

**Univerzita Pardubice**

**Fakulta restaurování**

Ateliér restaurování kamene a souvisejících materiálů

Jiráskova 3, 570 01 Litomyšl

**Soužití kamenných památek a dřevin v exteriéru**

Lukáš Schorný, DiS.

Vedoucí práce: Doc. ak. soch. Jiří Novotný

Bakalářská práce

2012

Univerzita Pardubice  
Fakulta restaurování  
Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Schorný**  
Osobní číslo: **R08002**  
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**  
Studijní obor: **Restaurování a konzervace kamene a souvisejících materiálů**  
Název tématu: **Soužití kamenných památek a dřevin v exteriéru**  
Zadávací katedra: **Ateliér restaurování kamene**

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

Teoretická část se bude zabývat vztahem kamenných památek a dřevin v exteriéru. Důraz bude kladen zároveň na praktickou část využitou při restaurování sousoší Piety Panny Marie Sedmibolestné s podstavcem ze Sychrova.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**BOROVEC, Zdeněk. Zvětvování stavebních a sochařských kamenů působením mikroorganismů a lišejníků. Časopis pro mineralogii a geologii, roč. 35, 1990, č. 1, .s. 91?104. ICOMOS-ISCS. Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011. KAŠE, Jiří a Petr KOTLÍK. Braunův Betlém, drama krajiny a umění v proměnách času. Praha: Paseka, 1999. KOTLÍK, Petr. 1. zasedání přírodovědců-konzervátorů: Sborník příspěvků ze zasedání odb. skupiny přírodovědců-konzervátorů kult. památek ČSVTS konaného dne 7. 11. 1985 v Praze. Praha: Národní technické muzeum, 1986. 69 s. KOTLÍK, Petr a kol. Stavební materiály historických objektů. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007. KUPILÍK, Václav. Vliv vegetace na stabilitu budov. In: Zpravodaj STOP, sv. 4, č. 2. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002. MYSLIVEČEK, Milan. Panoptikum symbolů, značek a znamení. Praha: Horizont, 1992. RYSTONOVÁ, Ida. Průvodce lidovými názvy rostlin i jiných léčivých přírodnin a jejich produktů. Praha: Academia, 2007. ŠPAČEK, Jan. Hlenky, houby, řasy. Brno: Masarykova univerzita, 1999. WASSERBAUER, Richard. Biologické znehodnocení staveb. Praha: ABF - ARCH, 2000.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Jiří Novotný, akad. sochař**

Ateliér restaurování kamene

Datum zadání bakalářské práce:


**30. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**14. srpna 2012**

  
Ing. Karol Bayer  
děkan

L.S.

  
doc. Jiří Novotný, akad. sochař  
vedoucí ateliéru

V Litomyšli dne 13. srpna 2012

## **Prohlašuji:**

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

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice (Dislokované pracoviště – Fakulta restaurování, Litomyšl).

V Litomyšli dne 22. 7. 2012

Lukáš Schorný

## **Poděkování**

Zdence Vilhelmové z Českého hydrometeorologického ústavu za zapůjčení vybavení na měření srážek a poskytnutí kontrolních hodnot z okolních stanic.

Respitní péči Jindra v Litomyšli za umožnění umístění pokusných vzorků ve své zahradě.

Všem odborným konzultantům za nasměrování a korekci., kterými jsou: Ing. Karol Bayer, Ing. Petra Lesniaková, Ph.D., RNDr. Josef Halda, Ph.D., PhMr. Bronislava Bacílková.

Panu Paulu Arensonovi z knihovny ICCROM za poskytnutí literatury.

Janě Veselé za pomoc s identifikací zelených řas.

Tomáši Koubkovi Okeyovi za prvotní konzultaci a poskytnuté kontakty.

## **Anotace**

Práce se zabývá klady a úskalími vznikajícími v prostředí, kde se společně vyskytují kamenné památky a dřeviny. Popisuje ideální průběh péče o takové kamenné památky a dřeviny dle současného stupně poznání. Detailněji popisuje mikroklima a průběh sukcese mikroorganismů pod vybranými dřevinami. Praktická část práce obsahuje restaurátorskou zprávu sousoší *Piety Panny Marie Sedmibolestné* s podstavcem ze zahrady státního zámku Sychrov.

Klíčová slova:

mikrobiologické napadení (porost) kamene, kámen, mikroklima, sukcese mikroorganismů, dřeviny, ekologické nároky mikroorganismů, památky a dřeviny

## **Annotation**

Coexistence of stone monuments and wood in exterior

The work deals with the advantages and pitfalls arising in an environment where they occur along the stone monuments and trees. It describes the ideal course of care for such stone monuments and trees according to the present degree of knowledge. Detail describes microclimate and the course of the succession of microorganisms under selected tree species. Practical work includes the restoration report Pieta statue of Our Lady of Sorrows with stand from the garden of state castle Sychrov.

Key words:

microbial attack (vegetation on) rock, stone, microclimate, microbial succession, tree species, ecological requirements of microorganisms, monuments and trees

## Obsah

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Úvod .....  | 11 |
| 2       | Vliv dřevin na kamenné památky .....                                | 14 |
| 2.1     | Ikonografie, symbolika a charakteristika vybraných dřevin .....     | 14 |
| 2.1.1   | Strom .....   | 14 |
| 2.1.2   | Lípa ( <i>Tilia</i> ) .....   | 15 |
| 2.1.2.1 | Symbolika lípy .....  | 15 |
| 2.1.2.2 | Charakteristika lípy .....  | 16 |
| 2.1.3   | Zerav ( <i>Thuja</i> ) .....  | 16 |
| 2.1.3.1 | Symbolika zeravu .....  | 16 |
| 2.1.3.2 | Charakteristika zeravu západního .....                              | 17 |
| 2.1.4   | Javor ( <i>Acer</i> ) .....   | 17 |
| 2.1.4.1 | Symbolika javoru .....  | 17 |
| 2.1.4.2 | Charakteristika javoru mléče .....                                  | 17 |
| 2.2     | Charakteristiky dřevin ovlivňující stav kamenné památky .....       | 18 |
| 2.2.1   | Tvar koruny .....   | 18 |
| 2.2.1.1 | Faktory, které ovlivňuje koruna .....                               | 18 |
| 2.2.1.2 | Tvarování koruny .....  | 19 |
| 2.2.2   | Kořeny .....  | 19 |
| 2.2.3   | Habitus a taxon dřeviny .....                                       | 20 |
| 2.2.4   | Prostředky na sanaci stromu a zamezení nebezpečí vůči památce ..... | 20 |
| 2.2.5   | Srovnání jehličnanů a listnáčů z hlediska ochrany památek .....     | 21 |
| 2.3     | Další faktory zasahující do vztahu dřeviny a kamenné památky .....  | 21 |
| 2.3.1   | Převládající směr větru .....                                       | 21 |
| 2.3.2   | Orientace stromu vůči památce a světovým stranám .....              | 21 |
| 2.3.3   | Lokální morfologické podmínky .....                                 | 21 |
| 2.3.4   | Druh půdy .....   | 22 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.3.5   | Nadmořská výška .....   | 22 |
| 2.3.6   | Voda.....   | 22 |
| 2.3.6.1 | Kondenzační vlhkost.....  | 23 |
| 2.3.7   | Osvětlení.....  | 24 |
| 2.4     | Možné mechanické poškození kamenných památek způsobené přítomností dřevin | 24 |
| 2.5     | Pozitivní vliv přítomnosti dřevin na kamenné památky.....                 | 25 |
| 2.6     | Biologické osídlení a degradace kamene .....                              | 25 |
| 2.7     | Poškození kamenných památek vzniklé působením mikroorganismů .....        | 26 |
| 2.7.1   | Fyzikální.....  | 26 |
| 2.7.2   | Biochemické .....   | 26 |
| 2.7.3   | Estetické .....   | 27 |
| 2.8     | Pozitivní vliv některých mikroorganismů .....                             | 27 |
| 2.9     | Volba vhodné dřeviny .....  | 27 |
| 3       | Přehled biodeteriogenů .....  | 29 |
| 3.1     | Optimální podmínky pro růst mikroorganismů - Dílo jako ekosystém .....    | 29 |
| 3.1.1   | Vzájemný vztah jednotlivých organismů .....                               | 29 |
| 3.1.2   | Biologičtí činitelé - dělení mikroorganismů .....                         | 30 |
| 3.2     | Bakterie.....   | 30 |
| 3.2.1   | Sírné bakterie .....  | 31 |
| 3.2.2   | Desulfurikační bakterie.....  | 31 |
| 3.2.3   | Nitrifikační bakterie .....   | 32 |
| 3.2.4   | Denitrifikační bakterie.....  | 32 |
| 3.2.5   | Silikátové bakterie.....  | 32 |
| 3.2.5.1 | Halofilní organismy .....   | 33 |
| 3.2.6   | Aktinomycety.....   | 34 |
| 3.2.6.1 | Druhy aktinomycet žijící na kamenech a zdivu .....                        | 34 |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.3    | Kvasinky a kvasinkovité organismy .....           | 35 |
| 3.3.1  | Charakteristika kvasinek .....                    | 35 |
| 3.3.2  | Korozní aktivita kvasinek .....                   | 35 |
| 3.4    | Sinice .....                                      | 35 |
| 3.5    | Řasy .....  | 36 |
| 3.5.1  | Charakteristika řas .....                         | 36 |
| 3.5.2  | Korozní aktivita řas .....                        | 37 |
| 3.6    | Mikromycety (plísně) .....                        | 38 |
| 3.6.1  | Charakteristika mikromycet .....                  | 38 |
| 3.6.2  | Korozní aktivita mikromycet .....                 | 39 |
| 3.6.3  | Často se vyskytující rody plísni .....            | 40 |
| 3.7    | Lišejníky .....                                   | 41 |
| 3.7.1  | Charakteristika lišejníků .....                   | 41 |
| 3.7.2  | Korozní aktivita lišejníků .....                  | 42 |
| 3.8    | Mechy .....                                       | 43 |
| 3.8.1  | Charakteristika mechů .....                       | 43 |
| 3.8.2  | Korozní aktivita mechů .....                      | 43 |
| 3.9    | Vyšší rostliny .....                              | 44 |
| 3.10   | Členovci .....                                    | 44 |
| 3.11   | Ptáci .....                                       | 46 |
| 3.12   | Člověk .....                                      | 46 |
| 3.13   | Nejběžnější poškození kamene mikroorganismy ..... | 46 |
| 3.13.1 | Krusty .....                                      | 46 |
| 3.13.2 | Biologický povlak (biofilm) .....                 | 46 |
| 4      | Vlastnosti sochařských kamenů .....               | 48 |
| 4.1    | Fyzikální vlastnosti sochařských kamenů .....     | 48 |
| 4.2    | Chemické vlastnosti sochařských kamenů .....      | 48 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.2.1 | pH kamenů.....  | 48 |
| 4.2.2 | Citlivost kamenů k působení organických kyselin.....  | 48 |
| 5     | Praktický průzkum vztahu sochařských kamenů a dřevin .....  | 50 |
| 5.1   | Metodika .....  | 50 |
| 5.2   | Výsledky .....  | 52 |
| 5.3   | Možné faktory zkreslující objektivitu výsledků .....  | 53 |
| 6     | Praktické řešení problematiky při restaurování sousoší Panny Marie Sedmibolestné s podstavcem ze zámeckého parku na Sychrově; rešerše z restaurátorské zprávy | 54 |
| 6.1   | Popis stavu před restaurováním .....  | 54 |
| 6.2   | Vizuální průzkum .....  | 54 |
| 6.3   | Zkoušky čištění.....  | 54 |
| 6.4   | Biologický průzkum.....   | 55 |
| 6.5   | Celkové vyhodnocení průzkumu .....  | 56 |
| 6.6   | Návrh na restaurování .....   | 56 |
| 6.7   | Postup restaurátorských prací .....   | 57 |
| 6.8   | Návrhy variant zastřešení díla.....   | 57 |
| 6.9   | Použité materiály a technologie .....   | 57 |
| 6.10  | Doporučený režim.....   | 57 |
| 7     | Diskuze .....   | 59 |
| 8     | Závěr .....   | 59 |
| 9     | Seznam použité literatury a pramenů.....  | 61 |
| 10    | Seznam tabulek .....  | 64 |
| 11    | Seznam grafů .....  | 65 |
| 12    | Seznam obrazových příloh.....   | 67 |
| 13    | Seznam textových příloh .....   | 67 |

## 1 Úvod

Krajina Čech i Moravy je snad jako žádná jiná oblast na světě protkána stovkami drobných i větších kamenných památek převážně sakrálního charakteru. Jejich estetický náboj je nepopíratelný a jsou do nich ukryty i příběhy. Příběhy jejich objednavatelů, často velmi pohnutých osudů. A také jejich autorů. Ať už uznávaných umělců či drobných zapomenutých lokálních tvůrců.

Celá řada takových památek ve volné krajině je spojena se stromy. Důvodů pro vysazování stromů do blízkosti božích muk, křížů, kapliček soch světců a světic je více. Jedním z nich je vytyčení orientačních bodů v krajině, jakýchsi „turistických značek“ minulosti, jasných a důvěrně známých všem lidem žijících v té které části naší země. I když se původní ideový obsah těchto děl mnohdy vytrácí, zůstávají mlčenlivými svědky naší historie a nedílnou součástí kultury a dědictví, které jsme povinni uchovat pro příští generace. A to bez ohledu na to, zda tu kterou památku stvořil Čech, Němec, Vlach či kdokoliv jiný.

Kameny bývají laickou veřejností vnímány jako symbol něčeho pevného, velmi trvanlivého až věčného. To se odráží i v řadě lidových rčení jako třeba: „*Tvrký jako kámen (velmi tvrdý); je z kamene (neoblomný); to je jako do kamene šestipalcovým písmem vydlabáno (naprosto jisté).*“<sup>1</sup> Z pohledu jedné generace tomu tak být může, ale ne vždy. Je třeba si uvědomit, že i kámen podléhá zkáze a to vlivem působení nejrůznějších procesů. Jednou z řady problémů ve snaze o zachování kamenných památek v krajině je tzv. biodeteriorace ovlivněná či podmíněná dřevinami. Touto prací rozhodně nechci vyzývat k bezduchému kácení stromů v blízkosti památek. Právě naopak chci vybědnout k zamyšlení. Mnohdy památka a stromy tvoří neoddělitelný celek. Při absenci jedné či druhé složky by malebnost místa nenávratně utrpěla. Na druhou stranu si je třeba uvědomit, že v určitých podmínkách mohou některé druhy stromů a některé druhy sochařských kamenů vytvořit specifické mikroklima vedoucí ke zvýšené degradaci kamene. Pokud si tuto problematiku uvědomujeme, můžeme jí zamezit či alespoň

---

<sup>1</sup> ZAORÁLEK, Jaroslav. *Lidová rčení*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1963.

výrazně zpomalit. Pokus o porozumění této problematice bude úkolem této práce. Jelikož ve vztahu kámen - strom hraje roli celá řada faktorů, budu se podrobněji zabývat problematikou biodeteriorace kamene mikroorganismy jako jsou sinice, řasy, lišejníky a mechy (vzhledem k mé specializaci je tato část zpracována formou rešerše). Pokusím se pozorovat vliv jednotlivých vybraných druhů dřevin na specifické mikroklima a vhodné životní podmínky pro ten který mikroorganismus na vybraných příkladech. Ostatní faktory pouze zmíním pro představu o šíři problematiky, kterou je třeba brát na zřetel. Součástí práce je i stručný výčet symboliky a ikonografického významu stromů, který má poukazovat na to, že se nejedná čistě o přírodovědně orientovanou problematiku, ale je dobré uvědomit si i tuto humanitně zaměřenou náplň.

