chemických a estetických vlastností horniny. Důležitou predispozicí pro procesy degradace jsou pórovitost a vlhkost.

Stupeň degradace při hodnocení kvality stavebního kamene se zpravidla zjišťuje makroskopickou klasifikací podle obsahu čerstvých minerálních zrn a podle toho, zda se zrna vzájemně dotýkají. Stupeň degradace nebo-li stupeň zvětrávání lze též vyjádřit indexem zvětrávání $/Z$.

$$/Z = (H_z - H_v) / H_v$$

Kde: ***H_z*** – vlastnost zdravé horniny (např. objemová hmotnost nebo pevnost)

H_v – vlastnost zvětralé horniny

(podle Marešové, 2006)

Faktory, ovlivňující degradaci kamene lze rozdělit na vnitřní (litologie) a vnější (klíma, orientace vůči světovým stranám, denní a sezónní změny teploty, vlhkostní poměry, antropogenní vlivy – solení komunikací, znečištění ovzduší, kyselá dešť apod.). Tyto faktory sice prakticky vždy působí současně, ale v následujícím textu se budu věnovat každému jednotlivě.

5.2. Vnitřní faktory

Mezi vnitřní faktory deteriorizace kamene patří především minerální složení horniny a její mikrostruktura. Pokud jde o pískovce, jejich hlavní klastická složka, křemen, je velmi odolná, což dává celkově velmi vysokou odolnost všem křemenným pískovcům s výjimkou těch, které mají karbonátový tmel či významně zvýšený podíl živců (arkózové pískovce) a/nebo jílových minerálů. Mimo celkové množství jílových minerálů v základní hmotě rozhoduje o trvanlivosti pískovce také druh jílových minerálů, tj. zda jde o expandující (smektity), nebo kaolinit či illit. Největší negativní vliv na odolnost vůči degradaci mají pískovce s karbonátovým tmelem, neboť ten mohou rozpouštět v městském prostředí kyselá srážka, v zemědělské krajině zase oxid uhličitý absorbovaný ze vzduchu srážkovou vodou (Tümer 2003). Křemité pískovce neobsahující karbonáty jsou vůči síranové korozi velmi odolné, ale jejich působení se negativně projevuje tvorbou barevných skvrn – šedých či šedavě hnědých sádrovcových výkvětů, u pískovců s vyšším podílem minerálů železa hnědých až rezavých (obr.38). Na rozdíl od vápenců či mramorů tyto tmavé („špinavé“) povlaky vznikají spíše na místech vystavených dešti, než na před deštěm chráněných (Tümer 2003). Druhým nejvýznamnějším vnitřním faktorem je porozita pískovců. Ta se běžně pohybuje mezi 5 a 35 obj. %. Nasákavost horniny kromě vlastní porozity (čili %-ního podílu pórů na celkovém objemu horniny) ovlivňuje i rozdělení jejich velikostí. Klasifikace pórů používaná v petrografii a hydrogeologii (Pazdro, 1983) vyděluje: přechodné (transitivní) póry (10^{-8} – 10^{-7} m), submakropóry (10^{-7} – 10^{-6} m), skutečné makropóry (10^{-6} – 10^{-4} m), kapilární póry ($>10^{-4}$ m). Často bývá zdůrazňován význam objemu přechodných pórů ($<10^{-7}$ m) - Meng (1993), Alfes (1994), které nejvíce ovlivňují vlhkostní expanzi pískovce (Turkingtonová, Paradoxe 2005). Množství, propojenost a velikost pórů jsou určující pro odolnost hornin vůči působení krystalujících solí a korozi kyselými složkami vzdušného aerosolu.

Dalším vnitřním faktorem, způsobujícím objemové změny pískovce může být tepelná roztažnost minerálů tvořících pískovec – například křemen má mezi 20 a 100 °C koeficient objemové roztažnosti 0,36 (Turkingtonová, Paradoxe 2005).

5.3. Vnější faktory

5.3.1. Teplotní změny, insolace

Teplotní změny v kameni mohou nastávat především vlivem oslunění (insolace), kdy sluneční energie během světlé části dne památku (sochu, budovu nebo jejich části) zahřívá, a to někdy i na velmi vysokou teplotu, naopak v noci teplota klesá až o několik desítek stupňů Celsia. Teplotní interval denních změn záleží přitom nejen na ročním období, ale i na zeměpisné šířce a především orientaci degradující plochy vůči světovým stranám i její sklon. Nezanedbatelný vliv má i barva horniny – nejen ta původní, ale zejména ta, vzniklá postupující degradací (sádrovcové inkrustace, dehtovité depozity, tmavě hnědé povlaky redistribuovaných oxidických minerálů Fe).

V důsledku roztahování hmot teplem a jejich smršťování chladem dochází v důsledku špatné tepelné vodivosti hornin, které památku vytváří, k napětí mezi povrchovými částmi horniny a jejich jádry.

Dochází ke vzniku drobných trhlin na pískovcových površích a v několikerém případě může docházet k odlučování tenkých slupek této horniny, tento proces odlupování se nazývá deskvamace nebo též obvodové šupinovatění (contour scaling) – viz např. obr.54.

5.3.2 Působení mrazu (kongelifrakce)

Krystalizační tlak vody mrznoucí v mikroskopických trhlinách zdí a povrchů tvořených pískovcem patří bezesporu v našich zeměpisných šířkách a vnitrozemském klimatu k nejintenzivněji působícím činitelům degradace pískovců. Mrazové škody ovšem vznikají pouze na těch částech budovy, které mohou promrznout tehdy, když jsou velmi vlhké. Proto se mrazové poškození objevuje na budovách většinou jen do té výše nad zemí, kam až může dosáhnout prosakování vody ze základů stavby, popř. rozstřikováním vody z okolních ploch (odrazem deště, rozstřikováním koly okoljoudoucích vozidel). Mrznoucí voda zvětšuje svůj objem, až se postupně začne trhlinka prostřednictvím krystalické síly zvětšovat a nakonec dojde k odlomení i větších kusů kamene (obr.53,54).

5.3.3. Degradace vlivem krystalizace solí

Voda vnikající do pískovce měla, zejména v důsledku znečištění srážek s rozpuštěnými plyny jako jsou oxidy dusíku a síry měly v druhé polovině 20. století silně kyselý charakter, takže rozpouštěla některé méně odolné minerály (karbonáty, živce aj.), čímž docházelo ke zvýšení pórovitosti těchto hornin a při vysychání ke krystalizaci solí z pórových roztoků. Dalším zdrojem solí v pórových

roztocích jsou posypové sole, používané v dřívějších dobách k odstraňování námrazy na komunikacích (NaCl, KCl, CaCl₂ aj.). V obou případech při růstu krystalů soli z roztoků dochází ke vzniku krystalizačních tlaků a pokud jsou tyto tlaky vyšší než kohezní síly, poutají k sobě zrna pískovce, dochází ke vzniku trhlinek, což dále zesiluje pronikání vody i solí dovnitř kamenného bloku, až dojde k oddrolování vnějších partií kamene – ať už po malých částech (tzv. práškovatění, v anglické literatuře označované jako soiling) – viz např. obr.43-45, 52, nebo v případě jinak predisponovaných bloků (trhliny související s vrstevnatostí – obr.53) po větších šupinách či klínových fragmentech (obr.51).

Ke krystalizačním cyklům (rozpuštění – rekrystalizace) může docházet nejen přímým smáčením kamene srážkami nebo kapilárně vztlínající vodou, ale i změnami relativní vlhkosti vzduchu a změnami teploty (Tümer 2003).

Mnohdy je obtížné odlišit od sebe degradaci působením mrazu a degradaci krystalizací solí, protože symptomy obou vypadají podobně, zvláště pokud jsou soli po odlomení šupiny deštěm vymyty. Na některých objektech v Olomouci, kde bylo použito maletínského pískovce na dveřní ostění nebo sloupy (obr.76, 77) se objevuje tzv. voštinovité zvětřávání (anglicky honeycombing, tafoni), jaké známě např. z českých skalních měst. Na to, jak tento typ zvětřavacích forem vzniká, není dosud jednotný názor, i když do jisté míry převládá domněnka, že jde o kombinaci procesů (Turkingtonová, Paradise 2005).

5.3.4. Degradace vlivem bobtnání

K tomuto druhu degradace dochází u hornin s jílovými minerály, které absorbují vodu a přitom zvětšují svůj objem, což může vyvolat objemové změny vedoucí až k rozrušení horniny. V anglicky psané literatuře bývá označována jako „hydric dilatation“. Al-Naddaf (2009) ovšem zjistil u pískovců chrámového komplexu v jordánské Petře, že proti této expanzi působí přítomnost solí (NaCl, KCl, Na₂SO₄ · 10H₂O), jejichž přítomnost může naopak vyvolat negativní dilataci (smrštění). Vzhledem k tomu, že expanze jednotlivých jílových minerálů při hydrataci je značně rozdílná, záleží nejen na jejich množství v hornině, ale i na druhu. Největší expanzi vykazuje Na-montmorillonit (bentonit) – o 1400-1600%, dále Ca-montmorillonit - o 45-185%, illit - o 15-120% a nejmenší kaolinit – o 5-60%.

5.3.5. Inkrustační zvětřávání

Tento typ zvětřávání se v anglické literatuře označuje jako „case hardening“ (Turkingtonová, Paradoxe 2005) – proto, že při něm dochází k vytváření relativně pevných krust víceméně nerozpustných minerálů, přičemž tyto krusty silně omezují „dýchání“ kamene, takže zadržují pod

sebou vodu i soli. Postupně se pod nimi velmi zintenzivňují všechny již zmíněné chemické i fyzikální jevy – rozpouštění základní hmoty pískovce, krystalizace solí i ledu, ba dokonce i působení teplotních změn (to proto, že zejména sádrovcové krusty mívají tmavou barvu od přichycených částeczek prachu a sazí). Působením zmíněných faktorů se významně zvětšuje porozita horniny pod krustou, dochází k jejímu práškovatění (obr.52). A až dojde k odloupení krusty (obr.46), zvětrávání a degradace čerstvě obnaženého povrchu je mnohonásobně rychlejší, než u téže horniny, na níž krusta nevznikla. Podobný jev vzniká, je-li kámen přetřen tenkou vrstvou cementového potěru – jako příklad uvádím bok schodiště na JZ straně olomoucké radnice (obr.47) či rok Krajinské lékárny (Horní náměstí č.p. 10 – viz obr.48).

5.3.6. Degradace vlivem sloučenin železa

Nejjednodušším procesem, který způsobuje rozpad u většiny hornin je oxidace sloučenin železa. Oxidace nastává působením vzdušného kyslíku, který se rozpouští ve vodě obsažené v pórech horniny a tím se roztok stává reaktivní s oxidačním potenciálem. I při neutrálním pH vody je oxidační potenciál dostatečný, aby zoxidoval Fe^{2+} na Fe^{3+} , Tento proces pozorujeme v povrchové vrstvě nebo v puklinách jako jev tzv. limonitizace, který narušuje kompaktnost horniny a způsobuje rychlejší degradaci materiálu, kde se utváří (Rovnaníková 2002).

5.3.7. Biodegradace, biokoroze

Sem patří jednak působení flóry, jednak fauny. Každý povrch pískovcového kamene je kolonizován značným počtem bakterií, nichž které mohou využívat některé minerály jako zdroj energie pro svou existenci (např. *Thiobacillus ferrooxidans*) a produkovat přitom metabolity, které horninu narušují.

Totéž platí i o vyšších organismech, jako jsou plísně a řasy (obr.68 – 70), které taky za účelem získání živin rozpouštějí svými metabolity (např. kyselina aspergová, jablečná, citrónová). Vyšší rostliny mohou kolonizovat památky a pronikat svými kořínky či stélkami do svrchních partií kamene a rozrušovat jej jak chemicky, tak fyzikálně – zvětšováním velikostí kořínků.