Při prvním seznámení se s památkou před námi stojí mnohdy nelehký úkol rozhodnout, jaké všechny prvky podporují estetické kvality díla. Dřeviny jimi v naprosté většině případů jsou. Je jím ale i mikrobiologický porost povrchu kamene, pro který dřeviny vytvářejí vhodné podmínky? A kde je ta správná míra, kdy řasy, lišejníky, mechy, a jiné organismy podporují celkové zapojení památky do přírody a konkrétního místa a kdy už je porost natolik rozbujelý, že památku potlačuje a škodí nejen po materiální stránce, ale i esteticky? Mohu zde zmínit příklad Velké Británie, kde je k lišejníkům často přistupováno jako k nedělitelné součásti památky a můžeme se zde setkat s porosty, které jsou ponechány i několik set let bez zásahu člověka. Vzniká tak další specifická hodnota.

Jedním z prostředků, které máme k dispozici pro likvidaci či omezení mikrobiologického porostu kamene jsou biocidní přípravky. Účinnost biocidu má ovšem pouze dočasný charakter. A v určitých případech může být dokonce kontraproduktivní. Je tedy vhodnější hledat i jiná řešení, která povedou k potlačení či usměrnění mikrobiologického porostu kamene.

Na druhé straně mohu zmínit extrémní příklad kambodžských chrámů, které, pokud by byly ponechány bez údržby, by pohltila během několika mála let džungle. Avšak i zde jsou ponechány některé dřeviny jako součást památky. Ačkoliv ji prokazatelně poškozují, jejich estetická kvalita převládá nad konzervační snahou. To znamená, že na tyto otázky neexistuje jednoznačná odpověď a je na zodpovědnosti, dialogu a uvážení zainteresovaných stran při každé konkrétní památce, jak se rozhodne. Bohužel omezená znalost ekologických vztahů a životních potřeb mikroorganismů nás v tomto směru značně omezuje.

Součástí práce je restaurátorská zpráva sousoší *Panny Marie sedmibolestné* ze zahrady státního zámku Sychrov, která je obklopena vzrostlými dřevinami. Restaurování tohoto díla jsem měl za úkol v rámci praktické části bakalářské práce. Vzhledem k umístění díla v těsném sousedství dřevin jsem musil řešit následky a především budoucí prevenci zejména proti mikrobiologickému porůstání kamene.

## 2 Vliv dřevin na kamenné památky

### 2.1 Ikonografie, symbolika a charakteristika vybraných dřevin

#### 2.1.1 Strom

Stromy člověka provází odnepaměti. Kromě zdroje dřeva, různých plodů, šťáv, míz, balzámů a pryskyřice či medovice sloužící včelám k výrobě medu, znamenají stromy pro člověka mnoho i v symbolické rovině. Svou dlouhověkostí stromy mnohdy provází několik lidských generací. Velmi starý je zvyk výsadby mladého stromku při příchodu nového člověka na svět. Strom může mít význam jak ochranný (sídlo dobrých přírodních sil, apod.), tak i tajuplný, děsivý (černý les, popravčí strom). Křesťanská symbolika posouvá význam stromu. Strom nebo jeho součást se stává atributem mnoha světců a světic.<sup>2</sup> Ze stromu je dřevo kříže a většina oltářů katolických kostelů. Pro jabloň, tedy předobraz stromu poznání, je v latině název *Malus*, tedy špatný, což má odrážet prvotní hřích Adama a Evy.

V minulosti byl akcentován i počet jednotlivých stromů. Setkáme-li se v krajině s kaplí či sochou zasvěcenou boží trojici, můžeme s největší pravděpodobností očekávat, že toto číslo bylo uplatněno i v počtu vysazených stromů a měl by být na něj brán zřetel také při rekonstrukci a obnově těchto lokalit.

*„Bohatě se košaticí strom vyjadřuje symbol bytí lidského rodu od kořenů dávnověkosti až po právě rašící haluze přítomnosti. Všechny konce stromu navzájem od sebe sebevíc vzdálené spojuje jeden kmen a míza stejně jako krev proudí celým tím stromem života. Již v bibli nalézáme obraz stromu stojícího uprostřed rajske zahrady, propůjčujícího nesmrtelnost. Tajemství nesmrtelnosti je ukryto právě v životní síle, s níž rok co rok narůstají nové větve a plody stromu života. Větvící se koruna stromu dávala a dává nová poznání všech možných souvislostí, jimiž nás život obklopuje. Je to velkolepý*

---

<sup>2</sup> SKRUŽNÝ, Ludvík. *Atributy vybraných biblických postav, světců a blahoslavených*. Čelákovice: Městské muzeum v Čelákovicích; 1996

*nekonečný děj, kdy z generace na generaci se lidé vzdalují od kmene stromu, a také jeden od druhého.*“<sup>3</sup>

## 2.1.2 Lípa (*Tilia*)

### 2.1.2.1 Symbolika lípy

*„Lípa je v českých zemích považována za národní a slovanský strom. Symbolizuje mírnost, vlídnost, něžnost a pohostinnost. Bývá také označována za strom práva a soudu.*

*Lipový list, svým tvarem podobný srdci, značí štěstí lásku a pravdu. Lipové ratolesti zdobí standartu prezidenta naší republiky a podtrhují svou symbolikou význam prezidentského hesla PRAVDA VÍTĚZÍ.*“<sup>3</sup>

Podle Jirouta<sup>4</sup> byla lípa pro staré Slované strom posvátný. Věřilo se, že v jejích větvích bydlí nadpozemské bytosti a duchové, kteří jsou lidem nakloněni. Slované přinášeli pod lípy oběti bohům. Konali se zde schůze, soudy a velké slavnosti. Lípa byla s oblibou vysazována poblíž domů. Od vzniku Československé republiky je lípa stromem svobody a symbolem vzájemnosti slovanské.

Ida Rystonová<sup>5</sup> uvádí toto lidové názvosloví: *„Lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.)- evropský čaj, královna medonosných rostlin (jeden květ poskytuje 7mg nektaru, 1 ha lipového lesa je zdrojem 1 t medu za sezonu)<sup>5</sup>, lignum sanctum, lípa malolistá (lípa velkolistá je *Tilia platyphyllos* Scop.), lípa zemní, lípa zemská, lipečka, lipen, lipové uhlí *Carbo Tilia* (pro absorpční schopnost slouží jako náhrada uhlí živočišného), slavostrom (podle J. Kollára), strom lásky, strom milenců strom Slovanů, strom zamilovaných, svaté dřevo.“*

Dle Koblížka<sup>6</sup> pochází latinský název pravděpodobně z řeckého *ptilon* - křídlo; podle listenů květenství.

---

<sup>3</sup> MYSLIVEČEK, Milan. *Panoptikum symbolů, značek a znamení*. Praha: Horizont, 1992.

<sup>4</sup> JIROUT, František. *Dřevo v přírodě a řemeslech, v živnosti a průmyslu vůbec*, technologie dřeva, díl II. Praha: Zemědělské knihkupectví A. Neubert, 1928.

<sup>5</sup> RYSTONOVÁ, Ida. *Průvodce lidovými názvy rostlin i jiných léčivých přírodnin a jejich produktů*. Praha: Academia, 2007.

<sup>6</sup> KOBLÍŽEK, Jaroslav. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. Tišnov: SURSUM, 2006.

### 2.1.2.2 Charakteristika lípy

„Roste porůznu v lesích, hlavně v mírném pásu sev. polokoule v Evropě, Asii a Americe; pěstuje se u nás hojně v sadech, ve stromořadích, při domech, ve dvou družích, jako lípa malolistá a velkolistá. Šumí a voní na každé návsi, nad střechami chalup i dvorců, stín chladný dává na rozcestích, u křižovatek cest a silnic, v alejích, u kapliček a křížů, kolem škol, v polích i na hřbitovech. Každé české srdce srostlo s tím košatým stromem všude, a proto také zachovalo se u nás tolik krásných, prastarých lip i alejí lipových.“<sup>7</sup>

„*L. malolistá* čili zimní (*Tilia parvifolia*) je až 25 m vysoký strom, s košatou korunou a s tenčím kmenem nežli lípa velkolistá. Lípy potřebují půdu kyprou, výživnou a hlubokou, neboť mají kořeny srdcové, silné, i postranní tlusté. Dosahují ohromného stáří, až několika set let, a tloušťky kmene někdy 1–3m; i lípy tisícileté nejsou vzácností. V hustém lese nebo v sadě mají stromy vyšší válcovitý kmen a nevelikou korunu; podle cest, při domech a jinde volně vyrostlé lípy mívají kmen krátký, rozvětvený a korunu široce rozloženou, košatou.“<sup>7</sup>

Lípa stříbrná (*Tilia tomentosa*) je opadavý listnatý strom dorůstající výšky 18–25 (–40) m s široce kuželovitou korunou. Listy jsou na lici tmavozelené a na rubu šedobíle plstnaté. Původem pochází z jihovýchodní Evropy a Malé Asie.<sup>8</sup>

Tvar kořenového systému bývá kulový nebo srdčitý, dřevina dosahuje stáří 300–400 let.<sup>9</sup>

### 2.1.3 Zerav (*Thuja*)

#### 2.1.3.1 Symbolika zeravu

Zerav, známý i jako túje je stálezelený jehličnatý strom z rodu zeravů. Přirozeně se vyskytuje na severozápadě Spojených států, do Evropy byl importován v roce 1545. V lidové kultuře bývá zaměňován s cypřišem, jenž je považován za strom života, a to je také jeden z důvodů, proč se těší masové oblibě při výsadbách na hřbitovech.

---

<sup>7</sup> JIROUT, František. *Dřevo v přírodě a řemeslech, v živnosti a průmyslu vůbec*, technologie dřeva, díl II. Praha: Zemědělské knihkupectví A. Neubert, 1928.

<sup>8</sup> KOBLÍŽEK, Jaroslav. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. Tišnov: SURSUM, 2006.

<sup>9</sup> GREGOROVÁ, Božena. *Ošetřování dřevin - podklady k přednáškám*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.



V lidovém pojetí se setkáme s názvy cypřiš, chvojka, kanadský cedr, peručí, strom života, thúje, túje západní.<sup>10</sup> Původ názvu je z řeckého *thya* - kadidlový strom; vonné dřevo.<sup>11</sup>

### 2.1.3.2 Charakteristika zeravu západního

Zerav západní (*Thuja occidentalis*) je jehličnatý stálezelený strom se šupinatými jehlicemi dorůstající výšky 8–20 m.<sup>12</sup> Koruna je kuželovitá později až vejcovitá, někdy tvoří jen keř. Zerav západní pochází z východní části Severní Ameriky.<sup>11</sup> Kořenový systém je povrchový, ale hlubší než např. smrk. Dřevina dosahuje stáří 500–1000 let.<sup>13</sup>

*„Je nízký jehlancovitý strom 6-20 m vysoký, který v Kanadě a ve Spojených státech amerických (na vých.) je rozšířen v celých lesích thujoých na půdách bažinatých a na pobřeží řek. Thuje vysazuje se u nás často v sadech a na hřbitovech ve dvou druzích a bývá někde od lidu chybně nazývána „cypřišek“ nebo „chvojka“. Bývá zaměňován s cypřišem (*Cupressum sempervirens*).“<sup>14</sup>*

## 2.1.4 Javor (*Acer*)

### 2.1.4.1 Symbolika javoru

Rystonová<sup>10</sup> uvádí lidové názvy javor horní, javor horský, klen, klenek, klenice, klenka. *„Staré latinské jméno pro javor je acer, snad z latinského acer tvrdý nebo ostrý nebo z keltského ac hrot.“<sup>11</sup>*

### 2.1.4.2 Charakteristika javoru mléče

Javor mléč (*Acer platanoides*) je listnatý opadavý strom dorůstající výšky 25 m s široce sloupovitou korunou.<sup>12</sup> Kořenový systém je srdčitý, dosahované stáří bývá 150–200 let.<sup>13</sup>

*„Roste na půdách výživných (vápno) a hlubokých, sušších, ale ne mokřích, ve vlažném ovzduší i slunečných polohách; kořeny srdcové vnikají hluboko do půdy. V mládí*

<sup>10</sup> RYSTONOVÁ, Ida. *Průvodce lidovými názvy rostlin i jiných léčivých přírodnin a jejich produktů*. Praha: Academia, 2007.

<sup>11</sup> KOBLÍŽEK, Jaroslav. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. Tišnov: SURSUM, 2006.

<sup>12</sup> COOMBES, Allen J. *Stromy*. Praha: Euromedia Group, k. s. - Knižní klub, 2006.

<sup>13</sup> GREGOROVÁ Božena. *Ošetřování dřevin - podklady k přednáškám*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.

<sup>14</sup> JIROUT, František. *Dřevo v přírodě a řemeslech, v živnosti a průmyslu vůbec, technologie dřeva, díl II*. Praha: Zemědělské knihkupectví A. Neubert, 1928.

*roste javor rychle. Od 30-40 let roste už pomaleji, ve 100 letech je vzrůst stromu skoro ukončen, proto dřevo záhy od kořenů se kazí.*“<sup>15</sup>

## **2.2 Charakteristiky dřevin ovlivňující stav kamenné památky**

### **2.2.1 Tvar koruny**

Habitus (vytváří ho vzájemná poloha a skladba jednotlivých větví) dřeviny má zásadní vliv na míru světla dopadajícího do jejího okolí. Jelikož se jedná vždy o jedince, který je odlišný i v rámci svého taxonu, musíme také v případě jednotlivých dřevin postupovat individuálně. Přesto lze očekávat u konkrétního druhu stromu určitý tvar koruny. Tvar koruny je rovněž ovlivněn vnějšími faktory. Je jím například lokalita, kde strom vyrůstá. Jinak bude vypadat strom vyrostlý v lese ve skupině jiných dřevin (pak lze předpokládat vysoký rovný kmen s větvemi snažícími se dosáhnout zdroje světla) a jiný bude solitér ve volné krajině (poměrně nízko nasazená koruna expandující do co možná největší plochy). Tvar koruny může být nadále ovlivněn i dalšími faktory jako např. klimatickými podmínkami stanoviště (převládající směr větru, lokální zastínění, nadmořská výška, a další), mechanickým poškozením a účelným tvarováním.

Podle Boženy Gregorové<sup>16</sup> není definice tvarových forem jednotná. Základní tvar je kuželovitý, zaoblený, kulovitý. Mění se během života (přičemž proměnlivost je větší u listnáčů) v závislosti na stanovišti (např. s nadmořskou výškou). Nedostatečný prostor způsobuje růstové deformace. Koruny bez osově souměrnosti nazýváme obvykle nepravidelné koruny.

#### **2.2.1.1 Faktory, které ovlivňuje koruna**

V souvislosti s mírou slunečního záření má koruna vliv na teplotu vzduchu ve svém okolí a přispívá tak k stabilnějšímu klimatu (pomalejší ohřívání během dne a naopak pomalejší ochlazování večer a v noci).

---

<sup>15</sup> JIROUT, František. *Dřevo v přírodě a řemeslech, v živnosti a průmyslu vůbec*, technologie dřeva, díl II. Praha: Zemědělské knihkupectví A. Neubert, 1928.

<sup>16</sup> GREGOROVÁ Božena. *Ošetřování dřevin - podklady k přednáškám*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.

Tvar koruny může mít vliv i na případné mechanické poškození památky. A to v případě pádu odlomených větví, či výkyvu ve větru, když kmen stromu roste v bezprostřední blízkosti památky.

Tvar koruny je třeba vzít v úvahu také v souvislosti s možným sjetím blesku. Na druhou stranu může naopak mít funkci ochrannou. Může svým tvarem a vhodným umístěním vůči památce a světovým stranám pomoci odstínit památku před přílišnými náporu větru a případné blesky bezpečně svézt do země.

Dále tvar koruny ovlivňuje spad materiálu, především listů.

### **2.2.1.2 Tvarování koruny**

Široká hustá koruna hůře vzdoruje silným náporům větru a může způsobit i výkyv kmene ve větru. To je obzvláště důležité v případě, že kmen stromu roste v bezprostřední blízkosti památky.

Tvarování koruny využívá růstové korelace, tedy přímé souvztažnosti růstu kořenového systému a větví. Tvarování koruny prořezem by mělo být průběžné, strom by neměl být dlouhodobě zanedbaný. Pokud totiž dřevinu začneme tvarovat a prořezávat, je třeba v této aktivitě pokračovat. Keře je třeba prořezávat každý rok, stromy v intervalu dvou až tří let, v závislosti na účelu prořezu. Vzrostlé stromy, pokud jsou v dobré kondici, se pak neprořezávají vůbec a odstraňují se pouze suché či zlámané větve.

Seřezávání koruny takzvaně „na babku“ musí probíhat pravidelně, nejlépe každoročně. Tímto způsobem odříznutá letitá koruna je nevratným poškozením stromu.

### **2.2.2 Kořeny**

Tvar kořenů má význam na stabilitu stromu a příjem živin. Pro každý druh stromu bývá typický určitý tvar kořenového systému. Pro památky mohou být kořeny příčinou destrukce, kořen svým růstem může působit silou na stěny kamene a v případě jeho nesoudržnosti nebo drobných vad může způsobit trhliny. Dle Canevy<sup>17</sup> může tlak během růstu a radiálního tloušťnutí kořenů dosáhnout až 15 atmosfér. Kořeny mohou působit na kámen také produkty metabolismu. Acidita kořenových špiček může dosáhnout pH 5–6 u planých rostlin a pH 3–4,5 u některých kultivarů. Pro vymezení nežádoucího prorůstání

---

<sup>17</sup> CANEVA G., M. P. NUGARI and O. SALVADORI, ed. *Plant Biology for Cultural Heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2008.

kořenů lze použít kořenové zábrany. Jedná se o průmyslově vyráběné fólie. Růst kořenů lze do jisté míry omezit prořezáváním větví díky růstové korelaci.

Velikost kořenového systému většinou představuje čtvrtinu až polovinu nadzemní hmoty dřeviny. U solitéru má kořenový systém dvakrát až třikrát větší průměr než koruna. Kořenový systém stromů může expandovat do desítek metrů jak na povrchu, tak i do hloubky.<sup>18</sup>

Na druhou stranu může být kořenového systému využito jako přírodní armatury, která je schopna zařezávat kamenné dílo před vyvrácením. Kořeny jehličnatých stromů prorůstají půdu intenzivněji než kořeny stromů listnatých. Obecně nejsilněji prorůstají kořeny srdčitého systému. Větší přizpůsobivost kořenového systému ke změnám podmínek (hlavně změně podzemní vody) mají listnáče. Velká schopnost rozvoje kořenového systému je charakteristická pro rychle rostoucí stromy. (Viz tab. 1)

### **2.2.3 Habitus a taxon dřeviny**

Tvar, stáří, vzrůst, výška, průměr a obvod kmene, nasazení větví, šíře a tvar koruny a jistě i další morfologické odlišnosti hrají důležitou roli ve vztahu dřevina a památka. Tyto faktory mají nesporný vliv na mikroklima v okolí dřevin. Přestože je to jedna ze základních určujících podmínek pro výskyt mikrobiologického porostu a znalosti tohoto téma by byly přínosné i v jiných oborech, není mi známo, že by bylo zpracováno.

Určující, případně limitující je v tomto směru i případné zastínění památky (které může být z některých stran žádoucí a jindy zase nepřipustné) či ohrožení tlaky vznikajícími při růstu, výkyvem nebo pádem větví a podobně.

### **2.2.4 Prostředky na sanaci stromu a zamezení nebezpečí vůči památce**

- vyvazování nestabilních větví lany
- prořezání
- bednění
- stříšky a izolace dutin hrozících zatékáním vody a vnitřním vyhníváním kmene
- kořenové bariéry, a podobná opatření

---

<sup>18</sup> CANEVA G., M. P. NUGARI and O. SALVADORI. *Plant Biology for Cultural Heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2008.

- monitorovací systém na pohyb (výkyv) dřevin (prevence před mechanickým poškozením)

### **2.2.5 Srovnání jehličnanů a listnáčů z hlediska ochrany památek**

Zásadní rozdíl je především v míře zastínění během zimních měsíců. Svou roli hraje i kyselá pH jehličí. Zajímavý je v tomto směru výsledek měření pH vzorků kůry z dřevin pod kterými jsem měl uloženy pokusné vzorky. (Viz tab. 16)

Z historického hlediska je výsadba jehličnatých dřevin v blízkosti památek až novodobou záležitostí, proto není vhodná.

## **2.3 Další faktory zasahující do vztahu dřeviny a kamenné památky**

### **2.3.1 Převládající směr větru**

Má roli na vlhkost kamene. Pokud se jedná pouze o vítr beze srážek, přispívá k vysychání kamene a omezuje tak podmínky potřebné pro rozvoj mikroorganismů. Pokud je naopak vítr spojený se srážkami, může způsobit zavlhnutí i v místech tzv. srážkových stínů.

### **2.3.2 Orientace stromu vůči památce a světovým stranám**

Velký význam má orientace památky k světovým stranám a ke stromům, případně vodní ploše. Orientace památky vůči stromu a světovým stranám souvisí především s mírou osvětlení. Ta může mít druhotně vliv na povrchovou vlhkost kamene.

Je vhodné zohlednit, že plochy, které nejsou zahřívány slunečními paprsky, jsou více náchylné k porostu. Slunce má jednak zahřívací efekt, což brání vzniku kondenzátu a tím také zkracuje dobu vlhkosti povrchu. Navíc má sluneční světlo svým podílem ultrafialového záření určitý dezinfekční účinek. (Viz tab. 3-6)

### **2.3.3 Lokální morfologické podmínky**

Stejně jako v předchozím případě mohou mít vliv na míru osvětlení a směr větru lokální morfologické podmínky. Podstatné je i rozmístění dřevina – památka. (Viz tab. 2)

### 2.3.4 Druh půdy

Druh půdy má vliv spíše na dřevinu než přímo na památku. V jílových půdách může docházet k posunům vlivem odparu vody respirací dřevin. To je nutné zohlednit při tvorbě základů, na kterých bude památka umístěna.

Václav Kupilík<sup>19</sup> uvádí, že smršťování jemnozrných půd, které mohou být reprezentované jíly, se v našich poměrech projevuje až do hloubky 1,3 m (výjimečně až do hloubky 4m v některých oblastech Severočeského kraje – např. Ústí nad Labem). Z tohoto důvodu je třeba zakládat stavby až do těchto hloubek, nebo v kritickém období zajistit vlhkost jílových vrstev v podzákladí. Z dřevin nejvíce odsávají spodní vlhkost topol, olše, jasan, klen nebo jilm, které jsou v blízkosti objektů. Je zřejmé, že významnou úlohu pro riziko vzniku trhlin hraje i vzdálenost dřevin od objektů. (Viz tab. 2)

### 2.3.5 Nadmořská výška

Ovlivňuje hlavně teplotu a vlhkost. „*Roční průměrná teplota vzduchu klesá o 0,5 °C na 100 m výšky (výškový teplotní gradient) a tím se zkracuje vegetační období. Zvyšuje se množství srážek, vlhkost vzduchu a intenzita větru.*“<sup>20</sup>

Podle dominantní dřeviny rozeznáváme výškové stupně s odchylkami podle místních podmínek (matečná hornina, reliéf krajiny, zeměpisná šířka, apod.)<sup>20</sup>

- Stupeň dubohabrových lesů: nížiny a pahorkatiny (7 až 10 °C, to je do 400–500 m)
- Stupeň bučin: podhorský stupeň (4 až 7 °C, asi do 800–1000 m)
- Stupeň smrčín: horský stupeň (1 až 4 °C, mezi 1000–1500m)
- Stupeň klečových porostů: subalpínský stupeň (0 až 2 °C, mezi 1400–1800m)
- Stupeň alpínských luk: alpínský stupeň (0 až –4 °C, nad 1800m)

### 2.3.6 Voda

Voda je jednou ze základních podmínek k životu všech živých organismů. Ovšem v různém množství a různých formách. Zároveň voda významně ovlivňuje korozi

---

<sup>19</sup> KUPILÍK, Václav. *Vliv vegetace na stabilitu budov*. In: *Zpravodaj STOP*, sv. 4, č. 2. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002.

<sup>20</sup> KISLINGER, František a kol. *Biologie I. (základy mikrobiologie, botaniky a mykologie)*. Klatovy: Gymnázium v Klatovech, 1992.

kamene. Za její nepřítomnosti je minimální nebezpečí poškození mrazem a vodorozpustnými solemi a výrazně omezuje existenci živých organismů. Také chemické reakce složek kamene jsou v suchém prostředí velmi zpomaleny.<sup>21</sup>

Dřeviny mohou ovlivňovat distribuci vody z několika hledisek a vytvářejí tak specifické mikroklima. Ovlivňují nasměrování srážkové vody, která stéká po listech či jehličích. U listnatých dřevin v zimních měsících po opadání listů je distribuce srážkové vlhkosti rovnoměrnější a je ovlivněna především hustotou koruny a rozložením větví. Dalším zdrojem vlhkosti je voda zadržovaná přímo dřevinou. Ta ovlivňuje vztlínající vlhkost přímo ze země od kořenů. Také evaporace vodních par prostřednictvím listů či jehličích ovlivňuje mikroklima v okolí dřevin. (Viz tab. 3)

Dřevina může působit rovněž jako jakési vodní čerpadlo. Byly zaznamenány případy, kdy po vykácení vzrostlého stromu, který rostl v blízkosti budovy, výrazně stouplo zavlhčení objektu. Živý strom odčerpával ve vegetačním období poměrně velké množství vody z půdy, která po jeho vykácení ve větší míře pronikala ze základů do objektu.<sup>22</sup>

#### **2.3.6.1 Kondenzační vlhkost**

Pro celou řadu mikroorganismů je to hlavní zdroj vody potřebné k životu. Setkáme se s ní vždy na počátku a konci dne (východ a západ slunce). Ráno je kondenzát způsoben vysrážením vzdušné vlhkosti z teplejšího vzduchu na chladnějších površích (efekt orosené lahve vytažené z lednice). Večer je tento efekt způsoben ochlazením vzduchu, který pak není schopen udržet si všechnu vlhkost, kterou pohltil během dne.

*„Blízkost stromů a vody v blízkosti památky má vliv do té míry, že relativní vlhkost vzduchu v jejich okolí je všeobecně vyšší než na volném prostranství. K tomu je třeba přičíst skutečnost, že mezi stromy je proudění vzduchu zpomalené v porovnání s volným prostorem. Protože součinitel přestupu tepla mezi povrchem a vzduchem je velmi závislý na pohybu vzduchu na povrchu, způsobuje zpomalené proudění vzduchu větší odpor*

---

<sup>21</sup> KAŠE, Jiří a Petr KOTLÍK. Braunův Betlém, drama krajiny a umění v proměnách času. Praha: Paseka, 1999.

<sup>22</sup> KOTLÍK, Petr a kol. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007.

*přestupu. To brání ohřátí podchlazeného povrchu na teplotu vzduchu, a tím rovněž pomaleji schne povrch pokrytý kondenzátem.* “<sup>23</sup>

*„Při obsahu přibližně 5 hmotnostních procent vlhkosti dochází, nejdříve v povrchové vrstvě, později i v hlubších partiích zdiva, k růstu různých druhů bakterií, které vegetují ve stopách nečistot a prachu, který byl na zdivo zanesen větrem. Mikrobi zde produkují řadu metabolitů, zvláště organické kyseliny a aminokyseliny. Ty vytvářejí s minerálními látkami ve zdivu soli, které urychlují migraci vlhkosti.* “<sup>24</sup>

### **2.3.7 Osvětlení**

Přirozené světlo, jehož součástí je i UV záření, do jisté míry redukuje mikrobiologický porost povrchu kamene. (Viz kapitola 2.3.2) Při zastínění památky dřevinou tak vzniká vhodnější prostředí pro růst mikrobiologických organismů.

Důležité je také:

- množství
- intenzita
- kvalita (polychromatické-monochromatické) Žluté světlo eliminuje růst mechů a lišejníků-mají raději modré světlo.
- dynamika osvětlení- poměr světla a tmy v čase
- design osvětlení

## **2.4 Možné mechanické poškození kamenných památek způsobené přítomností dřevin**

- mechanické poškození vlivem pádu stromu či odlomených větví
- blesky
- spad materiálu vyprodukovaného dřevinami
- biodegradace kamene

---

<sup>23</sup> KOTLÍK, Petr a kol. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007

<sup>24</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.



## 2.5 Pozitivní vliv přítomnosti dřevin na kamenné památky

- estetická funkce dřevin
- snížení prašnosti
- stabilnější klima
- odvod vody z půdy
- funkce ochrany před bleskem (především v případě soliterně umístěných památek). (Viz obr. 12) Tento aspekt je třeba dobře zvážit, aby nedošlo naopak k poškození památky například pádem bleskem odlomené větve.