Zvláštní kapitolou biodegradace je **degradace vlivem holubího trusu**. Silná reakce deštěm rozmývaného trusu rozrušuje horninu (pískovec) a umožňuje jeho další následnou destrukci zvětráváním (obr.56). Vlhkost, která se drží v centimetrových vrstvách trusu uvolňuje kyseliny, které po dlouhodobém působení mohou narušit horninu až pod mez její potřebné pevnosti.

Průměrná roční produkce holuba činí cca 2,5 kg trusu za rok (Rodl, 1997).

5.3.8. Degradální procesy způsobované člověkem

Jedná se především o časté a nešetrné restaurátorské zásahy, kterými jsou například čištění památek louhem, vápenným hydrátem a vápennou vodou a natírání zdiva Kesslerovými fluáty.

Fluáty jsou soli kyseliny hexafluorokřemičité. Mezi nejběžnější patří hexafluorokřemičitan hořečnatý, zinečnatý, olovnatý a hlinitý. Použití fluátů je založené na jejich reakci s uhličitanem vápenatým za vzniku nerozpustného fluoridu a křemičitého gelu. Obecně dosahují fluáty malé hloubky penetrace, a proto hrozí nebezpečí vzniku tvrdé a nerozpustné vrstvy, která může zapříčinit poškození povrchu kamene. U pískovců bez vápnité složky se však použít nedají.

Olejové nátěry na památkách dobře odolávají vlhkosti, v alkalickém prostředí zmýdelňují, tedy měknou a ztrácejí svoje mechanické vlastnosti. Vápenné nátěry jsou dobře propustné pro vodu a vodní páry, protože netvoří souvislý, nepropustný film. Jsou však málo odolné kyselým látkám (kyselé plyny ze vzduchu včetně oxidu uhličitého), které uhličitan vápenatý převádí na rozpustnější soli - sírany, dusičnany apod. , jež jsou srážkovou vodou odplavovány. Je-li vápenný nátěr použit na porézní horninu, část těchto solí (korozních produktů) proniká do porézního systému, kde mohou být zdrojem výkvětů, a tím pádem mohou podporovat degradaci horniny.

5.3.9. Porovnání stupně degradace na historických objektech Olomoucka

Největší množství degradace pískovce se nachází na objektech, kdy byl maletínský pískovec využit jako obkladový materiál. Degradace probíhá hlavně ve spodních částech objektů vlivem působení solí, ze zimního solení a solí, obsažených v holubím trusu. Tento způsob degradace můžeme dokumentovat na objektech např. na Horním náměstí č.p.10, 11, na ulici 1.máje č.p.3 , 32, na Michalské ulici č.p.3, na ulici Purkrabské č.p.8 aj.

Další viditelnou degradací památek a historických objektů je Fe zvětrávání a tvorba Fe konkréci, po kterých, když se uvolní a vypadnou z pískovce, zůstávají otvory, které památku znehodnocují.

Takové konkrece lze dokumentovat na objektech, jakými jsou budovy na ulici 8.května č.p.7 a 12, ale také na sloupu na Žerotínově náměstí a na obkladových částech kostela Panny Marie Sněžné.

V neposlední řadě jsou viditelnou degradací památek dřívější, ne příliš stylové, restaurátorské zásahy, kdy objekty zhotovené z pískovce mají rozpuštěné a odpadané své části, takový způsob degradace lze dokumentovat například na sochách u kostela sv. Michala na Žerotínově náměstí nebo na částech Morového sloupu na Dolním náměstí.

6. LABORATORNÍ STUDIUM S VYUŽITÍM ANALYTICKÝCH METOD

6.1. Metodika prací

6.1.1. Odběr vzorků

Větší množství vzorků maletínského a mladějovského pískovce jsem odebrala hlavně na zdrojové lokalitě obou těchto pískovců a to v lomech v Mladějově a v lomech Iveta u Starého Maletína. Také jsem odebrala vzorky železitých „broků“ v lomu Iveta – Starý Maletín.

Další vzorky, které byly odebrány pro dokumentaci degradace byly odebrány ve městě Olomouc a to z míst :

- Armádní dům (2 vzorky) (obr.43, 44)
- Horní náměstí z budov č.p. 10 a 11 (2 vzorky) (obr.53, 54)
- Vlastivědné muzeum (obklad zdiva, který byl již měněn) (obr.80)

Odběr vzorků z památek nebyl zcela možný, jelikož památky města Olomouce jsou přísně chráněny a v současné době na žádné neprobíhala rozsáhlejší rekonstrukce, kde by bylo možné odebrat nějaké množství vzorků k bližšímu zkoumání. Bližší charakteristice těchto vzorků, a to hlavně vzorků z pískovce maletínského, jelikož mladějovský pískovec byl použit hlavně na tvorbu soch, které jsou chráněny, budou věnovány následující kapitoly.

6.1.2. Zkoumání nábrusů a výbrusů pomocí optického polarizačního mikroskopu

Ze vzorků z odebraných lokalit jsem vytvořila výbrusy VS1, VS2, VS3, VS4, VS5, VS6, VS7, VS8, které jsem následně zkoumala a určovala minerální složení vzorků na optickém polarizačním mikroskopu Olympus BX 41 na pracovišti katedry geologie Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci.

6.1.3 Vyhodnocování chemického složení pomocí elektronové mikrosondy

Po prozkoumání pomocí optického polarizačního mikroskopu jsem zhotovila fotografickou dokumentaci zajímavých míst výbrusů na mikroskopu Olympus s fotografickým zařízením téže značky. Na výbrusy se nanasla tenká vrstva grafitu, protože vzorky musí být elektricky vodivé. Vybraná místa (těžké minerály, tmel, pojivo a další) byla následně analyzována na elektronové mikrosondě CAMECA SX100 v laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy Ústavu geologických věd na přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Analýzy byly provedeny vlnově disperzní metodou a získaná data byla korigována pomocí procedury PAP. Jako standardy byly použity syntetické faze a dobře definované přírodní minerály. Minerály byly analyzovány při urychlovacím napětí 15 kV, proudu svazku 10 - 20 nA a průměru svazku 5 μm (fylosilikáty, živce, slídy, jílové minerály), 3 μm (hydroxyoxidy Fe) a 1 μm (minerály Ti).

6.1.4. Určování velikosti a množství pórů pomocí rtuťové tlakové porozimetrie

Zkoumání rozdělení velikosti pórů bylo provedeno pomocí rtuťového tlakového porozimetru Carlo Erba 2000 ve Výzkumném ústavu stavebních hmot v Brně, a to u vzorku odebraného z lomu u Starého Maletína a ze vzorku z Vlastivědného muzea.

6.1.5. Stanovování fyzikálních parametrů

Při stanovování fyzikálních parametrů odebraných vzorků pískovce jsem se soustředila na určování objemových hmotností a nasákavosti. Při stanovení objemové hmotnosti, kterou jsem určovala na vzorku pískovce odebraného z Vlastivědného muzea jsem nejprve vzorek zvážila za sucha, ponořila jsem ho na 24 hodin do vody, kdy voda po tu dobu zaplnila veškeré póry a otvory tohoto pískovce. Po 24 hodinách jsem do kádinky o určitém množství vody ponořila tento vzorek s již zaplněnými póry a sledovala, jaké množství vody pískovec svou vahou vytlačí. Následně jsem z naměřených hodnot provedla výpočet objemové hmotnosti.

Při určování nasákavosti pískovce jsem použila vzorky odebrané z Vlastivědného muzea, kdy jsem pro srovnání využila 2 metody stanovování nasákavosti (po 2 hodinách vaření ve vodě a po 24 hodinách ponoření ve vodě). Nejprve jsem oba vzorky zvážila za sucha, po využití obou metod jsem vzorky zvážila po nasáknutí a provedla výpočet nasákavosti dle získaných hodnot a převedla na hmotnostní procenta.

6.1.6. Stanovování množství solí v hornině

Pro určování solí obsažených v pískovci jsem si vybrala vzorky pískovců odebraných v centru města Olomouc a vzorek, který jsem před stanovováním naložila do vlhkého holubího trusu na dobu 8 měsíců. Z každého vzorku jsem oddělila určité množství pískovce, které jsem rozdrtila na drobné kousky a následně je zvážila a zavedla do odměrných kádinek, do kterých jsem přilila destilovanou vodu. Všechny vzorky jsem za stálé teploty vařila 1 hodinu a posléze jsem vzorky přefiltrovala přes filtrační papír, který jsem s daným množstvím jemné frakce vysušila a poslala na další analýzu. Množství přefiltrované destilované vody s obsaženými solemi jsem dále zahřívala a odpařovala až na minimální množství, které jsem dále přenesla na sklíčka a vložila do elektrické pece, kde se zbývající množství vody vysušilo. Po vysušení jsem získané množství solí ze sklíček přenesla na váhu a přepočítala na hmotnostní procenta.

6.2. Výsledky zkoumání nábrusů a výbrusů

Pomocí optického polarizačního mikroskopu a pomocí elektronové mikrosondy byly zkoumány výbrusy a nábrusy zhotovené ze vzorků

VS1 – Armádní dům

VS3 – Armádní dům

VS2 – Horní náměstí č.p.11 (obr.54)

VS4 – Horní náměstí č.p.10 (obr.48)

VS5 – vzorek z lomu v Maletíně

VS6 – vzorek z lomu v Maletíne bez rezavého „broku“

VS7 – vzorek z lomu v Maletíně s rezavým „brokem“

6.2.1 Makropetrografický popis

Zkoumané vzorky maletínského pískovce mají většinou světle žlutohnědou barvy, místy s tónem do rezava od zvýšené příměsi minerálů trojmocného železa.. Zbarvení je někdy homogenní (vzorek VS5), častěji však nehomogenní (VS7 – obr.13), nejčastěji šmouhovité (obr.10) nebo v pásčích (obr.9) Pískovec je nejčastěji jemnozrný, v lomu jsem však nalezla i vyvětralé úlomky hrubozrnějších partií, včetně slepencovitých s křemennými valounky i přes 1 cm v průměru (obr.14). Vzácně se mezi materiálem psefitické frakce kromě zaoblených a polozaoblených zrn křemene objevují i drobné limonitové konkrece či větší zrna křemene s povlakem podobným tzv. pouštnímu laku (hydroxyoxydy Fe a Mn).

6.2.2 Mikropetrografický popis

Hlavní složkou studovaných pískovců je křemen. Převažují poloostrohranná zrna, jejich velikost se pohybuje od setin mm po 0,4 mm. U vzorku VS6 (pískovec z maletínského lomu) jsem na snímcích z elektronové mikrosondy proměřila velikost zrn křemene pomocí programu na obrazovou analýzu SigmaScan. Velikosti jednotlivých zrn (Feretův průměr) byly programem přepočteny na objemy a z těch jsem vypočítala celkové objemy všech částic v jednotlivých třídách podle běžné zrnitostní klasifikace (hrubý prach, jemnozrný písek, střednozrný písek) a z nich vypočetla objemové zastoupení těchto zrnitostních tříd. Celkem bylo započítáno 422 zrn. Výsledky jsou uvedeny v Tab.5

Tab. 5: Objemové zastoupení jednotlivých zrnitostních tříd v maletínském pískovci

střednozrný písek (>250 μm)	19%
jemnozrný písek (63-250 μm)	67%
hrubý prach (32-63 μm)	15%

Klastická složka maletínského pískovce je kromě křemene tvořena ještě K- živcem (obr. 21) a muskovitickou slídou se zvýšeným obsahem seladonitové složky (obr. 21, 23); akcesoricky je přítomen rutil (obr. 25, ilmenit (obr. 23 a 25) a zirkon. Z rudních minerálů jsem našla hematit a hydroxyoxidy Fe, ojediněle pyrit. Pojivo maletínského pískovce je kaolinit-křemičité. Částice SiO_2 mají podle snímků z elektronové mikrosondy velikost okolo 1 mikrometru (viz např. dolní část mezizrné výplně na obr. 22). Spolu s nimi jsou v pojivu přítomny i částice oxidů Fe o podobné velikosti, které se v obraze ve zpětně odražených elektronech jeví světle šedé (obr. 22); místy tvoří i větší zrna (bílé útvary na obr. 20). Výbrus s kulovitým útvarem „broku“ je rezavě hnědé barvy a je tvořen pískovcovou matricí s významným podílem minerálů železa. V samotném „broku“ nebyly nalezeny žádné relikt pyritu, které by ukazovaly na jejich vznik z tohoto minerálu. Jsou tvořeny směsí oxidů a hydroxidů Fe.