## 2.6 Biologické osídlení a degradace kamene

Biologické osídlení povrchu kamene s sebou může přinášet poškození fyzikální, chemické (zavlhčení objektu, přeměna minerálů a podobně), nebo kombinaci obou. Výše zmíněná poškození pak mohou být způsobena jak působením samotných mikroorganismů, tak spolupůsobením dalších faktorů z okolí. Zároveň tak může vzniknout problém estetický. Pro restaurátory je obzvlášť důležité počítat s biologickým osídlením kamene i v souvislosti s použitými materiály při restaurování a konzervaci. Ty mohou být totiž dle svého složení zdrojem živin pro určité druhy mikroorganismů. Na druhou stranu může být biologické osídlení v určitých případech vnímáno jako součást díla nebo v některých případech působit i jako ochranný film.

Základní podmínky ovlivňující výskyt mikroorganismů na kameni jsou vlhkost, přítomnost živin (Viz tab. 7), pH substrátu, složení vzduchu (Viz kapitola 3.1). V současné době je známo jen velmi omezené množství informací týkající se ekologie konkrétních mikroorganismů osidlujících povrch kamene. Základní informace tohoto typu jsou částečně dostupné pouze k nejběžnějším druhům. U méně hojných druhů nejsou často informace týkající se jejich ekologie žádné. Pokud bychom je znali, pomohlo by nám to stanovit optimálnější podmínky pro restaurátorský zásah a obecně i pro dlouhodobější režim památky.

Znalosti získané z identifikace jednotlivých druhů žijících na povrchu kamene mohou být cenným zdrojem informací. Určení některých druhů může sloužit jako vodítko ke zjištění použitého materiálu v předchozích zásazích. Některé druhy jsou vázány na

specifický charakter podkladu (bazický, kyselý). Teoreticky je možné velmi zhruba odhadnout i stáří jednotlivých kolonií podle jejich velikosti, což by umožnilo přibližné stanovení doby, která uplynula od posledního čištění povrchu kamene. V praxi je však tento způsob datace ovlivněný řadou různých faktorů a lze ho brát pouze jako doplňující informaci, kterou lze podepřít data získaná jiným způsobem. Další informace, kterou může biologický průzkum prozradit, jsou plochy vystavené vodě a to ať už srážkové či vztlínající vlhkosti.

## **2.7 Poškození kamenných památek vzniklé působením mikroorganismů**

### **2.7.1 Fyzikální**

Poškození kamenných památek vzniklé působením mikroorganismů může být:

- obrušování
- ztráta soudržnosti - koheze
- ztráta pevnosti
- narušení - vlivem pohybu a růstu
- eroze, biofilm a v něm obsažená voda působí erozně zejména při mrazových cyklech či při distribuci vodorozpustných solí
- křehkost
- krakely, lupínková odlučnost povrchu

### **2.7.2 Biochemické**

Materiál sloužící jako zdroj potravy je rozkládán pomocí enzymů nebo poškozován produkty metabolismu. Organismy produkují kyseliny anorganické (dusičná, sírová, uhličitá) což je charakteristické především pro bakterie, organické (citrónová, octová, mléčná, mravenčí, šťavelová), komplexotvorné látky způsobující chelatizaci, korozi, rozpouštění a skvrny.

### **2.7.3 Estetické**

Estetické znehodnocení provázejí skvrny, odbarvení, patina, bílé práškovatění, pigmentace (černé povlaky jsou často způsobené bakteriemi schopnými vázat dusík).

## **2.8 Pozitivní vliv některých mikroorganismů**

Přítomnost některých mikroorganismů může mít i pozitivní vliv. Například:

- mohou být ochrannou vrstvou
- mohou vytvářet určité minerály (což lze využít při restaurování)
- mohou sloužit jako indikátory prostředí
- mohou pomoci odstranit určité polutanty
- v určitých případech mohou vhodně doplnit estetické kvality díla

## **2.9 Volba vhodné dřeviny**

Kromě všech výše zmíněných faktorů by měl být brán zřetel i na případné znečištění trusem ptáků. Kromě účelného tvarování, které může omezit počet větví zasahujících do prostoru nad památkou a umožňující tak potenciální znečištění povrchu ptačím trusem je třeba počítat i s materiálovým složením trusu. V případě, že v okolí památky roste např. černý bez, který je oblíbenou ptačí pochoutkou, musíme počítat i s nepříznivou pigmentací vlivem exkrementů.

Obecně platí pravidlo, že k památkám by se měly vysazovat původní domácí dřeviny. Pokud máme informaci (torzo staré dožilé dřeviny, historická fotografie, zprávy pamětníků či zápis v kronice, atd.) o původním druhu dřeviny v dané lokalitě, je vhodné k této skutečnosti přihlédnout.

Při výběru vhodné dřeviny pro konkrétní lokalitu by měla být brána v úvahu i průměrná výška dřeviny, které běžně dosahuje. A to tak, aby dřevina nezakrývala památku. Dřevina by měla mít korunu mimo hlavní pohledové osy na památku (pod nebo nad památkou). V souvislosti s tímto problémem by mělo být zvaženo, zda a do jaké míry bude dřevina udržována a tvarována případným prořezem (Viz kapitola 2.2.1.2). Obecně také platí, že jehličnany v porovnání s listnatými dřevinami vytvářejí vhodnější

specifické mikroklima pro růst zelených řas (Viz graf 4c.1–4c.4). Pokud je takový porost na povrchu památky nepřijatelný, je třeba častější údržba (čištění, aplikace biocidů), nebo i výměna druhu dřeviny.

### 3 Přehled biodeteriogenů

#### 3.1 Optimální podmínky pro růst mikroorganismů - Dílo jako ekosystém

Živé organismy potřebují pro svou aktivitu specifické podmínky. Požadavky jednotlivých organismů na následující faktory se liší. Těmito podmínkami jsou zejména voda a v ní rozpuštěné složky včetně vzdušné vlhkosti, světlo jako zdroj energie (neplatí pro heterotrofní houby), vzduch jako směs plynů i pevných látek, klima (teplota, vlhkost), pH substrátu (rozmezí pH umožňující růst mikroorganismů je 4–10, mikroorganismy mohou pH substrátu výrazně měnit), přítomnost zdroje živin a nároky na složení substrátu (chemický a fyzikální aspekt).

Nároky pozměňuje i vzájemné soužití více různých organismů pohromadě. Toto téma je doposud poznáno jen okrajově. Pokud je kamenná památka umístěna osamocně v otevřené krajině, pak její povrch připomíná pouštní prostředí (vysoké rozdíly denních a nočních teplot). V takových podmínkách je schopno přežít daleko méně organismů než v mírnějším mikroklimatu, které dřeviny vytvářejí.

##### 3.1.1 Vzájemný vztah jednotlivých organismů

Wasserbauer<sup>25</sup> uvádí následující vztahy jednotlivých organismů:

- Komensalismus, komensalismus - (poskytnutí výhody druhému) - biodegradace probíhá pouze u smíšené populace
- Synergismus (syntrofismus) - (umocnění efektu, vzájemně výhodné)- vznik určité hierarchie v buněčném společenství
- Kompetice (soutěžení) - soutěž více mikroorganismů o jeden substrát

---

<sup>25</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

### 3.1.2 Biologičtí činitelé - dělení mikroorganismů

Organismy můžeme dělit na epilithické žijící na povrchu kamene a endolické žijící uvnitř kamene.

Podle zdroje živin rozlišujeme organismy autotrofní, které si pro svůj život vytvářejí organické látky přeměnou anorganických ( $\text{CO}_2$ ), a heterotrofní organismy vyžadující organicky vázaný uhlík. „*Současné poznatky však ukazují, že povrch kamene má dostatek organického materiálu (prach, špína, uhlovodíky) vhodného k bohatému rozvoji mikrobů.*“<sup>26</sup> (Viz tab. 7) Podle zdroje energie rozlišujeme organismy fototrofní získávající energii ze světelného záření a organismy chemotrofní, které využívají energii z chemických vazeb. Chemotrofní organismy lze specifikovat na chemolitotrofní (energie z anorganických látek) a chemoorganotrofní (energie z organických látek). Mezi tyto organismy patří bakterie, houby, prvoci a mnohobuněční.<sup>27</sup>

Podle nároku na kyslík se mikroorganismy dělí na aerobní a anaerobní. Další dělení může být dle formy na organismy jednobuněčné nebo mnohobuněčné.

## 3.2 Bakterie

„*Bakterie představují z chemického hlediska největší nebezpečí pro kámen. Pro svůj zdárný růst potřebují hlavně zdroje živin - uhlíku, dusíku, minerálních prvků a zdroj energie pro biosynthesu. Dále potřebují určitou optimální teplotu, většinou ležící rozmezí 20–40 °C, vlhkost a pH prostředí.*“<sup>28</sup>

Bakterie jsou nejmenší jednobuněčné organismy s jednoduchou strukturou. Většinou nemají jádro. Rozdělují se do skupin podle morfologických znaků (tvary kuličkovité, tyčinkovité, rohlíčkovité, spirálovité, vláknité). Na kamenech se vyskytují hlavně bakterie tvořící dlouhá, slabá jednobuněčná vlákna. Zčásti rostou ze substrátu, zčásti nad ním v podobě vzdušného mycelia. Patří sem rod *Actinomyces*, bakterie sirné, desulfurikační, nitrifikační, denitrifikační a silikátové.

---

<sup>26</sup> WASSERBAUER, Richard a Zdenka VYMAZALOVÁ. *Biokoroze technických materiálů*. In: *Chemické listy*, svazek 89. Praha: Česká společnost chemická, 1995.

<sup>27</sup> LEDEREROVÁ, Jaroslava a kol. *Biokorozní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz, 2009.

<sup>28</sup> KOTLÍK, Petr. 1. zasedání přírodovědců-konzervátorů: Sborník příspěvků ze zasedání odb. skupiny přírodovědců-konzervátorů kulturních památek ČSVTS konaného dne 7. 11. 1985 v Praze. Praha: Národní technické muzeum, 1986.

Následující text týkající se mikrobiologických organismů, není-li uvedeno jinak, je použit z textů Richarda Wasserbauera<sup>29</sup>:

### 3.2.1 Sirné bakterie

Náleží do skupiny chemolitotrofních bakterií. Vyskytují se v půdě, ve vodě a všude tam, kde je dostatečná vlhkost a přítomnost zdrojů síry. Optimální pH pro výskyt je 7, hraniční 6–9. Optimální teplota je 25–30 °C.

Tyto bakterie jsou významnými škůdci stavebního a dekoračního kamene a fasád historických objektů. Činností sirných bakterií se hromadí síra a sírany. Vznikající H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> značně snižuje pH stavebních materiálů. Některé sirné bakterie jsou schopny růst při pH 2–3 a snášejí i pH 0.

Hlavní zástupci: *Thiobacillus thioparus*, *T. denitrificans*, *T. thiooxidans*, *T. concretivorus*, *T. thermophilus*, *T. novelus*.<sup>29</sup>

### 3.2.2 Desulfurikační bakterie

Náleží mezi striktně anaerobní, fakultativně autotrofní mikroorganismy. Vyskytují se v půdě ponejvíce na jaře, kdy je v půdě nakupen sirovodík, avšak jsou stále častěji detekovány na fasádách historických budov jako průvodci sirných, nitrifikačních a denitrifikačních bakterií.

*„Účast těchto bakterií byla popsána při korozi základů stavebního díla, avšak jejich pravděpodobná role z hlediska biokoroze spočívá v přísunu sirných sloučenin (sírniků) pro další oxidaci sirnými bakteriemi. Desulfurikační bakterie (*Desulfotomaculum desulfuricans*) bude pravděpodobně možné využít i pro transformaci síranů obsažených v povrchových krustách stavebního kamene zpět až na sulfan. Takový biotechnologický postup by výrazně zlepšil vzhled řady historických objektů a plastik.“<sup>29</sup>*

Hlavní zástupci: *Desulfovibrio desulfuricans*, *D. vulgaris*, *D. gigas*, *D. africanus* - optimální pH 7, teplota 28–44 °C. *Desulfotomaculum nigrificans*, *D. ruminis*, *D. orientis* - optimální pH 7 (hraniční 3–9), optimální teplota 30–37 °C. Mohou růst i při teplotách okolo 50 °C.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

### 3.2.3 Nitrifikační bakterie

Náleží do skupiny chemoautotrofních bakterií. Vyskytují se v půdě, ve vodě (v kalech), ale je možné je nalézt na holém povrchu vápenců vysoko nad zónou rostlinstva. Optimální pH 8–9, hraniční pH cca 6–10. Optimální teplota 25–30 °C.

Způsobují vyluhování vápenné složky stavebního kamene a tím ztrátu vnitřní soudržnosti stavebního materiálu. Činností nitrifikačních bakterií vzniká jako metabolit kyselina dusitá ( $\text{HNO}_2$ ) a dusičná ( $\text{HNO}_3$ ), která reaguje s vápennými složkami stavebních materiálů na  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  a  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ .

Hlavní zástupci: První fáze nitrifikace: *Nitrosomonas*, *Nitrosobolus*, *Nitrosospira*, *Nitrosovibrio* spp. Druhá fáze nitrifikace: *Nitobacter* sp.<sup>30</sup>

### 3.2.4 Denitrifikační bakterie

Denitrifikační bakterie jsou povětšinou aerobi, ale pro růst bez přítomnosti kyslíku využívají nitrát jako elektronový akceptor. Proto tyto specie rostou aerobně bez nitrátů nebo anaerobně za jejich přítomnosti. Některé bakterie, např. *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Pseudomonas fluorescens* využívají  $\text{NO}_3$  jako konečný akceptor elektronů v anaerobních i aerobních podmínkách. Pro denitrifikaci jsou proto dominantními organismy.

Denitrifikace je výrazně ovlivněna teplotou, počíná při 2 °C, ale optimum reakce je při 25 °C, u termofilních bakterií při 60–65 °C. Uvádí se, že pro rozvoj denitrifikačních bakterií jsou optimální podmínky na mramoru a travertinu a teprve na druhém místě na pískovci.<sup>30</sup>

### 3.2.5 Silikátové bakterie

Podle Wasserbauera<sup>30</sup> chemoorganotrofní bakterie rostou již od 5% hmotnostní vlhkosti zdiva, aktinomycety přežívají i při 2% hmotnostní vlhkosti. Optimální pH pro bakterie je 7, ale v čerstvě zbudovaných betonových konstrukcích byl nalezen mikrob žijící při pH 12. Optimální teplota je 15–30 °C, pro některé tzv. psychofilní organismy je optimální teplota + 5 °C. Dávají přednost růstu na hrubozrnných pískovcích s příměsí uhličitánů a jílových minerálů pro jejich pufrací kapacitu a vysokou permeabilitu pro

---

<sup>30</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.



vodní páru. Pro bakterie jsou rovněž vhodné i jemnozrnné pískovce, protože udržují vlhkost déle než pískovce hrubozrnné. Naopak dolomitické vápence růst mikroflóry pro nevhodné vlhkostní parametry spíše potlačují.