K jednotlivým minerálům

Křemen SiO_2 - (obr. 20)

Tvoří klastická zrna, nepravidelně omezená, většinou ostrohranná či jen slabě polozaoblená, bezbarvá, s undulózním zhášením. Zrna křemene jsou rovnoměrně rozmístěna, velikostí a zastoupením převyšující ostatní složky. Z obr. 20 je patrné, že klastická zrna křemene byla v průběhu silicifikace obrůstána a dorůstána, takže tvoří místní shluky spojených zrn.

K- živec $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Klastická zrna tvoří nepravidelné úlomky, ostrohranně omezené, někdy rozpukané (obr. 23), bezbarvé. Nízký stupeň jeho zaoblení ukazuje na krátký transport. Chemická analýza je uvedena v Tab.6. Z jejího přepočtu na koncové členy vyplývá, že je tvořen 91% ortoklasové, 9% albitové složky.

Tab.6: Chemické složení K-živce

Oxid	Obsahy oxidů v hm. %	Prvek	A.p.f.u. na 8 kyslíků
SiO ₂	64,66	Si	3,000
Al ₂ O ₃	18,48	Al	1,010
FeO	0,09	Fe(ii)	0,004
CaO	0	Ca	0
Na ₂ O	0,99	Na	0,089
K ₂ O	14,72	K	0,871
BaO	0	Ba	0
SrO	0	Sr	0
Suma	98,94	Suma	4,974
		An	0
		Ab	9,2
		Or	90,8

Slídy. Detritická zrna světlé slídy tvoří většinou lištovité průřezy (obr. 24), často na konci podél štěpných trhlin vějířovitě rozevřené (obr. 23). Bodové analýzy (Tab.6) na elektronové mikrosondě ukázaly, že jde o fengitickou slídu, tj. slídu se zvýšeným podílem celadonitové složky.

Ve skupině muskovitu jsou známy tři koncové složky:

- $KAl_2[AlSi_3]O_{10}(OH)_2$: muskovit
- $K[MgAl][Si_4]O_{10}(OH)_2$: Mg-Al-celadonit
- $K[FeAl][Si_4]O_{10}(OH)_2$: Fe-Al-celadonit

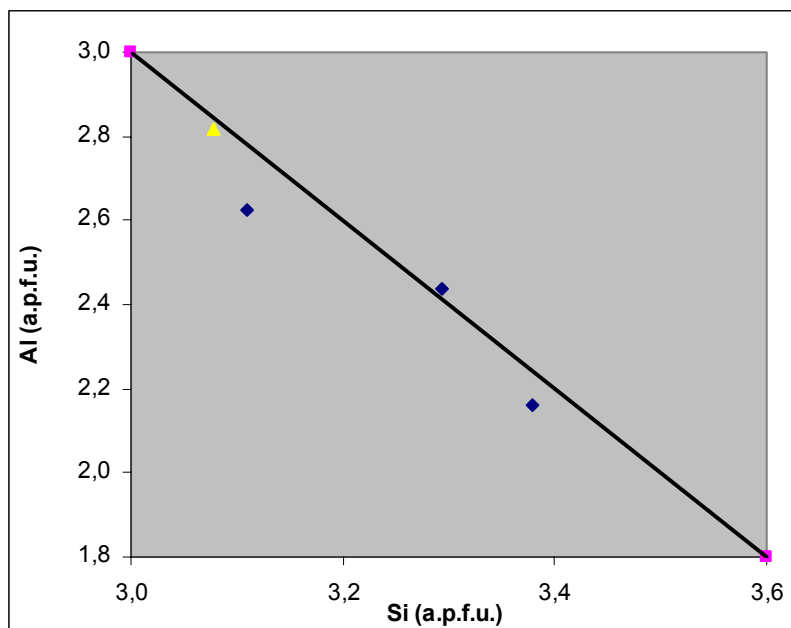
U muskovitu je důležitá tzv. **Tschermakova substituce $2Al \leftrightarrow MgSi$** . Vede k celadonitovým koncovým členům, přičemž přechodné stádium se nazývá fengity. Fengity s vysokým obsahem celadonitové složky vznikají za vysokých tlaků a nízkých teplot a mohou být významným indikátorem tlaku. Zastoupení seladonitové složky se zjišťuje přes obsah Si – v čistém muskovitu činí 3 apfu, v celadonitem nejbohatších fengitech až 3,9 apfu.

Podle výsledků bodových mikroanalýz (Tab.7) jde ve třech případech o aluminoceladonit nebo ferroaluminoceladonit, v jednom případě o muskovit.

Tab. 7: Bodové analýzy slíd z maletínského pískovce a jejich přepočet na atomové kvocienty

Popis	LV M1 fengit z obr. 23	LV M1 fengit z obr. 21, b. 26	LV M1 fengit z obr. 21, b. 27	LV M1 muskovit z obr. 24
SiO ₂	45,49	47,40	49,26	45,71
TiO ₂	0,64	0,26	0,10	0,06
Al ₂ O ₃	32,57	29,79	26,75	35,51
FeO	3,29	1,98	4,72	0,88
MgO	0,92	1,77	2,56	0,79
Na ₂ O	0,54	0,27	0,29	0,64
K ₂ O	10,35	9,07	9,85	10,03
BaO	0,46	0,23	0,18	0,35
F	0,17	0,21	0,14	0,12
Cl	0	0,03	0	0
Total	94,42	91,02	93,84	94,09
Strukturní vzorec – přepočet na 11 kyslíků				
Si	3,11	3,29	3,38	3,08
Ti	0,03	0,01	0,01	0,00
Al	2,62	2,44	2,16	2,82
Fe	0,19	0,12	0,27	0,05
Mg	0,09	0,18	0,26	0,08
Na	0,07	0,04	0,04	0,08
K	0,90	0,80	0,86	0,86
Ba	0,01	0,01	0,00	0,01
F	0,04	0,05	0,03	0,02
Cl	0,0	0,0	0,0	0,0
Suma kat.	7,07	6,94	7,01	7,01
Suma kyslíků	11,00	11,00	11,00	11,00

Přítomnost celadonitové složky ve zkoumaných slídách dokládá i graf vztahu Al vs. Si (viz. Obr.), na němž průměty všech analýz padají blízko k čáře, vyznačující Tschermakovu substituci $2Al \Leftrightarrow MgSi$.



Obr. 6 Graf vztahu Si a Al (v hodnotách apfu na 11 kyslíků) ve fengitu (modré kosočtverce) a muskobitu (žlutý bod); přímka vyznačuje ideální Tschermakovu substituci.

Rutil TiO_2 , **ilmenit** FeTiO_3 se vyskytují akcesoricky. Tvoří drobná zrna podobné velikosti jako mají zrna kžemene. Jsou alotriomorfně omezené, opakní. Chemické analýzy z elektronové mikrosondy jsou uvedeny v Tab.8.

Tab. 8 – Chemické složení minerálů Ti

Bod	18 / 1 .	19 / 1 .	25 / 1 .
Popis	LV M1alter.ilm	LV M1 Tiox	LV M1 ilmenit
FeO	21,11	0,69	34,47
MnO	1,11	0	7,45
TiO ₂	70,06	93,57	56,03
MgO	0,37	0,08	0,09
Al ₂ O ₃	0,53	1,38	0,11
SiO ₂	0,60	2,85	0,17
CaO	0,30	0,30	0,07
Suma	94,09	98,87	98,37

Kaolinit $\text{Al}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}$ tvoří spolu s autigenním (?) SiO_2 pojivo, které má charakter dotykový až výplňový. Chemické složení, zjištěné pomocí elektronové mikrosondy, je uvedeno v Tab.9

Bodové mikroanalýzy kaolinitu Tab. 9

Bod	20 / 1 .	21 / 1 .	22 / 1 .	Teoretické složení Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Popis	LV M1 kaolinit u zir	LV M1 kaolinit vypln	LV M1 kaolinit vypln	
FeO	0,80	0,95	0,63	
MgO	0,27	0	0,17	
Al ₂ O ₃	29,81	28,00	38,45	39,5
SiO ₂	41,15	39,14	47,16	46,55
CaO	0,50	0,64	0,1	
K ₂ O	0,60	0,58	0,27	
Na ₂ O	0,17	0	0,10	
Rozdíl do 100%	26,71	30,7	13,12	13,96
Suma	99,99	100,01	100,00	100,01

Pozn.: nízké sumy u prvních dvou analýz jsou způsobeny "naředěním" kaolinitového agregátu epoxidovou pryskyřicí, u třetí analýzy odpovídá rozdíl mezi sumou analyzovaných oxidů a 100% teoretickému množství vody

Hydroxyoxidy Fe (goethit α -Fe³⁺O(OH)) Tab.10 (foto č.33)

V obou zkoumaných Fe konkracích (peletách, brocích) je převažujícím minerálem hydroxyoxid Fe, patrně goethit. V menší peletě má jejich agregát převážně kolomorfní stavbu se střídáním světlejších a tmavších partií (při zobrazení ve zpětně odražených elektronech). Světlejší fáze se vyznačuje vyšším obsahem Fe a menší příměsí SiO₂; vyloučena není ani přítomnost jemně vtroušeného hematitu, která by vysvětlovala sumu analýzy přesahující 100% (bod 8 na obr. 27).

tab. 10 Chemické složení hydroxyoxidů Fe

Obr / bod	27/ 9 .	27/ 10 .	28 / 7 .	28 / 8 .
Popis	malá kulička tm. Fáze	malá kulička sv. fáze	větší kulička hex xtal	větší kulička hex xtal sv fáze
FeOOH ^{*)}	91,95	95,27	96,61	98,94
MnO	0,60	0,36	0,08	0
NiO	0	0,17	0,00	0
MgO	0,05	0	0,21	0,37
Al ₂ O ₃	0,00	0	0,33	0,29
SiO ₂	4,6	2,2	3,24	2,72
CaO	0,1	0,1	0,06	0,13
Suma	97,29	98,07	100,52	102,45

Pyrit FeS₂

Z minerálů Fe se dále vyskytuje pyrit v podobě nepravidelných zrn, vzácně krychlových krystalů. Někdy bývá lemován produkty své přeměny – sírany Fe.

Glaukonit

V části vzorků, odebraných z olomouckých památek (zejm. z budovy Krajského vojenského velitelství a budovy bývalého jezuitského konviktu byl nalezen hydratovaný silikát ze skupiny dioktaedrických slíd, glaukonit $(K,Na)(Fe^{3+},Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$, a to v podobě nápadných tmavě zelených zaoblených zrn o velikosti 0.X – 1 mm (obr. 34 – 36, 38). Jedná se o autigenní minerál, který většinou vzniká v mořském prostředí ve slabě redukčních podmínkách při pomalé sedimentaci. Běžný je v glaukonitových pískovcích a písčitých slínech české křídové tabule. Z okolí Maletína je popsán jako složka pískovců, vyskytujících se v bezprostředním nadloží sladkovodního až brakického maletínského pískovce s.s. Chemické složení glaukonitu zjištěné elektronovou mikrosondou je uvedeno v Tab. 11.

Tab. 11: Chemické složení glaukonitu.

Bod	11 / 1 . LV s glaukonitem 1	12 / 1 . LV s glaukonitem 2	13 / 1 . LV s glaukonitem 3	16 / 1 . LV s glaukonitem 4
SiO ₂	52,59	54,81	53,05	50,70
TiO ₂	0	0,07	0,06	0
Al ₂ O ₃	6,97	10,25	8,77	7,20
Fe ₂ O ₃	22,95	19,27	20,51	25,11
MgO	4,19	4,16	3,95	4,39
CaO	0,41	0,74	0,48	0,31
Na ₂ O	0,27	0,21	0	0,11
K ₂ O	7,97	7,25	7,95	8,09
Cl	0,04	0,03	0,03	0
H ₂ O*)	4,23	4,35	4,23	4,24
Total	99,63	101,14	99,02	100,14
Si	3,72	3,74	3,74	3,61
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,58	0,82	0,73	0,60
FeIII	1,22	0,99	1,09	1,34
Mg	0,44	0,42	0,41	0,47

Ca	0,03	0,05	0,04	0,02
Na	0,04	0,03	0,00	0,01
K	0,72	0,63	0,71	0,73
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00
H	2,0	2,0	2,0	2,0
Suma kat.	8,76	8,67	8,71	8,80
Suma kyslíků	12,00	12,00	12,00	12,00

Strukturní vzorec – přepočten na 12 kyslíků

Tetraedrická vrstva ($\Sigma=4$)				
Si	3,72	3,74	3,74	3,61
^{IV} Al	0,28	0,26	0,26	0,39
Oktaedrická vrstva				
^{VI} Al	0,30	0,56	0,46	0,21
Fe	1,22	0,99	1,09	1,34
Mg	0,44	0,42	0,41	0,47
Σ oktaedr.	1,97	1,97	1,96	2,02

Mezivrstva

Ca	0,03	0,05	0,04	0,02
Na	0,04	0,03	0,00	0,01
K	0,72	0,63	0,71	0,73
Σ mezivrstvy	0,79	0,71	0,75	0,77

6.3 Studium degradovaných hornin z olomouckých objektů

Studium vzorků odebraných z některých olomouckých objektů ukázalo, že kromě maletínského pískovce s.s. byl ke stavbě těchto objektů použit i (snad také „maletínský“) nadložní glaukonitický pískovec, obsahující relativně pestřejší asociaci klastických minerálů - více živců (obr. 33), kromě muskovitu (obr. 37) i biotit (obr. 30). U jednoho vzorku (VS2 – odebrán z budovy č.p. 11 na Horním náměstí) je dokonce podezření, že byl vyspravován umělým pískovcem, neboť výbrus zastihl hranici mezi dvěma materiály – patrně maletínským pískovcem (horní část obr. 33) a umělým pískovcem, tvořeným zrny křemene, hojných živců, slíd a produktů hydratace hořečnatého cementu. Posledně jmenované hmoty se ovšem mohly do tohoto pískovce dostat rozpouštěním a vysrážením ze správkových hmot či cementového potěru.

Podle zkoumání těchto vzorků se ukazuje, že degradace pokračující degradací fylosilikátů (obr. 30), na níž se podle přítomnosti sodíku a chlóru podílí chlorid sodný (obr. 31).

6.4. Výsledky rtuťové tlakové porozimetrie

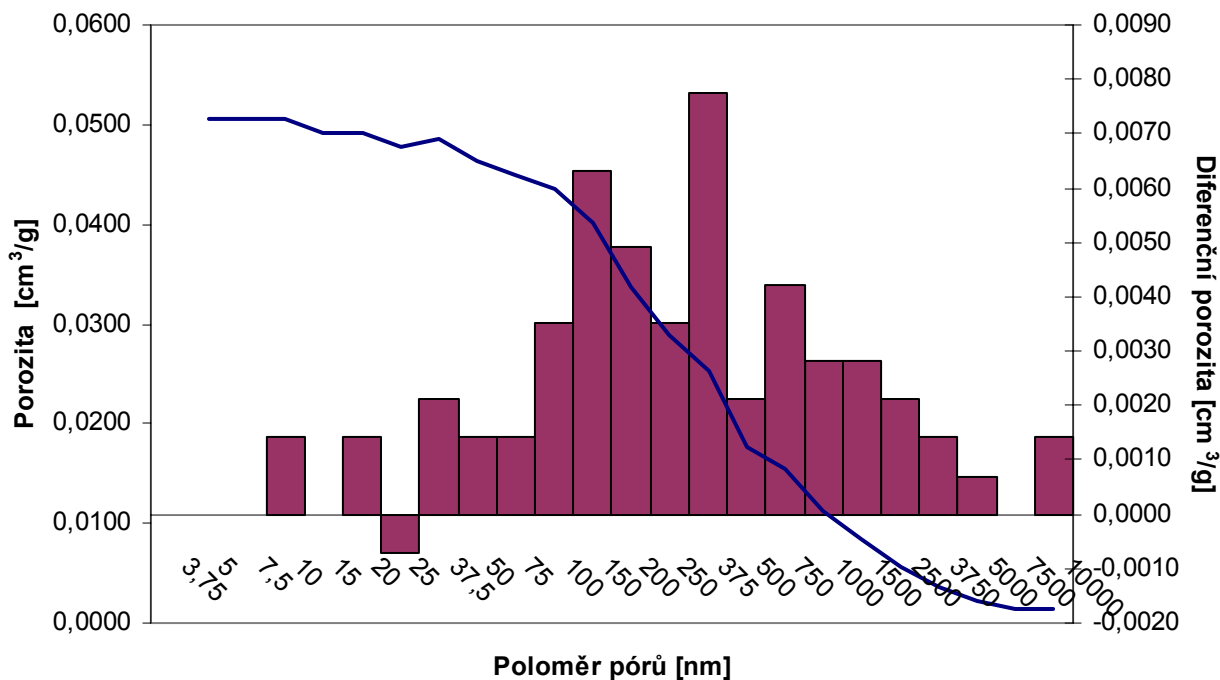
Metoda je využívána především při výzkumu přírodních surovin, keramických a stavebních materiálů, stupně narušení uměleckých památek a dalších pevných porézních látek v kusové nebo práškové formě. Je založena na jevu kapilární deprese projevující se tím, že při ponoření pevné porézní látky do rtuti, která ji nesmáčí, může rtuť vniknout do jejich pórů pouze účinkem vnějšího tlaku. Tento tlak musí být tím větší, čím užší póry mají být zaplněny.

Pro zkoušky rtuťové porozimetrie jsem použila dva vzorky maletínského pískovce, kdy jeden byl odebrán z lomu v Maletíně a druhý z obložení Vlastivědného muzea v Olomouci,

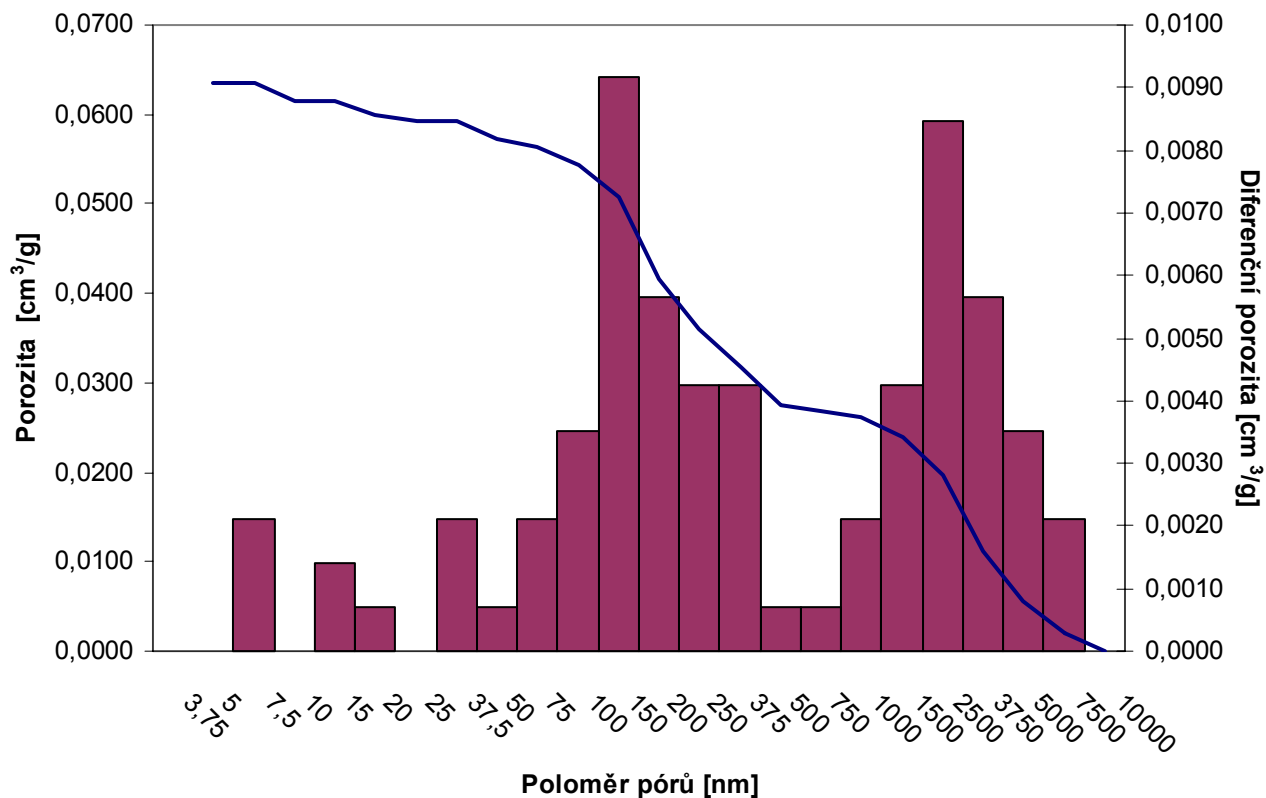
Tato zkouška pórovitosti by měla ukázat, jaké množství pórů a jakých velikostí se na daných vzorcích nachází. A z toho lze posoudit rychlost a hloubku pronikání roztoků do kamene.

Výsledky jsou prezentovány v grafické formě. Z příložených grafů vyplývá, že oba vzorky se od sebe poněkud liší distribucí velikosti pórů: u vzorku z maletínského lomu je výrazně bimodální, s jedním maximem ve velikostní třídě 100 – 150 nm (submakropóry) a druhým v třídě 1500 – 2500 nm (čili 1.5 – 2.5 μm , tj. skutečné makropóry). Zato u vzorku maletínského pískovce, odebraného z vyměňovaného obložení je distribuce velikostí pórů víceméně monomodální, se širokým maximem v oblasti 100 – 750 nm. Hodnota mediánu je u vzorku pískovce vystaveného městskému ovzduší (obklad budovy Vlastivědného muzea) 200 nm, zatímco u vzorku z lomu Iveta činí téměř dvojnásobek, 375 nm. Vzorky se rovněž liší objemem pórů v 1g horniny. Nelze samozřejmě vyloučit, že vzorky pocházejí z odlišných poloh či dokonce lomů a že pozorovaný rozdíl je primární, jako druhé možné vysvětlení se nabízí redistribuce velikosti pórů např. ucpáním submakropórů např. produkty rozpouštění materiálu klastů i pojiva, popř. solí z ovzduší a z okolní komunikace.

POROZIMETRIE - Vlastivědné muzeum



POROZIMETRIE - lom Maletín



Tab.12 Výsledky rtuťové porósimetrie

místo odběru	typ pískovce	medián (μm)	celkový objem pórů (cm ³ /g)	pod 0,1 μm (%)	0,1 – 1 μm (%)	nad 1 μm (%)
lom Iveta	maletínský	0,37	0,064	14	45	41
Vlastivědné muzeum	maletínský	0,20	0,051	14	64	22

6.5. Výsledky stanovování nasákavosti pískovce

Pro vzorky, které jsem odebrala na vybraných lokalitách v Olomouci, a které byly vystavené výraznému vlivu kyselých dešťů, emisím, zimnímu solení a nešetrným restaurátorským zásahům, jsem si vybrala stanovování vlhkosti – nasákavosti pískovců. Nasákavost je schopnost horniny přijímat do svých pórů kapalinu.

Dle ČSN 72 11 55 – je to poměr hmotnosti vody přijaté vzorkem k hmotnosti vysušeného kamene v hm. %.