*„Je pozoruhodné, že tyto bakterie nejsou inhibovány vyššími koncentracemi solí na zdivu a naopak velmi dobře přežívají v těchto pro život stresujících podmínkách. Poslední práce ukazují, že na solných výkvětech se běžně nachází koloidní a koryneformní flóra, jejíž jednotlivé kmeny je možné řadit mezi halofilní, halotolerantní či dokonce extrémně halotolerantní bakterie (*Micrococcus halobius*, *Corynebacterium* sp.).“<sup>31</sup>*

Silikátové bakterie se zahrnují do formálně vytvořené skupiny obsahující řadu odlišných rodů. Jejich jediným společným znakem je větší produkce organických kyselin (kyselina citronová, jantarová, jablečná, fumarová, šřavelová, aj.), vedoucí k acidolýze anorganických substrátů.<sup>31</sup>

### 3.2.5.1 Halofilní organismy

Žijí v přímém kontaktu solných výkvětů na zdivu. Vysoké koncentrace solí ovlivňují mechanismus příjmu vody a metabolické reakce v mikrobiální buňce. Bakterie pravděpodobně překonávají osmotický stres tím, že do okolního prostředí produkují polární mastné kyseliny, dále kyselinu glukonovou, 2-oxo-de-glutarovou, glycinbetain a některé další aminokyseliny a cukry, tzv. osmoregulátory.

Koroze pískovců (ztráta hmotnosti kamene) agresivními metabolity bakterií je největší na jaře, kdy dominují gram-negativní bakterie. V létě a na podzim při nástupu gram-pozitivních bakterií jsou ztráty menší. Na podzim je vždy pozorován nástup plísní. Současně je patrné, že populace bakterií z rozrušeného kamene jsou daleko agresivnější než populace zdravého kamene (vyšší ztráta Ca pojiva, vyšší ztráta hmotnosti pískovce).

*„Jedním z nejpozoruhodnějších poznatků současné doby je zjištění, že na kameni se v závislosti na vzrůstajícím znečištění ovzduší prudce rozvíjí mikroflóra, která je schopna rozkládat široké spektrum průmyslových uhlovodíků, vznikajících při dopravě a z domácích topenišť (mrtvé buňky řas, hub, saze, špína). Tím vzrůstá dramaticky význam chemoorganotrofních bakterií, kterým dosud nebyla věnována větší pozornost.“<sup>31</sup>*

---

<sup>31</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

K typickým „silikátovým“ bakteriím patří řada půdních a rhizosferních bakterií (*Bacillus circulans*, *B. mucilaginosus*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. oxalicus*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas putida*, *P. aeruginosa*, *Bacillus pumilus*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes spp.*).

### 3.2.6 Aktinomycety

Aktinomycety obecně tvoří na podzim až jednu třetinu celkového počtu bakterií v půdě. Jsou odolné proti suchu, jsou časté v alkalických půdách, kde rozkládají i nesnadno rozložitelné látky (vosky). Někteří zástupci jsou anaerobi a fakultativní patogeny.<sup>32</sup>

#### 3.2.6.1 Druhy aktinomycet žijící na kamenech a zdivu

Richard Wasserbauer<sup>32</sup> uvádí v souvislosti s kameny a zdivem tyto druhy:

*Streptomyces*, *Nocardia spp.* žijí v půdě, někteří zástupci byli nalezeni i v hloubce 20 cm ve stavebním kameni. Jejich aktivita není známá.

*Mycobacterium sp.*, rozkládá organické látky v půdě. Je časté na zdivu jako průvodce zástupců rodu *Bacillus*.

*Bacillus mycoides* je saprofyt v půdě a ve vodě, je charakteristický indikátor znečištění kamene zeminou. Většina zástupců rodu *Bacillus* jsou půdní bakterie, které díky tvorbě spor mohou dlouhodobě přežívat v půdních podmínkách a snadno přežívají na suchém zdivu.

*Alternaria alternata* je psychrofilní bakterie, velmi častá na vlhkém stavebním kameni, a omítkách, vegetuje i při teplotě 0 °C.

*Chrysosporium pannorum* je časté na vlhkém stavebním kameni a na lidské kůži.

*Mucor fragilis* žije v půdě a na vlhkém zdivu, je toxinogen.

*Humicola fuscoatra* je častá na vlhkých a špinavých omítkách.

*Acremonium strictum* vyskytující se v půdě a na vlhkém zdivu.

*Streptomyces*, *Nocardia spp.* žijí v půdě, řada příslušníků rodu původci onemocnění, někteří zástupci nalezeni i v hloubce 20 cm ve stavebním kameni.

---

<sup>32</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

*Chlorella ellipsoidea* a *Mikrocystis aeruginosa* jsou časté na vlhkých zdech a skalách.

*Chroococcus sp.* je sinice častá na nástěnných mozaikách a freskách.

*Aphanothece sp.* se vyskytuje na vlhkých zdech s větším množstvím Ca.

*Hormidium sp.* žije v půdě, na vlhké kůře stromů a vlhkých skalách.

*Chlorosarcina sp.* žije v půdě, na stromech, dřevěných plotech, na skalách.

*Synechococcus sp.* se vyskytuje na smáčeném zdivu, na stěnách nádrží.

### 3.3 Kvasinky a kvasinkovité organismy

#### 3.3.1 Charakteristika kvasinek

Tyto mikroorganismy jsou v přírodě a na stavbách značně rozšířeny. Jsou přenášeny vzduchem a hmyzem. Náleží většinou mezi saprofyty, ojediněle i mezi parazity. Kvasinky se rozmnožují pučením, několik rodů dělením. Kromě pučení se mohou množit také sporami, což se často uplatňuje v přírodě a na stavbách, protože askospory lépe odolávají nepříznivým podmínkám. Kvasinky vyžadují pro růst dostatek vody – pro kvasinkové formy musí mít substrát vlhkost alespoň 30% a pro hyfovité formy alespoň 20%.

#### 3.3.2 Korozní aktivita kvasinek

*„Podle dostupné literatury není biokorozní úloha kvasinek na stavebním díle dostatečně objasněna; zcela jasně není ani jejich postavení v mikrobiálním společenstvu na jednotlivých stavebních materiálech (zejména kámen a dřevo). Ze stavebního hlediska je důležité, že patogenní kvasinky jsou obsaženy zejména v ptačím a myším trusu, zvláště ve starých holubnicích, kurnících a v prostředí stavebních objektů osídlených holuby.“<sup>33</sup>*

### 3.4 Sinice

Sinice se vyskytují v různých prostředích, ve sladkých i slaných vodách (plankton), na povrchu půdy a v tenké vrstvě pod ní, na skalách (například vápencových) i uvnitř jeskyní. Jsou schopny osídlivat různá extrémní prostředí pro jiné skupiny organismů

---

<sup>33</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

nehostinná. Sinice jsou například velmi často primárními kolonizátory dosud neosídlených skal či nově vzniklých půd. Některé druhy osidlují póry uvnitř kamenů. Sinice se podílí na vzniku povlaků inkrustovaných uhličitánem vápenatým, z nichž mohou vznikat různé travertiny, onkolity a stromatolity. Mohou se také vyskytovat v symbiotickém vztahu s houbami a tvořit těla lišejníků.<sup>34</sup>

Jedná se o fotoautotrofní organismy vyznačující se schopností fotosyntézy, při které se jako vedlejší produkt uvolňuje kyslík. Fotosyntetická schopnost sinic je poměrně flexibilní, ve ztížených světelných podmínkách jsou schopny změnit svou barvu od šedé přes stupně zelené po červenavou a tím posouvají spektrum využitelného světla.<sup>34</sup>

*„Sinice jsou velice častými obyvateli kamenů a mohou způsobit černé, modré a dokonce fialové skvrny.“<sup>35</sup>*

Sinice fixují vzdušný dusík, produkují množství sekundárních metabolitů (oligosacharidy, karboxylové kyseliny, polysacharidy, toxiny, atp). Na ochranu proti UV záření produkují pigmenty. Sinice rovněž produkují široké spektrum jedů, tzv. cyanotoxinů.

## 3.5 Řasy

### 3.5.1 Charakteristika řas

*„Řasy jsou mikroskopické vegetativní organismy bez stonků a listů, které se mohou nacházet v přírodě i v interiérech jako sypké nebo vazké usazeniny (tloušťky desetiny mm až několik mm). Řasy tvoří zelené, červené, hnědé nebo černé závojovité zóny a nalézají se většinou v místech, kde podklad zůstává vlhký po dlouhou dobu. V závislosti na podmínkách prostředí a typu podkladu mohou řasy tvořit pevné vrstvy nebo hladké povlaky. Na památkách jsou řasy tvořeny jednobuněčnými shluky a nikdy netvoří makroorganismus.“<sup>35</sup>*

Atomový poměr hlavních biogenních prvků v biomase řas se pohybuje okolo průměrných hodnot C:N:P=100:16:1.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Sinice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, poslední aktualizace 2. 6. 2012 [cit. 2012-07-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sinice>

<sup>35</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

Zpravidla vytvářejí povrchový povlak, ale mohou se nalézat také hlouběji v podkladu. Převládá barva zelená, namodralá, ale také šedá, hnědá, na suchých místech až černá. Mohou být zaměněny s lišejníky, houbami, sazemi nebo minerálními usazeninami, které znečišťují povrch kamene.

*„Jsou-li přítomny řasy, pak se povrch po zvlhčení a kartáčování zbarví do zelena v důsledku přítomnosti chlorofylu. Na kameni a v něm může růst v závislosti na klimatu a druhu kamene několik druhů řas. Mohou se vyskytnout zelené řasy (někdy červené, např. Trentepohlia), diatomy, (obvykle žluté až hnědé), a zřídka i řasy červené. V některých případech kámen slouží jako zdroj živin. Avšak obvykle je povrch kamene pouze pevným hostitelem pro růst.“<sup>37</sup>*

Řasy jsou autotrofní, fotosyntetizující, dobře rostou na povrchu i v pórech a prasklinách kamene, případně aktivně kámen penetrují. Vyžadují k růstu světlo, ale mohou vegetovat i při nízkém osvětlení ve spojení s nízkou teplotou (okolo 0 °C). Hindák a kol.<sup>36</sup> uvádí, že chlorofyl a absorbuje světlo okolo rozsahu 430 až 663 nanometrů, přičemž fotosynteticky aktivní radiace je v rozmezí vlnových délek asi 380 až 740 nanometrů. Když buňka zachytí víc světelné energie, než je schopná využít, mění se tato energie na teplo a buňka je ohrožena přehřátím. Tento jev se nazývá inhibice fotosyntézy. Když inhibice netrvá příliš dlouho, jsou zněny fotosyntetického aparátu vratné.

Nesnášejí pH okolo 12, při poklesu pH na cca 9, je nástup řas na vlhkém kameni zákonitý. Řasy dobře snášejí velké tepelné výkyvy (0–85 °C). Vyžadují vlhkost, ale některé druhy (*Pleurococcus*, *Trebauxia*) dokážou vystačit pouze se vzdušnou vlhkostí. Růst řas je proto patrný především v zimě a na jaře.

*„Počet druhů se udává kolem 7000 ve 450 rodech.“<sup>38</sup>*

### **3.5.2 Korozní aktivita řas**

*„Řasy jsou agresivní vůči stavebnímu kameni především svými metabolity, zvláště organickými kyselinami, barvivy (karoten, astaxantin) a látkami působícími uvolňování*

---

<sup>36</sup> HINDÁK, František, ed. *Sladkovodné riasy*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladatelství, 1978.

<sup>37</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

<sup>38</sup> ŠPAČEK, Jan. *Hlenky, houby, řasy*. Brno: Masarykova univerzita, 1999.

kationtů ze stavebního kamene chelatizací. Mohou vrůstat do malých štěrbin a při navlhání a rozšiřování objemu působí narušení materiálu. Jsou to zvláště endolytické řasy, které aktivně penetrují stavební kámen, tvoří mikrodutinky různých tvarů a rozpouštějí karbonáty přítomné ve stavebním kameni.<sup>39</sup>

Porosty řas tvoří spolu s prachovými částicemi, sazemi, vlákny hub a bakteriemi krustu, která produkuje na spodní vrstvě sliz, obsahující i drobné částičky kamene. Zadržováním vody v krustě přispívají také k větrání kamene. Při mrazu a přeměně vody v led dochází k odrolování částic kamene, do kterého jsou řasy prorostlé. Na památkách řasy způsobují i estetické škody, protože zachytávají velké množství prachu a objevují se na povrchu jako špinavé mokvající skvrny.

„Řasy udržují ve svém okolí vhodnou vlhkost, čímž vytvářejí příznivé mikroklima pro růst bakterií. Navíc řasy syntetizují cukry (maltóza, glukóza) a další látky, které bakterie asimilují za tvorby kyselin (kyselina šťavelová, citronová, gluonová a další). Dochází tak k acidolýze kamene a k tvorbě bohatých výkvětů, které obsahují zvýšené množství  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mn^{2+}$ .“<sup>39</sup>

Typičtí zástupci: *Nostoc* na pojivu, *Haematococcus*, *Hantzschia* a *Chlorella* spp. na stavebním kameni, *Chroococcus* na nástěnných mozaikách a freskách, dále *Pleurococcus*, *Trebouxia*, *Trentopohlia*, *Calothrix*, *Gloeocapsa*, *Scytonema*, *Heterococcus*, *Heterothrix*, *Navicula* spp.

## 3.6 Mikromycety (plísň)

### 3.6.1 Charakteristika mikromycet

Mikroskopické vláknité houby mají charakteristický růst ve formě dlouhých vláken (hyf). Často se u nich vyskytuje u nich tzv. dimorfismus, kdy se za přístupu vzduchu vyskytují ve vláknité formě, ale po působení  $CO_2$  se rozrůstají ve formě kvasinkovité. Kvasinkovitá forma je typická pro patogenní mikroskopické houby. Téměř všechny tzv. plísň, které se nejčastěji objevují na stavebním díle, jsou zařazeny do třídy *Deuteromycetes* nebo též *Fungi imperfecti*. Rozmnožují se nepohlavním způsobem -

---

<sup>39</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

konidiemi. K životu potřebují substrát s vyšší vlhkostí bohatý na organický uhlík, jehož zdrojem mohou být odumřelé buňky řas a bakterií.

Optimální relativní vlhkost je nad 90%. Tzv. netonofilní kmeny rostou v rozmezí vlhkosti 70–90%, minimální vlhkost je 60%. Optimální teplota je 15–30 °C.

*„Kolonie mikroskopických hub prostým okem vypadají jako chmýřím porostlý povlak, nebo jako síť či hvězdicovitý milimetrový chomáč vláken různých barev (bílá, šedá, černá). Plísň s jejich vláknitým a řetězovitým růstem mohou pronikat několik centimetrů do kamenného substrátu.“<sup>40</sup>*

Plísň vytvářejí na povrchu stavebních materiálů různobarevné, dobře viditelné povlaky, převládá barva zelená, šedá, černá a žlutá, ale objevuje se také bílá, krémová, hnědá a fialová. Zbarvení plísni působí pigmenty barvicí povrch buněčných blan a spor, některé pigmenty difundují i do okolního prostředí.