Zkoumány:

2 vzorky maletínského pískovce o různé hmotnosti jemnozrný pískovec, žlutohnědé barvy (odebrány z Vlastivědného muzea).

Pro stanovení nasákavosti jsem použila dvě metody:

1. Stanovení nasákavosti po 2 hod vaření ve vodě * (obr.40)
2. Stanovení nasákavosti po 24hod ponoření ve vodě ** (obr.39)

Tab.13 Nasákavost vzorků maletínského pískovce

název vzorku	váha za sucha v (g)	váha po nasáknutí v (g)	nasákavost v (hm. %)
Vlast.muzeum 1.*	620,67	678,11	9,3
Vlast.muzeum 2.**	599,62	636,58	6,2

Ze získaných hodnot nasákavostí je zřejmé, že větší nasákavost (9,3 hmot.%) byla stanovena u vzorku, který jsem vařila 2 hodiny ve vodě, než u vzorku, který byl ve vodě ponořen na 24 hodin (6,2 hmot.%). Získané fyzikální parametry uvedené v Tab.13 můžeme pro srovnání porovnat

s výsledky zkoušek nasákavosti, o kterých píše Šrámek (2003), jsou uvedeny pro jemnozrný a hrubozrný pískovec z oblasti Maletína a jejich hodnoty nasákavosti * jsou :

jemnozrný 8 hmot. %

hrubozrný 10,3 hmot. %

* „nasákavost“ byla stanovena vzlínáním po 8 dnech

Dá se tedy konstatovat, že mé výsledky a výsledky, které uvádí Šrámek jsou si procentuelně blízké, tedy pro jemnozrný pískovec, kde mnou naměřené hodnoty nasákavosti jsou o 1,3 hmotnostních % vyšší, než u jemnozrného pískovce, který byl zkoumán Šrámkem (2003).

Tuto vyšší hodnotu může udávat jiná metoda stanovování nasákavosti, kterou jsem použila a to, že tento stanovovaný vzorek byl vystaven přímým vlivům degradace.

6.6. Výsledky výpočtů množství solí v dané hornině

Soli jsou dnes považovány za nejčastější příčinu poškození stavebních materiálů (tedy i kamene), hlavně v dolních částech objektů. Soli, které způsobují poškození stavebních materiálů, nejčastěji obsahují aniont Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- a CO_3^{2-} a kationy Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} a někdy NH_4^+ .

Škodlivý vliv vodorozpustných solí je úzce spojen se zvlhčováním a následným vysoušením zdiva v cyklech. Téměř všechny materiály staveb jsou do jisté míry pórovité a voda s rozpuštěnými solemi tak může pronikat do jejich struktury.

Pro stanovování množství solí v mnou vybraných vzorcích pískovců (VS1, VS2, VS3, VS4, VS5 – vzorek naložený v holubincích po dobu 8 měsíců) jsem postupovala následovně.

U každého vzorku jsem rozdrtila určité množství na drobné kousky, které jsem následně zvažila a zavedla do odměrných baněk, do kterých jsem přilila destilovanou vodu.

Všechny vzorky jsem za stálé teploty vařila hodinu. Následně jsem všechny vzorky přefiltrovala přes filtrační papír, který se s daným množstvím jemné frakce vysušil a poslal na další analýzu. Množství přefiltrované destilované vody s obsaženými solemi jsem dále zahřívala a odpařovala až na minimální množství, které se dále přeneslo na sklíčka a v elektrické peci vysušilo. Po vysušení jsem získané množství solí (obr.37) ze sklíček přenesla na váhu a přepočítala na hmotnostní % dané horniny. Získané výsledky uvádím v následující tabulce 14.

Tab.14 Hmotnostní podíl solí ve vzorku

název vzorku*	původní váha vzorku (g)**	množství solí po odpaření (g)***	hm.podíl solí ve vzorku (hm.%)
VS1-Armádní dům	6,42	0,02	0,31153
VS2- Hor. Náměstí č.11	15,92	0,01	0,06281
VS3- Armádní dům	59,14	0,03	0,05073
VS4- Hor. Náměstí č.10	27,20	0,06	0,22059
VS5 – lom (holubince)	31,14	0,02	0,06423

Dle množství solí, které jsem získala přepočty lze říci, že většímu množství solí a tedy i větší intenzitě degradace jsou vystaveny památky v okolí Armádního domu, kde hmotnostní podíl solí vykazuje nejvyšší hodnotu. Tato budova je v přímém kontaktu s hlavní komunikací vedoucí přes centrální část města, kde hlavně v zimě podléhá velice intenzivnímu narušování vlivem solení cest a chodníků. Této degradaci jak v současnosti, tak v budoucnosti bude podléhat hlavně spodní část této budovy, kde se koncentruje sůl a roztoky solí, které zde mají největší šanci se dostávat do obkladových částí a vytvářet solné povlaky.

Dále je tomu tak i na prostranstvích Horního náměstí, kde hodnoty vyšly nižší, ale přesto s určitým množstvím solí. U vzorku VS4, odebraného z lékárnického domu na Horním náměstí, vyšel hmotnostní podíl solí vyšší z důvodu použití jiných hmot, než původních, při rekonstrukci zdiva. Hmotnostní podíl solí obsažený ve vzorcích, které byly vystaveny po dobu 8 měsíců působení holubiho trusu nevyšel v nejvyšších hodnotách, lze tedy říci, že holubi nedegradují zdejší památky v takové míře, jako každoroční úpravy cest za použití prostředků obsahující soli v jakékoli podobě.

7. DISKUZE

Šrámek (2003) se ve svých geologických výzkumech zmiňuje o tom, že maletínské pískovce jsou křemenné a to mé mikroskopické studium taky dokazuje, protože křemenná zrna svými počty převyšují nad jinými minerálními zrny. Mezi další hlavní minerály, které jsem při mikroskopickém studiu našla byla zrna živců, bližší analýzy dokázaly, že jde v převaze o ortoklasová nad albitovými a také muskovitické slídy, které dle analýzy vyšly jako slídy typu fengitu. Šrámek (2003) se o jemně šupinkatých slídách také zmiňuje. Při mikroskopickém studiu jsem našla jako autigenní minerál v největším množství glaukonit, který se vyskytuje téměř ve všech výbrusech ze zkoumaných vzorků, pro srovnání, Gába (1994) uvádí, že glaukonit se v těchto pískovcích nachází jen zřídka a v malém množství. Alterací tohoto minerálu glaukonitu může vznikat goethit, což je hydroxyoxid Fe a ten se ve zkoumaných výbrusech také vyskytuje. V důsledku přítomnosti hydroxyoxidů Fe je barva těchto pískovců nažloutlá až žlutohnědá a toto zbarvení se vyskytuje v páscích, o čemž píše i Šrámek (2003).

Ve své práci jsem se v laboratorní části věnovala objemovým hmotnostem maletínského pískovce, také rtuťové porózimetrii, nasákavosti a stanovovala jsem obsahy solí, které se v daném pískovci vyskytují. Detailní laboratorní studium těchto fyzikálních vlastností ukazuje, proč dochází v současnosti k degradacím kamene, který se používal pro sochařskou výzdobu, ale i pro jakékoli stavby. Pro srovnání mých výsledků a výsledků publikovaných Šrámkem (2003) uvádím hodnoty fyzikálních vlastností, které jsem získala svými měřeními v tabulce viz. níže. Výsledky fyzikálních hodnot, které jsem stanovovala se budou vždy lišit, jelikož vzorek jsem odebrala z jiné lokality, než je vzorek, který uvádí Šrámek (2003). Důležité je také to, že vzorek, který stanovoval Šrámek (2003) byl vystaven mnohem delší dobu povětrnostním vlivům vzhledem k původu jeho dostavby (poslední restaurátorské zásahy, o kterých se zmiňuje Elbel (1997) proběhly v roce 1962 akademickým sochařem Vojtěchem Hořínkem).

autor	místo odběru	druh pískovce / barva	Obj. hmot. (g/cm ³)	celkový objem pórů (cm ³ /g)	Zastoupení pórů (obj. %)			nasákavost (hmot.%)
					Tranzitivní (0,01 – 0.1 μm)	Submakropóry (0.1 – 1 μm)	Makropóry (1 – 100 μm)	
Šrámek (2003)	Sokl sv. Františka	Maletínský / Žluto-	1.85	0,090	37	23	40	13.6

		hnědá						
Šrámek (2003)	Sloup Nejsv. Trojice: anděl- světloňoš	Maletí nský / Žluto- hnědá	1,89	0,073	27	25	48	9,2
Šinálová (2010)	Vlastivěd né muzeum	maletín ský / Žluto- hnědá	2.21	0,051	14	64	22	6,2
Šinálová (2010)	Lom Iveta	maletín ský	2.26	0,063	88	3	10	

Z tabulky je zřejmé, že co se týče objemových hmotností, hodnoty, které uvádí Šrámek (2003) je nižší, než hodnota, kterou jsem naměřila já. Tato objemová hmotnost se odvíjí od celkové pórovitosti, která Šrámkovi (2003) vyšla o 0,022 cm³/g vyšší, než u vzorku mnou zkoumaného. Pospíšil (2002) uvádí v přehledné práci o českých a moravských pískovcích, že maletínský pískovec má nejnižší objemové hmotnosti ze všech běžně ke stavebním a dekoračním účelům používaných pískovců, ale hodnoty jím uváděné jsou prakticky stejné jako mnou zjištěné hodnoty. Ve vzorku, který stanovoval Šrámek (2003) převažují póry nad 1 μm, které jsou rozhodující pro konzervaci kapalnými organo-křemičitými prostředky. V relativních procentech tvoří z celkového objemu pórů téměř nebo více než 50 %. U mnou zkoumaného vzorku převažují póry o velikostech 0,1 až 1 μm, kterých z celkového objemu pórů tvoří téměř 50 %. Pórů o velikostech nad 1 μm je o 50 % méně, než uvádí Šrámek (2003).

Stanovené hodnoty nasákavosti stanovené na vzorku odebraného z Vlastivědného muzea jsou nižší, než u vzorku, který stanovoval Šrámek (2003) na vzorku ze sloupu Nejsvětější Trojice. Porovná-li výsledky mých experimentálních měření s parametry pískovců, které uvádí Šrámek (2003), jsou dobře srovnatelné, avšak nelze je použít pro přesnou objektivní identifikaci lokalit vzhledem k odlišné velikosti vzorku a metodě stanovení.

8. ZÁVĚR

Výzkum, který jsem prováděla v této bakalářské práci byl zaměřen na příčiny degradace pískovců použitých na historických objektech Olomoucka a to hlavně na objektech města Olomouce. Vlastní průzkum památek tohoto města potvrdil, že zdejší památky jsou zhotovené z maletínského a v menší míře mladějovského pískovce (použití spíše na zhotovení soch a plastik). Oba tyto pískovce dosáhly svého rozmachu hlavně v 18. století, avšak v menším množství bylo možné tyto pískovce vytěžit na opravy i v pozdějších dobách. V současnosti je však těžba těchto pískovců ukončena a s případnou další těžbou se prozatím nepočítá.

Všechny objekty vystavené z těchto pískovců a především maletínského, postupem času začaly ztrácet na estetické stránce, a to hlavně z příčin snížení hodnot trvanlivosti pískovce.

Za snížení hodnot trvanlivosti můžou vlivy prostředí, kterým jsou tyto objekty neustále vystaveny. Špatný stav objektů a tedy degradace pískovcového materiálu je spojena s mnoha faktory. Jsou jimi v prvé řadě fyzikální procesy také chemické procesy, ale i některé dřívější, ne příliš stylově čisté, restaurátorské zásahy. Důležitou predispozicí pískovců pro procesy degradace jsou pórovitost a vlhkost, proto jsem v této práci sledovala a určovala nasákavost pískovců a hmotnostní podíl solí obsažených v pískovcích, které jsem odebrala na mnou vybraných a nejvíce navštěvovaných lokalitách (Armádní dům, Horní náměstí).

Měkký a porézní pískovec, jak ukázal vlastní výzkum, je vlivy prostředí narušen tak, že ve spárování a v místech dřívějších oprav je značně vydrolen. Některé sochy a plastiky mají zuráženy své části a nemalý podíl na tom mají i holubí návštěvníci, kteří svými počty poměrně agresivně narušují pískovcový materiál svými drápy a vyklováváním.

Mezi další narušitele zdejších památek patří i vsudypřítomná dešťová voda. Ovšem po vlastním zjištění z vybraných článků zaměřených na legislativní opatření jsem zjistila, že hodnoty pH dešťové vody se právě díky legislativnímu opatření zvýšily, to znamená, že památky nejsou kyselými plyny v ovzduší tolik ohrožovány, jako jinými látkami.

Podle mých průzkumů, na které jsem se soustředila v této práci, mají hlavní zásluhu na degradaci památek soli. Téměř všechny objekty zhotovené z pískovce jsou do jisté míry pórovité a voda s rozpuštěnými solemi tak může pronikat do jejich struktury a následně vlivem tlaků ji rozkládat. Prvotní známka degradace touto formou se projeví bělavým povlakem na daném objektu a to hlavně ve spodních částech, někdy soli ve značné míře dorůstají do podoby výkvětů. Tato sůl postupně snižuje fyzikální vlastnosti pískovce, hlavně pevnost a nastává rozklad celého povrchu, kam tyto soli zasahují. Nejčastějším zdrojem těchto solí je hlavně sezónní solení se střídajícím se působením teplot. Největší degradace bude tedy probíhat v okolí cest, jak tomu naznačují výsledky

hmotnostního podílu solí, které jsem zjišťovala. Z mnou vybraných lokalit to poukazuje na větší degradaci v okolí Armádního domu, který se nachází v přímém kontaktu s hlavní komunikací v centru města, která je neustále udržována jakýmkoli přípravky, které právě tyto soli obsahují.

9. Použitá literatura

- ALFES, CH. (1994): Relationship between microstructure and fracture mechanics parameters of sandstones. In Fracture Process in concrete, rocks and ceramics (eds. J.G.M. van Mier, J.G.Rots, A. Bakker), 76-82, RILEM, Bagnaux, Francie.
- AL-NADDAF, M. (2009): The effect of salts on thermal and hydric dilatation of porous building stone. *Archaeometry*, 51 (3), 495-505.
- BLACKWELDER, E. (1933): The insolation hypothesis of rock weathering. *Am.J.Sci.*, 217, 140-144.
- BURTON, R.F. (1879): *The Land of Midian*. Oleander Press, London, 336 stran.
- ČECHMÁNKOVÁ, M. (2008): Zajímavosti se stavbou sloupu. In: *Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci*. Jednota Orel Olomouc, 15-17.
- ČERŇANSKÝ, M. (2000): Vlastnosti a opracování pískovce. *Lidová architektura Čech, Moravy a Slezka*, 22-27, Praha.
- ELBEL, M. (1997): *Čestný sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci*. Prameny, literatura, ikonografie – MS, 98str.
- GÁBA, Z. (1994): Maletínský pískovec. *Kámen*, 1 (2), 105-110.
- GÁBA, Z., PEK, I. (1987): Stav architektonických památek. *Památkářství*, 7, 408-409.
- GOUDIE, A.S. (1974): Further experimental investigation of rock weathering by salt and other mechanical processes. *Z. Geomorphol. Suppl.*, 21, 1-12.
- GOUDIE, A.S., VILES, H. (1997): *Salt Weathering Hazards*. Wiley and Sons, 235 stran.
- GRIGGS, D.T. (1936): The factor of fatigue in rock exfoliation. *J. Geol.*, 9, 783-796.
- GROH-KRUTILOVÁ, K. (2007): *Opracovatelnost hornin – vztah mezi petrografickými parametry, fyzikálními vlastnostmi a technologickými zkouškami*. Dipl. Práce. Praha
- HANISCH, A., SCHMID, H. (1901): *Osterreichs Steinbruche*. Verlag von Carl Graeser and Co, Wien, 1239-1301.
- CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. Akademie věd České republiky, 259-266. Praha
- MALKOVSKÝ, M., BENEŠOVÁ, Z., ČADEK, J., HOLUB, V., CHALOUPSKÝ, J., JETEL, J., MULLER, V., MAŠÍN, J., TÁSLER, R. (1974): *Geologie české křídové pánve a jejího podloží*. Ústřední ústav geologický v Akademii, Československá akademie věd. Praha
- MAREŠOVÁ, J. (2006): *Degradace kamene a soubor historických staveb*. Diplomová práce, MS, Brno.

- MARTINI, I.P. (1978): Tafoni weathering with examples from Tuscany, Italy. *Z. Geomorphol.*, 22, 44-67.
- MCGREEVY, J.P. (1985): Thermal properties as controls on rock surface temperature maxima and possible implications for rock weathering. *Earth Surf. Process. Landf.*, 10, 125-136.
- MENG, B. (1993): Characterization of pore structure for the interpretation of moisture transport. In *Conservation of stone and other materials*, sv. 1 (ed. M.-J. Thiel, 155-162, UNESCO, Paris.
- PAZDRO, Z. (1983): *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa 1983.
- PEEL R.F. (1974): Insolation weathering: some measurements of diurnal temperature changes in exposed rocks in the Tibesti region, central Sahara. *Z. Geomorphol Suppl.*, 21, 19-28.
- POSPÍŠIL, P. (2002): Moravské a slezské pískovce jako stavební suroviny pro opravy historických objektů. *Uhlí, rudy, geologický průzkum*, 44(5), 16-22.
- PETRÁNEK, J. (1993): Klasifikace pískovců. In: *Encyklopedický slovník geologických věd*. Academia Praha, 920str., Praha.
- PETROŠ, V. (2002): Vlastnosti hornin a horninového masivu. VŠ Báňská, Ostrava. (http://hgf2.unas.cz/vlastnosti_hornin_a_horskeho_masivu.pdf) (cit.2010-3-18)
- ČSN 72 1800 Přírodní stavební kámen pro kamenické výrobky – Technické požadavky, leden 1989
- PRAŽÁKOVÁ, Z.(2009): Přírodní stavební kámen pro kamenické výrobky-technické požadavky.Požadované vlastnosti pro kamenickou výrobu,7.Praha.
- PRAŽÁKOVÁ, Z., SLOUKA, J. (2007): *Kámen a horniny k soše*. Grada publishing, Praha.
- RODL, P. (1997): Obecná problematika městských holubů. In: *Národní referenční laboratoř pro desinsekcí a deratizaci*. SZÚ, 19str., Praha
- ROVNANÍKOVÁ, P. (2002): Omítky, chemické a technologické vlastnosti. *Společnost pro technologie ochrany památek*, 89 s., Praha.
- RYBAŘÍK, V. (1994): *Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky*. Nadace SPŠ kamenické a sochařské v Hořici v Podkrkonoší, Hořice, 218str.
- SCHULMANNOVÁ, M. (2010): Lokalizace míst těžby. *Databáze dekoračních kamenů*, Mapový server ČGS (www.geology.cz)
- ŠRÁMEK, J. (1990): Kaolinite and its influence on the physical and mechanical properties of Cretaceous sandstones used as building and decorative stones. *Proc. 11th Conf. On Clay Mineralogy and Petrology*. České Budějovice, 165-176, Vyd. Univerzita Karlova, Praha

- ŠRÁMEK, J. (1991): Vliv nerostného složení křídových křemenných pískovců na fyzikálně-mechanické vlastnosti. In: Horniny ve vědách o Zemi (J. Souček ed.). Vyd. Univerzita Karlova, 183-194. Praha
- ŠRÁMEK, J., TOLAR, V. (1993): Vztah mezi některými fyzikálními vlastnostmi stavebních a sochařských kamenů. Geologický průzkum, 35, 5 (413), 129-132
- STEPHENS, J.L. (1837): Incidents of Travel, Arabia Petraea and the Holy Land. Dover Publications, 473 stran.
- TÜMER, E.U. (2003): Morphology and Deterioration Of Sandstone. Journal of Istanbul Kültür University, 3, 71-82.
- TURKINGTON, A.V., PARADISE, T.R. (2005): Sandstone weathering: a century of research and innovation. Geomorphology, 67, 229 – 253.
- VELFLÍK, A. V. (1914): Nauka o stavebních hmotách, zvláště o horninách technicky významných, jejich zkoumání a zpracování. Čes.matice techn., 326-332. Praha
- ZATLOUKAL, I. (2005): Maletínský pískovec. Digital video studio (<http://www.dvstudio.cz/video/>)

10. OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY



Obr. 7: Bývalý lom Iveta (Maletín)



Obr. 8: Bývalý Kubitschekův lom (Maletín)



Obr. 9 Maletínský pískovec je zabarven do žluta



Obr. 10: Typické páskování maletínského pískovce



Obr. 11: Fe konkrerce v maletínském pískovci



Obr. 12: Světle žlutý mladějovský pískovec



Obr. 13: Maletínský pískovec (Kubitschekův lom) s fialovočerveně zbarvenými smouhami (vtroušený hematit).



Obr. 14: Slepenecký pískovec z nadloží maletínského pískovce, Kubitschekův lom. Šířka snímku 5,5 cm



Obr. 15: Selský statek v Maletíně



Obr. 16: Zámek v Moravské Třebové



Obr. 17: Křížová cesta v Rudě u Rýmařova



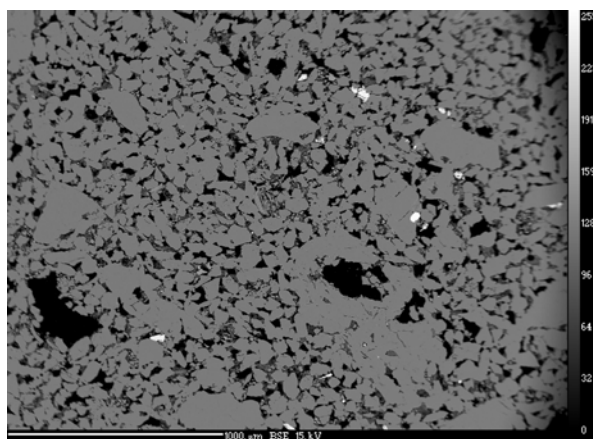
Obr. 18: Klášterní Hradisko, Olomouc



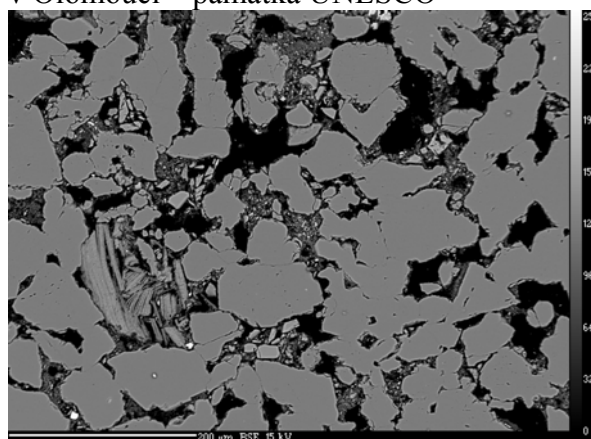
Obr. 19: Poutní bazilika Navštívení Panny Marie na Svatém Kopečku u Olomouce



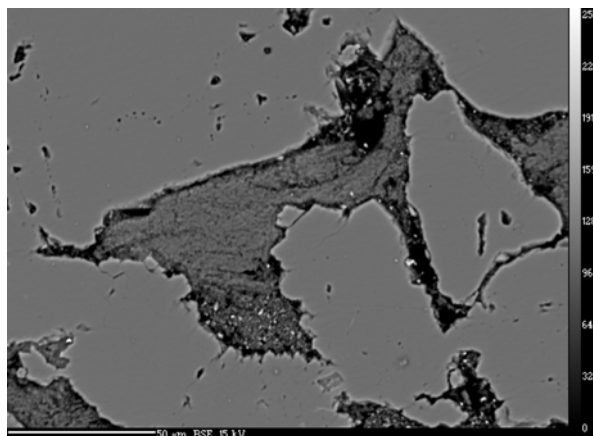
Obr. 20: Sloup Nejsvětější Trojice v Olomouci – památka UNESCO