### **3.6.2 Korozní aktivita mikromycet**

Mycelium plísni vylučuje enzymy, které umožňují houbám rozkládat složité organické látky na jednodušší. Z nich pak houby získávají energii a látky pro stavbu buňky. Mimo enzymů vylučují mikromycety do prostředí řadu dalších látek potlačujících růst jiných organismů, především toxiny, které hrají důležitou úlohu z hlediska zdravotní závadnosti staveb.

*„Plísň často tvoří vážné poškození svojí chemickou a mechanickou aktivitou a vážné porušení barevnosti. Protože metabolismus plísni vyžaduje organický podklad, plíseň často roste na metabolických produktech řas na kamenech. Organické znečištění ovzduší je také příznivé pro růst plísni.“<sup>40</sup>*

Mikromycety (plísň) penetrují kámen, změkčují zrna kalcitu a dolomitu a pronikají hyfami podél zvětralých minerálů, čímž přispívají ke zpráškovatění dekoračního kamene.

Produkty metabolismu mikromycet uvolňují z minerálů prvky za vzniku vodorozpustných komplexů. Vzniklá sloučenina tvoří pevnou strukturu, která je stabilní v širokém rozsahu pH. To umožňuje migraci kovů z povrchu stavebního kamene za různých přírodních podmínek, často i za spolupůsobení bakterií. Navenek se projeví jako

---

<sup>40</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

lístkování či šupinkovaté odlupování kamene. Přibližně 75% hub z vápenců a 30% z pískovců je schopno oxidovat  $Mn^{2+}$ . Neaktivnější v tomto směru jsou houby *Alternaria tenuis*, *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria sp.* aj. (*Phoma*, *Ulocladium*). Mimo uvedených plísní jsou známí i další zástupci: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Verticillium*, *Botritis*, *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Hormodendron*, *Spicaria*, *Mucor spp.* aj.<sup>41</sup>

### 3.6.3 Často se vyskytující rody plísní

Wasserbauer<sup>42</sup> zmiňuje plísně, které často působí na stavební materiály:

*Absidia* se vyskytuje v půdě i na stavebních materiálech. Některé druhy jsou patogenní.

*Alternaria* je častá mikromyceta vlhkého zdiva a historických maleb. Vyskytuje se i v panelových objektech.

*Aspergillus* je typická plíseň, často spolupůsobící při znehodnocování stavebních materiálů. Některé druhy vyvolávají alergie a mykózy.

*Cladosporium* patří mezi charakteristické mikromycety vlhkého (chladného) zdiva. Některé druhy jsou patogenní pro člověka. Časté jsou v panelových objektech a na historických malbách.

*Epicoccum* se vyskytuje na odumřelém nebo poškozeném rostlinném materiálu, ale častá je na vlhkém zdivu.

*Humicola* žije v humusové půdě ale také na vlhkém zdivu, zvláště ve sklepních místnostech.

*Penicillium* je mikromyceta velmi častá na stavebních materiálech a na vlhkém zdivu, tapetách, stěrkách panelových objektů. Jedná se o nejčastější mikromycetu stavebních objektů.

*Phoma* napadá četné kulturní rostliny, ale také organokřemičité hydrofobní nátěry.

*Pullularia* je častá na obalovém materiálu, ale také na vlhkém zdivu (zejména v koupelnách), na PVC i pergamenu.

---

<sup>41</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

<sup>42</sup> WASSERBAUER, Richard a Zdenka VYMAZALOVÁ. *Biokoroze technických materiálů*. In: *Chemické listy*, svazek 89. Praha: Česká společnost chemická, 1995.



*Stachybotrys*: Častá na vlhkém papíru, tkaninách i na vlhkém zdivu. Rychle rozkládá celulózu za přítomnosti jiného organického materiálu. Některé druhy jsou patogenní pro člověka.

*Sporotrichum* je k nalezení na vlhkém papíru, tapetách, vlhkém zdivu a vlhkém dřevě. Některé druhy působí choroby kůže a vlasů.

*„Mnoho barevných změn spojených s minerálními depozity je ovlivněno zvláštními, kvasinkám podobnými mikroorganismy a společenstvem mikroskopických hub. Sazím podobné částice na kameni mohou být ve skutečnosti buňky mikroorganismů, které pro své tmavé zabarvení přísluší zejména k čeledi Dematiaceae. Zástupci této čeledě žijí nejvíce v půdě, ale také na dřevu, listech rostlin a na ochranných nátěrech. Dominují na kameni, kde 90% izolovaných kmenů příslušelo ke shora uvedenému rodu. Produkují polyfenolické a huminové látky, právě ty jsou původci tmavého zabarvení skal a stavebního kamene, přičemž barvy se mění od medově žluté až k temně hnědé a černé.“<sup>43</sup>*

### 3.7 Lišejníky

*„Jsou rostliny vytvářející zaoblené milimetrové až centimetrové krusty nebo hustě zarostlé plošky, často kožovitého vzhledu, rostoucí obvykle na venkovních částech budov. Lišejníky jsou nejčastěji šedé, žluté, oranžové, zelené nebo černé. Stonek, kořen a list nejsou rozlišeny. Lišejník je obvykle složen ze stélek, které případně nesou plodnice, zpravidla rostoucích na povrchu kamenů, a z oddenků, které mohou pronikat hluboko do kamene (desetiny až několik milimetrů).“<sup>44</sup>*

#### 3.7.1 Charakteristika lišejníků

Jde o symbiotickou formu řasy nebo sinice a houby, označovanou jako helotismus. Vyskytují se na nejrozmanitějších podkladech, skalách, kůře stromů, na stavebním a dekoračním kameni včetně mramoru, vápence a tufu. Rostou rovněž na cihlách, osinkocementu, omítkách, okenním sklu a betonu. Lišejníky snášejí extrémní klimatické

---

<sup>43</sup> WASSERBAUER, Richard a Zdenka VYMAZALOVÁ. *Biokoroze technických materiálů*. In: *Chemické listy*, svazek 89. Praha: Česká společnost chemická, 1995.

<sup>44</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

podmínky (teplota v rozmezí -268–+100 °C, dlouhá období sucha). Minimální objem vody kolísá mezi 2–14%, pH 5–6 (hraniční 2–9).

„Všechny lišejníky reprezentují vzájemný vztah dvou organismů, symbiotický růst hub a řas nebo sinic. Lišejníky jsou běžné na venkovních kamenech a jsou obecně nejlépe vyvinuty v čisté atmosféře, ale růst může být podpořen určitými polutanty, jako jsou oxidy dusíku, pocházející z výfukových plynů nebo zemědělství. Předchozí růst lišejníků lze rozpoznat podle typické důlkové struktury (viz důlková koroze) nebo lalokovitých či mozaikových obrazců.“<sup>45</sup>

### 3.7.2 Korozní aktivita lišejníků

Obvykle se lišejníky dělí podle morfologie stélky na korovité, lupenité, keříčkovité a enklitické, jejichž stélka je převážně uvnitř kamene. Nejvíce degradují kámen lišejníky s korovitou stélkou, protože jsou přitisknuty těsně k povrchu. Lišejníky s lupenitou a keříčkovitou stélkou degradují substrát méně. Na zpevňování stélky se podílejí šřavelany, čímž se zvyšuje rezistence lišejníků proti okolním vlivům.

Některé lišejníky naopak chrání kámen před atmosférickým znečištěním a před fluktuacemi teplot. Dojde-li ovšem k odumření a odpadnutí lišejníku např. vlivem atmosférického znečištění, je odkryté místo degradováno podstatně rychleji než okolní nekrytý kámen.<sup>46</sup>

Lišejníky produkují organické kyseliny (citronovou, glukonovou, šřavelovou, mléčnou), které mají chelatizační účinky a jsou schopny transformovat řadu minerálů do vodou rozpustných komplexů. Při periodických výkyvech vlhka a sucha substrát porušují i střídavým rozšiřováním kolonie, která se při kontrakci lišejníku odtrhává i s podkladem od stavebního materiálu.

Hlavní zástupci: *Caloplaca*, *Lecanora*, *Physcia*, *Aspicilia*, *Dirina*, *Candelariella* spp.<sup>47</sup>

---

<sup>45</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

<sup>46</sup> WASSERBAUER, Richard. *Lišejníky na kamenných uměleckých památkách a způsob jejich likvidace*. In: *Zprávy památkové péče*, roč. 53. Praha: Státní ústav památkové péče, 1993.

<sup>47</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

## 3.8 Mechy

### 3.8.1 Charakteristika mechů

Mechy jsou rostliny tvořící malé měkké zelené polštářky centimetrových rozměrů. Často rostou na kamenech s otevřenými povrchovými dutinami, puklinami a v jakýchkoliv místech trvale nebo často vlhkých (spáry zdíva) a obvykle zastíněných. Vytvářejí hnědé kořenové vlásky a mohou tvořit mikrozónu půdy mezi povrchem kamene a zelenou zónou mechu. V závislosti na přítomnosti vody mohou měnit tvar a barvu, za sucha se mění na hnědou, ztvrdnou a scvrknou se.<sup>48</sup>

*„Pro potenciální kolonizaci jsou příznivé zvláště vápenné omítky a malty, které jsou přirozeně porézní a dobře propustné pro vodu a sole, které pronikají ze základové spáry a obohacují maltu živinami. Omítky a malty mají přirozeně nepravidelný povrch, který dobře zachytává prachové částice, organické látky i spory mikrobů. Malty s vysokou retenční schopností pro vodu a nízkou kohezi materiálu umožňují rychlou kolonizaci mikroorganismy, při které jako první nastupují řasy, následované později mechy. Vhodnými místy pro růst mechů jsou zvláště drobné dutinky, které vznikají v maltě po vypadlých kamencích či písčitých zrnkách. Tyto dutinky se snadno zaplňují prachovými částicemi a špínou, které slouží jako základní substrát pro klíčení a rozvoj mechů.“<sup>49</sup>*

Primitivní zem, která vzniká činností mechů, obsahuje především zrnka křemene, drobné částice a fragmenty kamene. Primitivní zem může dosáhnout tloušťky až 10 mm. Zrnka křemene jsou často shromážděna okolo rhizoidů mechů pevně přitisknutých k povrchu malt a okolo vegetativních rozmnožovacích orgánů, tzv. gem, které jsou běžné pro mechy kolonizující půdu.

### 3.8.2 Korozní aktivita mechů

Mechy se podílejí na fyzikální degradaci kamene nejčastěji ve spojení s rychlejším transportem vody do substrátu. Při její přeměně na led dochází k postupnému odlupování kamene ve vrstvách až 0,5 cm silných. Mohou způsobit i přímou chemickou korozi

---

<sup>48</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

<sup>49</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

kamene. Za hlavní degradační agens jsou považovány organické kyseliny a další chemicky aktivní složky mechů.

Typičtí zástupci často kolonizující zdivo: *Bryum caespitium*, *Tortulla brevissima*, *Didymodon luridus*.<sup>50</sup>

### 3.9 Vyšší rostliny

*„Pokud nejsou památky udržovány, rostliny časem kolonizují místa, kde je dostupná voda a roztáhnou kořeny do spár a prasklin. Protože kořeny rostou, mohou rozšiřovat spáry a praskliny a lámat kámen. Mohou také přispět k udržení vlhkosti v určitých místech. To pak vyvolá jiné procesy, jako je znehodnocování solemi.“<sup>51</sup>*

Tlaky kořenového systému jsou hlavním způsobem, jak rostliny na kámen působí. Většinou neatakují přímo stavební kámen, ale pronikají pojivem, maltou či omítkou, a při degradaci kamene využívají spolupůsobení vody a mrazu.

Průnik kořenů do podkladu doprovází také podstatné chemické děje. Kořenová špička pomocí kořenových výměšků změkčuje minerály ve svém okolí a výměnnými reakcemi transportuje kationty z půdního roztoku do kořenů. Současně vzniká elektrické pole, které podstatně zvyšuje destrukci povrchových partií horninotvorných minerálů. Jejich přístupnost je pro rostlinu zvyšována trhlinami, puklinami a dalšími nehomogenitami.

*„Kořenové výměšky se kromě změkčování hornin projevují i výraznou chelatizační aktivitou, takže snadno transformují minerály (např. biotit na vermikulit) za současného uvolnění draslíku, který je shora uvedenými transportními procesy převeden do rostlin.“<sup>50</sup>*

### 3.10 Členovci

Na kamenné památky v blízkosti dřevin má zásadní vliv působení takzvaných producentů medovice. Těmi jsou různé druhy mšic, červců a mer na listnatých nebo

---

<sup>50</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

<sup>51</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

jehličnatých stromech, které svým ústním zařízením napichují rostlinné sítkovice, kterými proudí míza obsahující cukry. Ve střední Evropě hostí dřeviny přes 800 druhů mšic a kolem 250 druhů červců, polovina z nich tvoří medovice.<sup>52</sup> V určité části roku sají mizu z listů některých dřevin (lípy, javory, břízy) (viz tab. 9). Ta se po projití zaživacím ústrojím mšic vylučuje na povrch jejich těla a vytéká do okolí. Medovicí potřísněné povrchy jsou bohaté na cukry a další složky, které poskytují zdroj energie pro mikroorganismy (bakterie, plísňe, sinice, řasy, atd.). Spolu se spadem z rostlin (listy, plody) a organismy žijícími v rámci ekosystému stromu (mikrobiologické napadení, mšice, hmyz, ptáci) tak urychlí tak sukcesí biologického povlaku kamene.

*„V mezičlánku, což jsou právě producenti medovice, dochází k větším chemickým změnám jejího složení (stromové šťávy), které je odvislé od sajícího hmyzu. Speciálně je změněno cukerné spektrum (příklad trisacharid melicitózy).“<sup>52</sup>*

Obsah cukrů ve stromové šťávě kolísá během sezóny. Nejvyšší koncentrace je v jarním období, v době největší a nejmohutnější asimilace. U jehličnanů je proud živin mohutnější brzy na jaře, protože jejich sítkovice vytrvaly přes zimu. Listnaté stromy tvoří teprve na jaře nové sítkovice. Proto jehličnany poskytují ranější vydatnější zdroj medovice. Koncentrace živin v rostlinné míze částečně ovlivňuje plodnost producentů medovice, a tím i jejich případné přemnožení. Nikdy se také neopakují bohaté medovicové roky za sebou. Mšicemi a jinými producenty vytvořenou medovicí následně sbírají včely a produkují takzvaný lesní med.

Uvedu ještě dva příklady působení hmyzu, jež má vliv na kamennou památku jako celek, avšak přímá vazba na výskyt dřevin je diskutabilní. Prvním je vosá jízlivka hrnčička zednická (*Odynerus spinipes*). Ta zpravidla staví komůrky pro vývoj svého potomstva ze směsi slin a písku či hlíny, přičemž využívá dutin a chráněných míst v povrchu kamene. V některých případech, ale může vytvořit do měkkého kamene otvory. Další příklad působení hmyzu na kamenných památkách je tvorba pavučin. Zde se jedná spíše o estetický problém.

---

<sup>52</sup> HARAGSIM, Oldřich. *Medovice a včely*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1966.

### 3.11 Ptáci

Kromě znečištění kamene, případně jeho pigmentace (Viz kapitola 2.9) může ptačí trus dopadající na povrch kamene vést k rozvoji bakterií a následné kolonizaci povrchu kamene dalšími organismy (zejména plísně). „*Tyto exkrementy obsahují sloučeniny fosforu, síry, dusíku, atd.*“<sup>53</sup> Což vede i k zasolení objektu.

### 3.12 Člověk

Kromě vandalismu může být negativní působení člověka nejčastěji v zanedbání či opomenutí výše uvedených podmínek.

### 3.13 Nejběžnější poškození kamene mikroorganismy

#### 3.13.1 Krusty

Určitým vyvrcholením asociačního procesu na kameni je spoluúčast mikrobů na tvorbě krusty, která zabraňuje dýchání materiálu, ucpává póry a přispívá k jeho rozpadu. Roztažnost takové krusty je totiž při střídavém vysychání a vlhnutí jiná, než roztažnost podkladu. Krusty s bohatou mikroflórou byly nalezeny na pískovcích v celé Evropě.

Tmavé krusty tvořené z 80% ze sádrovce musí obsahovat stopové látky, které jsou černé. Velká úloha se zde připisuje melaninu, který je podle hypotézy některých autorů tvořen na kameni velmi originálním způsobem. Nitrifikační bakterie obsažené spolu s ostatní flórou v kameni inhibují (zabíjejí) tvorbou NO<sub>2</sub> ostatní flóru. Mrtvé buňky bakterií obsahují mj. tyrozin a fenoloxidázu a jsou tak zdrojem stavebního materiálu pro syntézu melaninu.<sup>54</sup>

#### 3.13.2 Biologický povlak (biofilm)

*„Biologický povlak (biofilm) je jedno nebo vícevrstevná mikrobiální kolonie připojená k povrchům kolísavé tloušťky do 2mm. Biopovlak se skládá z několika málo buněk různých mikroorganismů uzavřených ve velkém množství mimobuněčného*

---

<sup>53</sup> KOTLÍK, Petr. 1. zasedání přírodovědců-konzervátorů: Sborník příspěvků ze zasedání odb. skupiny přírodovědců-konzervátorů kulturních památek ČSVTS konaného dne 7. 11. 1985 v Praze. Praha: Národní technické muzeum, 1986.

<sup>54</sup> WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

(extracelulárního) slizu. Tyto soudržné, často lepkavé vrstvy se mohou srážet, expandovat a dodávat vodu. Biopovlaky často tvoří mnohobarevnou biopatinu produkováním barvicích látek.<sup>55</sup> Patina se na povrchu kmene vytváří i po zaschnutí a hibernaci či odumření organismů.

Ke kolonizaci kamene může docházet jak organismy žijícími přímo na těle stromů či v jejich bezprostředním okolí, tak organismy dopravenými na místo různými faktory (vzduch, vítr, voda, živočichové). Při mikrobiologické kolonizaci kamene se nejčastěji uplatňují sinice, řasy, houby a lišejníky (i symbiózou tří posledně zmíněných). Biologická kolonizace také zahrnuje vlivy ostatních organismů, jako jsou živočichové hnízdící na kamenech a uvnitř kamenů. Biokoroze vlhkého stavebního a dekoračního kamene není v přírodních podmínkách působena pouze jediným druhem biodeteriogenů, ale celých společenstev, které žije ve složitých ekologických vztazích. Velmi častá je asociace řas a bakterií nebo řas a plísní, případně řas, plísní a bakterií. (Viz tab. 8)

---

<sup>55</sup> ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

## 4 Vlastnosti sochařských kamenů

### 4.1 Fyzikální vlastnosti sochařských kamenů

Tyto vlastnosti jsou podstatné pro celkovou životnost kamene v exteriéru a jeho degradaci. Zároveň ovlivňují i výskyt mikroorganismů na kameni. Podstatné pro soužití sochařských kamenů a dřevin jsou především vlastnosti, které mají vliv na distribuci vody na povrchu i uvnitř kamene. Tedy pórovitost, paropropustnost, plocha povrchu a podobně, které udává petrografie. Kameny s malými póry déle zadržují vodu a vytváří tak vhodnější podmínky pro biokolonizaci.<sup>56</sup>

Dalším faktorem, kterým se petrografie zabývá a má vliv na biologický porost kamene, je mineralogické složení (podíl karbonátů, slídy, jílových minerálů a podobně). (Viz tab. 10-14)

### 4.2 Chemické vlastnosti sochařských kamenů

#### 4.2.1 pH kamenů

Je to jedna z podmínek vymezující výskyt mikrobiologických organismů na kameni. pH povrchu kamene je určující pro výskyt specificky vázaných organismů (Viz kapitola 5.1, tab. 14 a 15)

#### 4.2.2 Citlivost kamenů k působení organických kyselin

*„Na sochách z pískovce a arkóзовého pískovce jsou hlavními degradačními sloučeninami, produkoványi houbami, kyselina citrónová, glukonová a šťavelová. Tyto kyseliny rovněž značně korodují mramor, vápenec, žulu, čedič a granodiorit. Další látkou urychlující zvětrávání silikátů, kalcitu, hydroxyapatitu a montmorillonitu je kyselina 2-*

---

<sup>56</sup> WARSCHEID, Th., BRAAMS, I. *Biodeterioration of stone: a review*. In: *International Biodeterioration and Biodegradation* [online]. 2000, vol. 46, i. 4 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/49879973/Warscheid-T-y-Braams-J-Bio-Deterioration-of-Stone-2000>.



*ketoglukonová. Avšak nejsilnějšími biodegradačními sloučeninami biotitu jsou kyselina šťavelová a citrónová.*<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> BOROVEC, Zdeněk. Zvětrávání stavebních a sochařských kamenů působením mikroorganismů a lišejníků. In: Časopis pro mineralogii a geologii, roč. 35, č. 1. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1990.

## 5 Praktický průzkum vztahu sochařských kamenů a dřevin

### 5.1 Metodika

Pro průzkum problematiky vztahu sochařských kamenů a dřevin v exteriéru jsem vybral běžně užívané druhy sochařských kamenů a dva typy uměle vytvářených kamenů z písku a pojiva (hydraulické pojivo - portlandský bílý cement (CEM I 545 A White Alborg fa Holcim) a epoxid (Araldite 2020)).

U těchto sochařských kamenů jsem před umístěním na stanoviště měřil pH dvěma odlišnými postupy. Při prvním jsem na povrch každého druhu kamene (kostky) umístil přesně definované množství a plochu pokrytou buničinou (japonský papír a arbocel). Takto připravený povrch jsem navlhčil vždy stejným množstvím převařené a vychladlé destilované vody. Měření jsem prováděl na přístroji *pHmetr-C autocal TEC* a to pro kontrolu vždy dvakrát. (Viz tab. 14)

Další měření pH jsem provedl následujícím způsobem. Vzorky kamene jsem nadrtil v třecí misce a zalil demineralizovanou převařenou vodou v poměru 10 ml na 1 g hmoty drtě. Měření pH jsem provedl na přístroji *C autocal TEC* po tříbodové kalibraci. Kromě vzorků kamene jsem měřil i pH ze vzorků kůry z jednotlivých stromů, pod kterými byly kostky umístěny, za stejných podmínek jako u vzorků kamene. (Viz tab. 16)

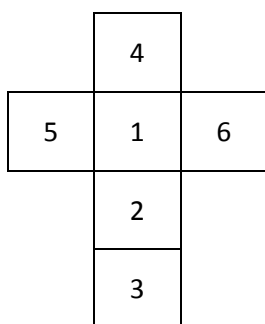
Pro rozkolísanost naměřených hodnot jsem provedl následné měření výluhů nadrcených kamenů. (Viz. tab 15)

Nalezl jsem lokalitu, kde se nacházejí pohromadě, ale v dostatečném rozestupu, vzrostlé druhy stromů, jež jsou poměrně frekventované ve spojení s kamennými památkami v exteriéru. (Viz. obr. 1)

Jednotlivé druhy kamene jsem opracoval běžným kamenickým nářadím (zubáky a dláty) do tvaru kostek o hraně 10 cm, tak aby povrch co nejvíce odpovídal běžnému povrchu kamenných památek. Takto jsem vytvořil vždy tři kostky od každého druhu pro jednotlivé stanoviště. Stanoviště jsem vybral čtyři. Výsledný počet kostek od jednoho druhu kamene je tedy dvanáct (4x3).

Ze tří kostek téhož druhu jsem vždy jednu nechal neošetřenou. Druhá byla opatřena postřikem biocidu Porosan (Aqua Bárta) a z poloviny následně nátěrem hydrofobizace - Funcosil SNL (Remmers). Třetí kostka byla opatřena hydrofobním nátěrem jako kostka předchozí a to na celé své ploše.

Na jednotlivá stanoviště jsem umístil vždy osmnáct kostek. Šest různých druhů po třech různě upravených površích. Jednotlivé kostky jsou označeny na ložné ploše římskou číslicí. Ta umožňuje identifikovat polohu na paletě a způsob povrchové úpravy.



(Viz obr. 2)

Pro orientaci tuto plochu kostky (plocha, na které kostka leží) označuji číslem 1. Následují plochy 2, 3 (což je vrchní strana kostky) a 4 při otáčení po horizontální ose směrem odspoda nahoru. Plocha 5 je levým bokem a 6 pravým.

Kostky jsem uložil na dřevěné europaletě (120x80cm) pokryté linoleem zajišťující izolaci od vzlínající vlhkosti ze země. Palety jsou vždy mírně nakloněny tak, aby se na nich nedržela srážková voda. Na všech stanovištích jsou kamenné kostky orientovány vždy stejně vzhledem k světovým stranám. (Viz obr. 3–10)

Kromě optického pozorování a fotodokumentace sukcese mikrobiologických druhů (viz obr. 11) (Fotoaparát *canon EOS 50D* s objektivem *EFS 17-85mm*) jsem na jednotlivých stanovištích provedl měření intenzity osvětlení (*Luxmetr Lx - 1108* od firmy Voltcraft), měření výšky srážek do normovaných nádob Českého hydrometeorologického ústavu, měření teploty a vlhkosti vzduchu a měření vlhkosti jednotlivých povrchů kostek pomocí dotykového vlhkoměru (model *MD-2G, moisture meter*). Tento přístroj je primárně určen k měření vlhkosti obsažené ve dřevě, proto jsem provedl kontrolní měření zároveň s měřením váhových procent vlhkosti kamenných vzorků. (Viz graf 1a.1, 1a.2, 1b.1, 1b.2, 1b.3, 1b.4, 1b.5, 1b.6) Rozdíly by se měly projevit i ve výskytu a míře biologického porostu. Měření v terénu proběhlo v období od 15.2.2012 do 19.7.2012. (Viz. grafy 2a.1-2d.6, 3, 4a.1-4d.4)

Chci naměřené hodnoty vztáhnout k předpokládanému vlivu jednotlivých dřevin na mikroklima v jejich bezprostřední blízkosti. Lze předpokládat, že intenzita světla a srážek se zvýší u listnatých stromů po opadání listů. Naopak u jehličnatých dřevin bude míra zastínění a propustnost srážek celoročně jednotná.

Kromě pozorované lokality v zahradě Respitní péče Jindra v Litomyšli jsou do práce zahrnuty i určené vzorky biologického porostu z další lokality v Litomyšli (socha sv. Jana Nepomuckého v parku na Jiráskově náměstí, včetně vzorků odebraných z okolních stromů). Socha s podstavcem byla v roce 2004 restaurována Lucií Pohořelou studentkou IRKT Litomyšl. Protože je známo datum posledního zásahu a čištění kamene, byl tento objekt vytipován pro doplnění průběhu sukcese mikroorganismů. (viz obr. 13)

V práci je zahrnut i průzkum biologického porostu ze sousoší a podstavce Piety Panny Marie Sedmibolestné z parku státního zámku Sychrov, která byla součástí mé praktické bakalářské práce.

V tabulce výskytu mikrobiologických organismů na jednotlivých stanovištích (Viz tab. 17) je zohledněno, zda výskyt toho kterého druhu se opakuje jak na povrchu kamene, tak v rámci v blízkosti rostoucí dřeviny.

## 5.2 Výsledky

V obrazové příloze (obr. 11) je zaznamenán výběr fotodokumentace jednotlivých kamenných kostek v období od 2.5.2011 až 21.6.2012. Kompletní záznam fotodokumentace všech vzorků je přiložen na disku DVD. Okem pozorovatelný nárůst mikrobiologického porostu, a to konkrétně zelených kokálních řas, byl zjištěn na následujících vzorcích (podrobněji viz. tab. 18-20):

| stanoviště | kostka                  | strana    |
|------------|-------------------------|-----------|
| Javor      | Dubenec III             | 2         |
|            | Hořice III              | 2,3,5     |
| Lípa       | bez viditelného porostu |           |
| Zerav      | Božanov IV              | 3,4,6     |
|            | Dubenec IV              | 3         |
|            | Hořice XI               | 1,2,3,4,6 |
| Louka      | Božanov VI              | 5         |
|            | cement VI               | 1         |
|            | Kutná Hora VI           | 1         |

1 - plocha, na které kostka leží, 2 - při otáčení po horizontální ose směrem odspoda nahoru, 3 - vrchní strana kostky, 4 - při otáčení po horizontální ose směrem odspoda nahoru, 5 - levý bok, 6 - pravý bok

Výsledky ukazují, že zelené řasy se vyskytují i v lokalitě bez dřevin. Tam jsou s výjimkou božanovského arkózového pískovce soustředěny na spodní ploše kostky, tedy na čísle 1. Tato poloha chrání organismy před vysokými dávkami slunečního záření. (Viz kapitola 2.3.7) Zároveň to dokazuje, že omezené množství odraženého světla dopadající na tuto plochu postačí pro růst fototrofních organismů, jakými zelené řasy jsou. Za

zmínku stojí, že takto porostlé povrchy na spodní stěně kostek byly pouze na bazických materiálech. Na lokalitě pod javorem a zeravem se opakují dle předpokladu porosty zelených řas na dubeneckém a hořickém pískovci. Tyto kameny pocházejí ze stejného souvrství a mají obdobné složení a mechanické a fyzikální vlastnosti. Na lokalitě pod lípou stříbrnou jsem během trvání práce okem viditelný porost kamenů nezaznamenal.