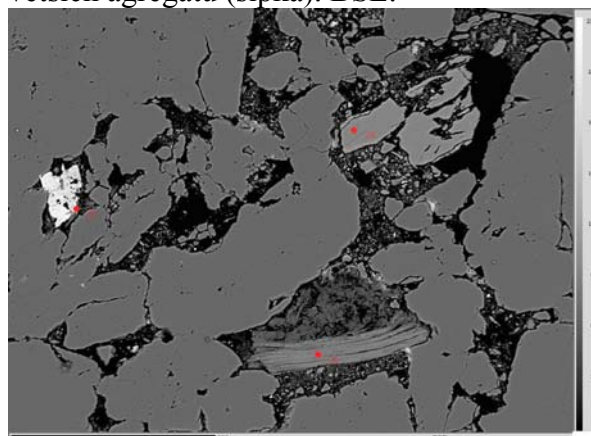
Obr. 21: Snímek pískovce s kaolinitickým pojivem při malém zvětšení (VS6); Elektronová mikrosonda, zobrazení ve zpětně odražených elektronech (BSE)



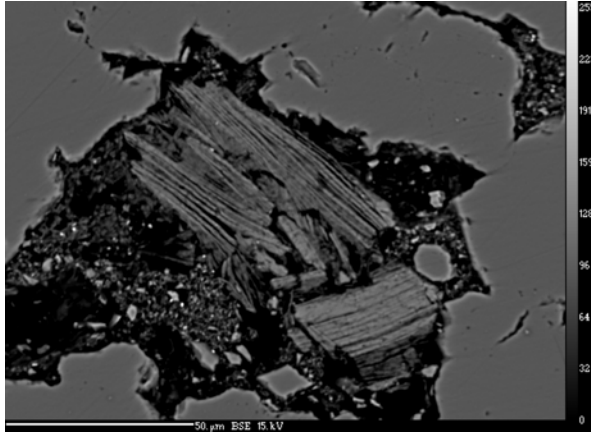
Obr. 22: Detail pískovce s kaolinitovým pojivem (VS6); v levé část částečně alterovaný klast slídy. Některá zrna křemene jsou spojena autigenní křemennou hmotou do větších agregátů (šipka). BSE.



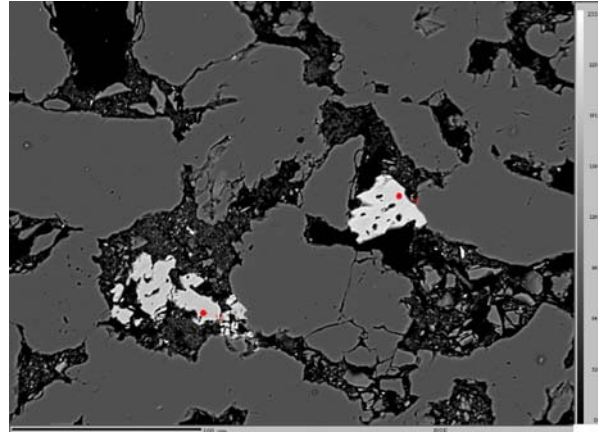
Obr. 23: Detail kaolinitové výplně póru. Vzorek VS8, elektronová mikrosonda, BSE.



Obr. 24: Místo s klasty fengitické slídy (bod 23), K- živce (bod 24) a ilmenitu (bod 25). Vzorek VS6, elektronová mikrosonda, BSE.



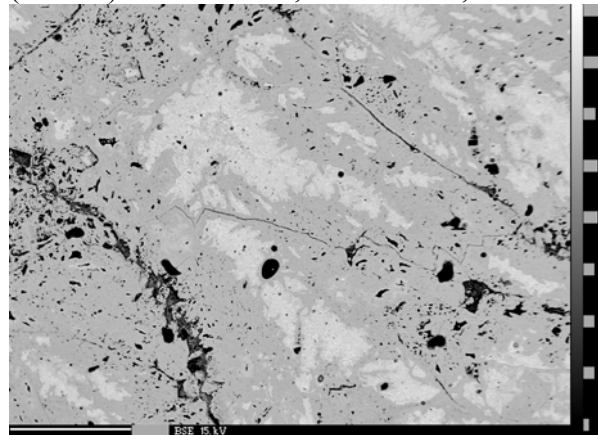
Obr. 25: Zrno částečně alterované slídy, vzorek VS8



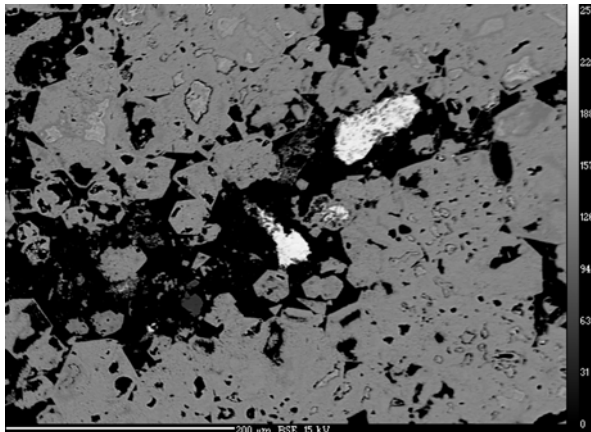
Obr. 26: Klasy rutilu (bod 18) a ilmenitu (bod 19). Vzorek VS7, mikrosonda, BSE.



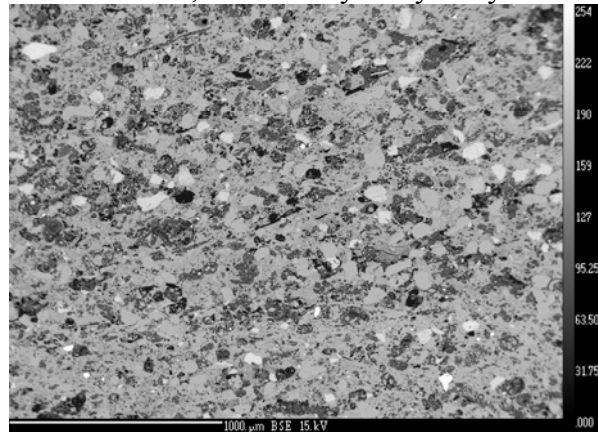
Obr. 27: Fe-konkrece – makrofoto, šířka snímku 4,5 cm



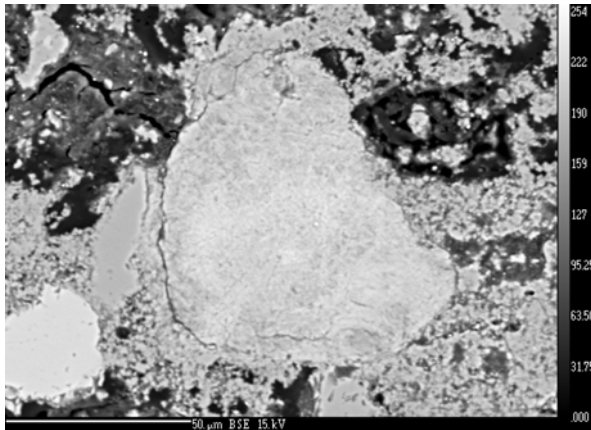
Obr. 28: Fe konkrece ve výbrusu vzorku VS 7, elektronová mikrosonda, BSE. Světlejší fáze – hematit, tmavší – hydroxyoxydy Fe.



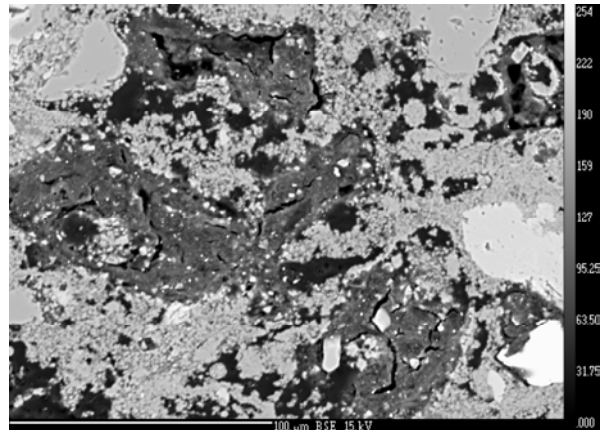
Obr. 29: Nábrus z Fe konkrece. Tmavší fáze – hematit (šestiúhelníkovité tabulky), bílé – oxidy Mn. Elektronová mikrosonda, BSE.



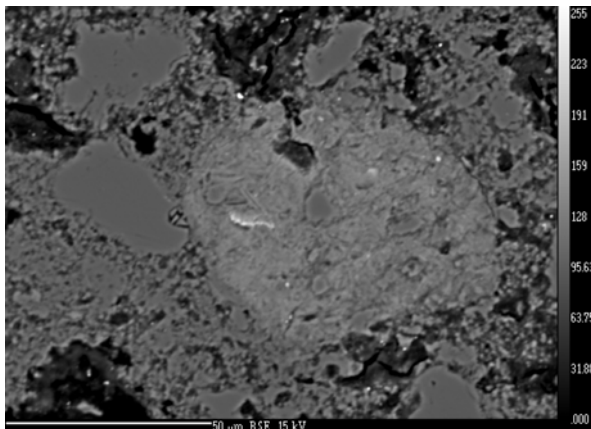
Obr. 30: Vzorek zvětralého pískovce (VS-1 – Krajská vojenská správa) s vyšším podílem živců a glaukonitu (zrna světlejší než převládající křemen). Mikrosonda, BSE.



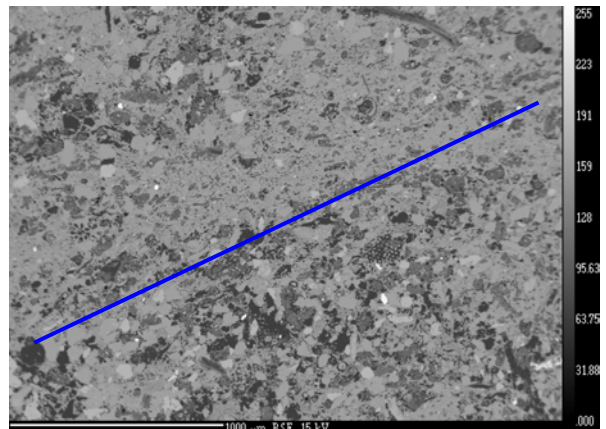
Obr. 31: Vzorek zvětralého pískovce (VS-1) se zrnem silně zvětralého biotitu (střed snímku). El. mikrosonda, BSE.



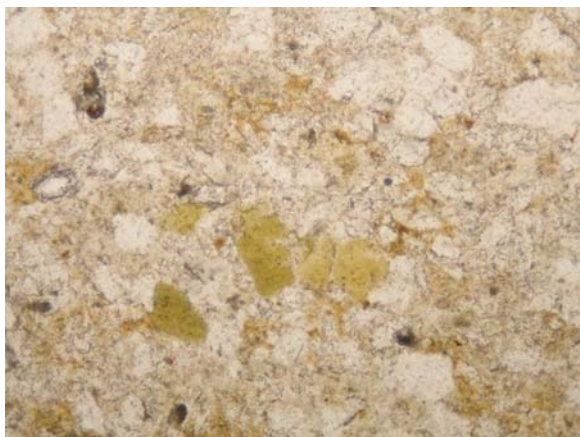
Obr. 32: Tmavší útvary v křemen-kaolinitovém pojivu (světle šedá jemnozrná hmota) – produkty alterace solemi, obsahující Na a Cl



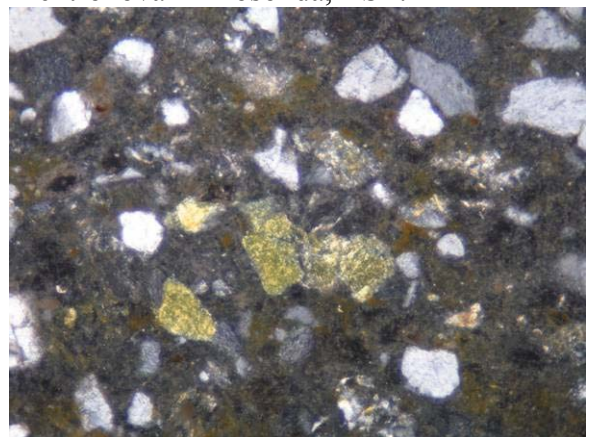
Obr. 33: Útvar na středu snímku tvořen Si >> Fe oxidy – autigenní (produkt degradace?). Vzorek VS1, mikrosonda, BSE.



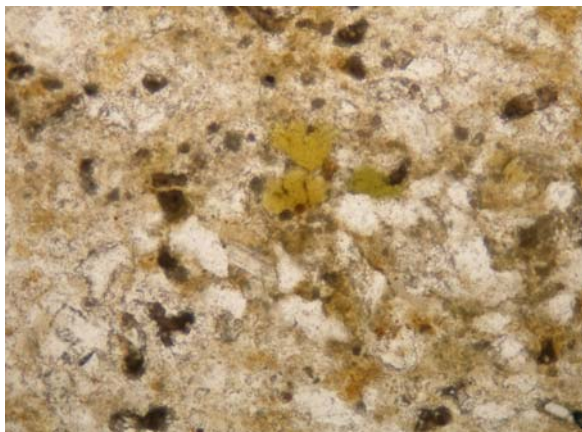
Obr. 34: Vzorek VS2 – celkový pohled z mikrosondy. V horní části snímku původní pískovec, v dolní části umělý pískovec použitý k opravě. Přibližná poloha hranice obou materiálů vyznačena modrou čarou. Elektronová mikrosonda, BSE.



Obr. 35a: Pískovec s autigenním glaukonitem. Vzorek VS1, optický mikroskop, šířka pole 8 mm, PPL



Obr. 35b: Pískovec s autigenním glaukonitem. Vzorek VS1, optický mikroskop, šířka pole 8 mm, XPL



Obr. 36a: Pískovec s autigenním glaukonitem. Vzorek VS2, optický mikroskop, šířka pole 8 mm, PPL



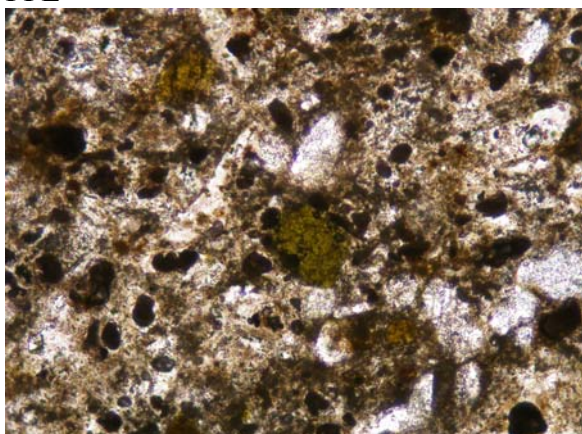
Obr. 36b: Pískovec s autigenním glaukonitem. Vzorek VS2, optický mikroskop, šířka pole 8 mm, XPL



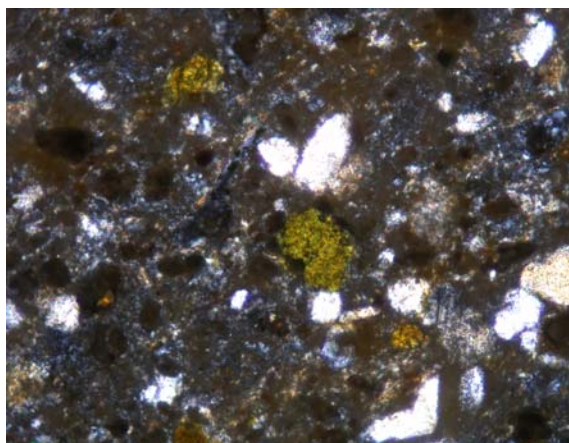
Obr. 37a: Pískovec s kaolinickým pojivem a klasty slíd. Vzorek VS4, šířka pole 8 mm, PPL



Obr. 37b: Pískovec s kaolinickým pojivem a klasty slíd. Vzorek VS4, šířka pole 8 mm, XPL



Obr. 38a: Pískovec kaolinickým pojivem a útvary glaukonitu (zelené). Vzorek VS5, šířka pole 8 mm, PPL.



Obr. 38a: Pískovec kaolinickým pojivem a útvary glaukonitu (zelené). Vzorek VS5, šířka pole 8 mm, PPL.



Obr. 39: Stanovení nasákavosti a objemové hmotnosti – metoda s nasakováním 24 hod



Obr. 40: Stanovení nasákavosti a objemové hmotnosti – metoda s povařením



Obr. 41 Stanovení obsahu solí



Obr. 42: Výkvěty solí na bloku pískovce z podezdívky kavárny Mahler (Horní náměstí 11)



Obr. 43: 1. máje 1, Krajské vojenské velitelství Olomouc – solné zvětrávání



Obr.44: 1. máje 1, Krajské vojenské velitelství Olomouc - solné zvětrávání



Obr. 45: 1. máje 1, Krajské vojenské velitelství Olomouc - solné zvětrávání



Obr. 46: Budova radnice, Horní náměstí 583. Solné zvětrávání, výkvěty solí



Obr. 47: Budova radnice, Horní náměstí 583. Odlupování krust, práškovatění



Obr. 48: Krajinská lékárna, Horní náměstí 10 – odlupování krust, výkvěty solí



Obr. 49: Michalská 3 (Národní památkový ústav, pracoviště archeologie) – inkrustace dolní části ostění, výrazná degradace nad krustifikovanou částí



Obr. 50: Michalská 3 (Národní památkový ústav, pracoviště archeologie) – výrazná degradace mrazem



Obr. 51: Horní náměstí 11 (Krajinská lékárna) – klínovité odlamování působením mrazu (frost wedging)



Obr. 52: Šupinovitě odlupování cementového potěru, pod ním práškovitý rozpad pískovce. Budova radnice, Horní náměstí 583



Obr. 53: Horní náměstí č.p.11 (Café Mahler), Olomouc - vzorek VS4. Zvýšená intenzita mrazového poškození v bloku s výraznější vrstevnatou stavbou



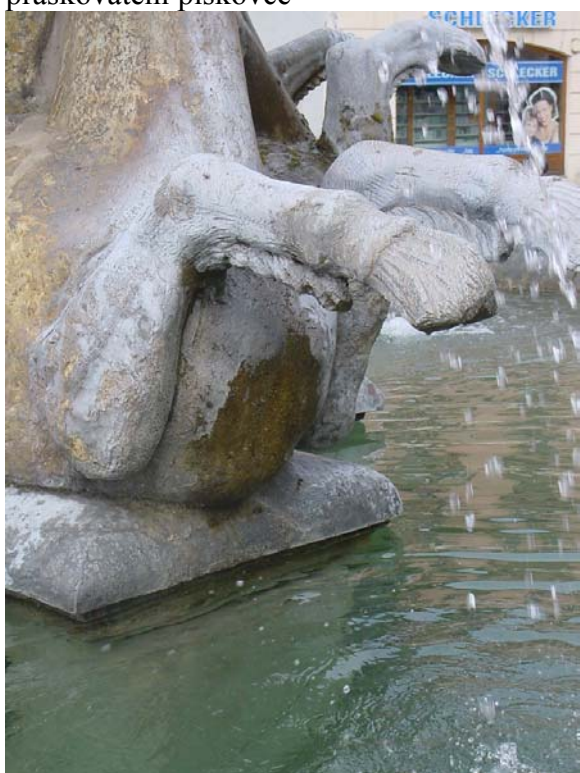
Obr. 54: Horní náměstí č.p.11, Olomouc – vzorek VS2; mrazové poškození



Obr. 55: Žerotínovo náměstí – podstavec
jedné ze soch u kostela sv. Michala –
práškovatění pískovce



Obr. 56: Degradace působením holubího
trusu



Obr. 57: Neptunova kašna, Horní náměstí –
Usazeniny solí ze stříkající užitkové vody



Obr. 58: Křížkovského 2 – sloup
z maletínského pískovce s výrazným
smouhovitým mramorováním



Obr. 59: Dóm sv. Mořice, 8. května 40



Obr. 60: Morový sloup, Dolní náměstí – barevné změny – pozůstatky čištění louhem



Obr. 61: Morový sloup, Dolní náměstí – detail práškovatění pískovce



Obr. 62: Správní archiv Armády ČR. Nám. Republiky 4 (býv. Jezuitská kolej)



Obr. 63: Správní archiv Armády ČR. Nám. Republiky 4 (býv. Jezuitská kolej) – diferenciální zvětrávání, v nejnižší řadě bloků klínovitě odlamování (frost wedging)



Obr. 64: Správní archiv Armády ČR. Nám. Republiky 4 (býv. Jezuitská kolej). Diferenciální zvětrávání – žlutý pískovec není zřejmě maletínský



Obr. 65: Správní archiv Armády ČR. Nám. Republiky 4 (býv. Jezuitská kolej). Diferenciální zvětrávání různých druhů pískovce



Obr. 66: Nám. Republiky 4 (býv. Jezuitská kolej) - odlamování spolupůsobením vlhkosti a mrazu (podle „broků“ jde o maletínský pískovec



Obr. 67: Horní Náměstí 11, Neoklasicistní Pozemkový úřad (1931), nyní Café Mahler – odlamování klínů sleduje vrstevnatost



Obr. 68: Žerotínovo náměstí – podstavec sochy sv. Floriána - biokoroze



Obr. 69: Žerotínovo náměstí – podstavec sochy sv. Floriána - biokoroze



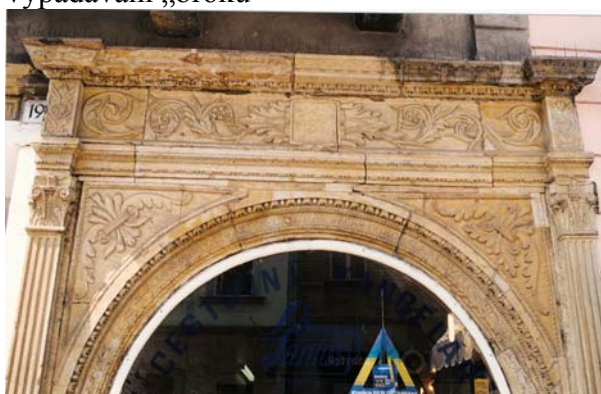
Obr. 70: Morový sloup, Dolní náměstí - biokoroze



Obr. 71: 1. máje 3, býv. Dům armády – vypadávání „broků“



Obr. 72: Barevné skvrny od minerálů Fe – redistribuce Fe z „broků“. Tř. 1. máje



Obr. 73: Bohatě zdobený portál z maletínského pískovce (renesanční dům - první olomoucká pošta, Riegrova 19)



Obr. 74: Degradace vlivem Fe zvětrávání – selský dům v Maletíně

s náteky oxyhydroxidů Fe (na horní římsce vpravo)



Obr. 75: 1. máje 9 – porovnání odolnosti maletínského (horní část portálu) a žlutého pískovce (moravskoberounské souvrství?)



Obr. 76: Voštinovité zvětrávání, 1. máje 18



Obr. 77: Voštinovité zvětrávání, 1. máje



Obr. 78: 1. máje 7 – hluboká koroze z kombinovaného působení soli a mrazu



Obr. 79: Krajské armádní velitelství
v Olomouci – místo odběru vzorku VS1

Obr. 80: Vlastivědné muzeum v Olomouci –
místo odběru vzorku VS3