### **5.3 Možné faktory zkreslující objektivitu výsledků**

Mikroklima jednotlivých stanovišť je částečně ovlivněno okolní zástavbou. Kontrolní měření jsem prováděl jednou za čtrnáct dní ve stejnou hodinu. Měřené hodnoty jsou limitované přesností použitých přístrojů. Při měření srážek v letních měsících je výsledek zkreslený odparem vody. Každodenní měření bohužel nebylo v mých možnostech. Pro srovnání jsou uvedeny naměřené hodnoty ve stejném období z nejbližší meteorologické stanice provozované Českým hydrometeorologickým ústavem. (Viz tab. 3,5 a 6)

Naměřené hodnoty odpovídají přesné době měření. V ideálním případě by bylo objektivní změřit stejnou veličinu ve stejný čas na všech stanovištích. To vzhledem k omezenému přístrojovému vybavení nebylo možné. Při měření jsem obcházel jednotlivá stanoviště za sebou v co možná nejkratším časovém úseku. Většinou tak měření na všech stanovištích proběhlo v rozmezí deseti až patnácti minut. Měření probíhaly vždy kolem 11.30 hodiny. Tato skutečnost má vliv na srovnávanou intenzitu osvětlení. Vliv na vlhkost je myslím zanedbatelný.

Na stanovišti pod zeravem došlo během sledování k prořezání spodních větví a to v mezidobí mezi 23. 5. 2012 a 15. 6. 2012. Tato skutečnost mě přinutila posunout paletu s kostkami přibližně o jeden metr pod zbylé větve.

Za předpokladu pokračování průzkumu, by bylo potřeba rozšířit daná měření o ranní a večerní dobu, a to vzhledem k zaznamenání výkyvů kondenzační vlhkosti, která je rozhodující pro růst mikroorganismů v bezsrážkovém období.

## **6 Praktické řešení problematiky při restaurování sousoší Panny Marie Sedmibolestné s podstavcem ze zámeckého parku na Sychrově; rešerše z restaurátorské zprávy<sup>58</sup>**

### **6.1 Popis stavu před restaurováním**

Sousoší s podstavcem je umístěno v zámeckém parku před kaplí na Sychrově. Je obklopeno vzrostlými stromy. Nejbližše dílu se nachází dva jinaný dvoulaločné (*Ginkgo biloba*) (Viz textová příloha, str. 127) Kromě srážkových stínů je památka silně pokryta depozity biologického napadení, spodní polovina podstavce je pokryta souvisle i v místech srážkových stínů, dle vizuálního průzkumu řasami, mechy, lišejníky i cévnatými rostlinami.

### **6.2 Vizuální průzkum**

Kromě velkého počtu kolonií zelených řas a lišejníků a v menší míře mechů, lze s vysokou pravděpodobností očekávat na povrchu kamene i kolonie bakterií a plísní. Ze sedmi různých míst památky jsem odebral vzorky biologického porostu a odeslal k analýze. (Viz tab. 17)

Na základě vizuálního průzkumu se jeví jako součást restaurování sanace památky proti biologickému napadení.

### **6.3 Zkoušky čištění**

Provedl jsem zkoušky čištění (Viz textová příloha, str. 114)

Vzhledem k silnému biologickému napadení kamene bude celý povrch plošně ošetřen biocidním přípravkem Porossan. Velmi dobrého výsledku bylo dosaženo čištěním pomocí směsi amoniaku, peroxidu vodíku a vody s následným dočištěním tlakovou parou (tuto metodu lze však použít pouze v místech, kde nepoškodí zbytky barevných povrchových úprav kamene, tato náchylná místa budu čistit mechanicky kartáčkem a

---

<sup>58</sup> zpráva v kompletní podobě je uvedena jako textová příloha

vodou za pomoci tlakové páry). Mikropískování jsem v tomto případě zavrhl jako zbytečně intenzivní.

## 6.4 Biologický průzkum

Z piety a podstavce jsem odebral celkem sedm vzorků biologického materiálu a byly odeslány k analýze. Určení některých druhů může sloužit jako vodítko ke zjištění použitého materiálu v předchozích zásazích. Některé druhy jsou vázány na specifický charakter podkladu (bazický, kyselý). Teoreticky je možné velmi zhruba odhadnout stáří jednotlivých kolonií podle jejich velikosti, což by umožnilo přibližné stanovení doby, která uplynula od posledního čištění povrchu kamene. V praxi je však tento způsob datace ovlivněný řadou různých faktorů a lze ho brát pouze jako doplňující informaci, kterou lze podepřít data získaná jiným způsobem. Další informace, které může biologický průzkum prozradit, jsou plochy vystavené vodě, a to ať už srážkové či vzlínající vlhkosti.

Kromě toho byly na podstavci nalezeny i vyšší rostliny - břečťan (*Hedera helix*). Ten roste v bezprostřední blízkosti sochy, pne se po sousedící stěně kaple a po zemi se dostává až k soše.

Korozní působení řas, mechů a lišejníků není pro památku závažnou hrozbou. Nicméně je třeba dbát zvýšené péče o místa, kde by ztráta povrchu materiálu v řádu desetin milimetrů hrozbou byla (písmo a jemné detaily). Vážnějším ohrožením způsobujícím destrukci povrchu kamene jsou přichytné kořínky břečťanu (*Hedera helix*). Riziko je spojené s čištěním biologického materiálu z povrchu kamene a tím i případným uvolněním a ztrátou dochovaných reziduí barevných souvrství povrchových úprav kamene.

Na povrch kamene bude aplikován roztok Porossanu (algicid a fungicid). Při sanačním ošetření bude povrch kamene opatřen postřikem Porossanu s etanolem v poměru 1:5.

V souvislosti se zvýšeným výskytem biologického materiálu na objektu je třeba pečlivě zvážit budoucí režim péče o památku. Jako velice vhodný způsob preventivní ochrany se jeví stříška chránící před srážkovou vodou a odizolování podstavce před vzlínající vlhkostí.

Biologický porost by také výrazně omezilo pravidelné zakrývání díla po dobu zimních měsíců mimo návštěvnickou sezónu.

V sochařem vytvořených otvorech do kamene podstavce byl zjištěn výskyt larev blanokřídlého hmyzu, (Viz textová příloha str.146). Tato vosa využila chráněných otvorů kamene a umístila do nich své larvy. Otvory spojené s působením vos, budou vyčištěny.

## **6.5 Celkové vyhodnocení průzkumu**

Průzkum prokázal, že je památka asi z 60% pokryta biologickým materiálem, v němž převládají zelené řasy a lišejníky. V menší míře se vyskytují mechy a vyšší rostliny (břečťan). I když pro materiální podstatu památky nejsou závažnou hrozbou, bude přikročeno k jejich eliminaci z estetického důvodu (hlavně v partii hlavy Panny Marie dochází vlivem nárůstu mikroorganismů k potlačení modelace). Část restaurování bude spočívat v šetrném očištění kamene od biologického napadení a následná preventivní úprava povrchu biocidem. Ta je ovšem velice krátkodobá. Je třeba důrazně zvážit veškerá další preventivní opatření proti nárůstu biologického materiálu, protože časté očišťování povrchu kamene by mohlo vést ke ztrátě dochovaných reziduí barevné úpravy. Čištění bude prováděno se zvláštním důrazem na zachování těchto barevných úprav povrchu kamene.

Omezením srážkové a vzlínající vlhkosti by se výrazně potlačil růst biologického materiálu. Proto by bylo vhodné zbudovat stříšku a dílo izolovat proti vzlínající vlhkosti, případně aplikovat hydrofobizaci apod.

## **6.6 Návrh na restaurování**

- sanační postřik 7% roztokem biocidního prostředku Porosan; šetrné základní očištění od biologického materiálu
- dočištění kamene
- preventivní postřik 5% roztokem biocidního prostředku Porosan
- preventivní řešení problému biologického napadení (jelikož je podmíněno zejména zvýšenou vlhkostí, řeší tento bod zároveň otázku mírného zasolení)
- Zastřešení sousoší vhodně vkomponované do závěru zámecké kaple
- Sezónní ochranná schrána (pomůže omezit sukcesi řas, lišejníků a mechů)



- vymezení památky od okolí parku sypaným štěrkem a izolace proti vztlínající vlhkosti; zvážit vybetonování nových základů

## **6.7 Postup restaurátorských prací**

Provedl jsem zkoušky čištění povrchu kamene. Kámen byl opakovaně ošetřen nástřikem přípravku Porosan za účelem likvidace biologického napadení. Následně jsem biologický depozit uvolnil měkkými kartáči a dočistil tlakovou parou. Provedl jsem i pokusnou sondu na možné dočištění pomocí buničínového zábalu. Tento krok se však ukázal jako neefektivní, proto jsem od dalšího čištění tímto způsobem ustoupil.

## **6.8 Návrhy variant zastřešení díla**

Zastřešení díla by významně přispělo k jeho preventivní ochraně. A to jak před fyzikálními procesy způsobenými srážkovou vodou, tak jako výrazná regulace biologického porostu mikroorganismů (bakterie, sinice, plísně, řasy, lišejníky, mechy). (Viz textová příloha str. 180)

## **6.9 Použité materiály a technologie**

Čištění:

- voda
- kartáčky
- tlaková pára
- Porosan-biocid, Diuron CAS 330-24-1 Tolyfluanid CAS 731-27-1 aceton CAS 67.64.1 Aqua Bárta, Praha, Česká Republika
- Etanol

## **6.10 Doporučený režim**

Dílo by mělo být pravidelně sledováno a kontrolován by měl být zejména výskyt biologického napadení a stabilita prasklin. Podstavec by měl být osazen na izolační

(olověnou) desku chránící před vzlínající vlhkostí. Jako preventivní opatření lze doporučit stříšku chránící dílo před srážkovou vodou v kombinaci s celkovým zakrytím díla po dobu exponovaných zimních měsíců. Alespoň dvakrát ročně (na jaře a na podzim) by mělo být dílo a jeho okolí uklizeno od nečistot a spadaného listí. Po dvou letech by měl kontrolu provést specializovaný restaurátor seznámený s celou problematikou daného díla společně s příslušnými zástupci památkové péče. Dílu by prospěla pravidelná zahradnická úprava jejího bezprostředního okolí (vymezení břechťanu od díla, sekání trávy, odstranění spadaného listí a nečistot, udržování čistého okapového zasypu z kameniva okolo díla).

## 7 Diskuze

Pro sukcesi mikroorganismů je rozhodující mikroklima, které je bezesporu ovlivněno dřevinami. Téma klasifikace jednotlivých konkrétních dřevin i v rámci jednoho taxonu a jejich vliv na mikroklima nebylo doposud zpracované. Hraje zde roli celá řada faktorů působících ve vzájemných vztazích i zcela samostatně. Vzhledem ke zjištění šíře a komplikovanosti zadání až během práce, jsem se rozhodl vypustit z práce monitorování habitu dřevin u sledovaných stanovišť (výška, obvod a průměr kmene, výška zavětvení, šíře a tvar koruny...). Zároveň si jsem vědom toho, že pro charakteristiku mikroklimatu v okolí dřeviny, jsou tyto hodnoty pouze částečná informace a teprve důkladný průzkum této problematiky může vézt k preciznějším závěrům. Dalším významným faktorem, který má vliv na mikrobiologické napadení kamene v blízkosti dřevin je výskyt producentů medovice, který se každým rokem liší.

Dle sdělení včelařů byl rok 2012 na výskyt medovice slabší oproti jiným létům. Při kontrole stanovišť dne 15. 6. 2012 jsem zjistil výskyt mšic pouze na lípě a to jen v malém množství. (Viz kapitola 3.10)

## 8 Závěr

Současná restaurátorská praxe dosud plně nevyužívá cennou škálu informací, kterou může poskytnout mikrobiologický průzkum. Znalost základních (často se vyskytujících) mikroorganismů by měla být součástí vzdělání každého restaurátora. V současnosti je za ideál znalostí restaurátora považováno, pokud je restaurátor schopen rozlišit jednotlivé rody mikroorganismů. To znamená například rozlišit řasy od lišejníků. Rovněž stupeň přírodovědného poznání této problematiky doposud není vyčerpán. Nezmapovanou oblastí zůstává i případný vliv parazitů, cizopasicích na dřevinách, na stav kamenných památek v jejich blízkosti. Další téma potřebné pro pochopení problematiky vztahu kamenných památek a dřevin v exteriéru je vliv dřevin na mikroklima ve svém okolí. Pokusy o kategorizaci jak mezidruhově, tak i v rámci jednoho taxonu, pokud vím, chybí. Taková snaha bude nesmírně obtížná. Pokud se ale nepodaří alespoň rámcově vyčíslit, budeme stále na úrovni odhadů a spekulací.

Také problematika spojená s použitím biocidních přípravků na konkrétní druhy mikrobiologických organismů je poznána jen omezeně. Při restaurování kamene v České

Republice se používá na hubení a prevenci nárůstu mikroorganismů jen velmi omezený počet biocidních přípravků. Obvykle se aplikuje širokospektrální biocid. Ten musí být navíc, pokud má sloužit preventivně, spojen s aplikací hydrofobní vrstvy. To jsou faktory, které nás omezují a limitují ve výběru nejvhodnějšího postupu při restaurování konkrétních děl. Rovněž použití jakéhokoliv materiálu při restaurování je třeba zvážit s ohledem na to, že by mohl být příčinou či podpořit biodeterioraci.

V počátku mé práce se nabízela myšlenka přiřazení konkrétní dřeviny a stanovení péče o ni k památce z určitého druhu kamene. Případně výběr nejvhodnějšího druhu kamene na místo pod již vzrostlý strom. Na základě zjištěných výsledků se nabízí jako nejvhodnější dřevina (z hlediska sukcese mikroorganismů) ke kamenným památkám lípa stříbrná. Osobně se domnívám, že výsledky získané měřením pouze v rámci jednoho roku nejsou dostatečně vypovídající. Svůj vliv na absenci biologického porostu na kamenech pod lípou v letošním roce má jistě i velice nízký výskyt producentů medovice.

Na tuto problematiku se mi definitivní odpověď nalézt nepodařilo. Naše znalost výběru a péče jak o dřeviny v okolí památek, tak o kamenné památky samotné je zatím na úrovni doporučení a předpokladů. S vědomím širokého záběru celé problematiky a tedy i toho, že spousta otázek zůstává stále nezodpovězena, doufám, že se mi podařilo stanovit základní osy a cestu, po které nadále v průzkumu této problematiky pokračovat.

Moje práce mě tedy přivedla k novým otázkám a úkolům, které ukazují na obtížnost a široké spektrum celé problematiky.

## 9 Seznam použité literatury a pramenů

### Použitá literatura

BOROVEC, Zdeněk. *Zvětvování stavebních a sochařských kamenů působením mikroorganismů a lišejníků*. In: *Časopis pro mineralogii a geologii*, roč. 35, č. 1. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1990.

CANEVA G., M. P. NUGARI and O. SALVADORI. *Plant Biology for Cultural Heritage*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2008.

COOMBES, Allen J. *Stromy*. Praha: Euromedia Group, k. s. - Knižní klub, 2006.

GREGOROVÁ, Božena. *Ošetřování dřevin - podklady k přednáškám*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006.

HARAGSIM, Oldřich. *Medovice a včely*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1966.

HINDÁK, František, ed. *Sladkovodné riasy*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladatelství, 1978.

ICOMOS-ISCS. *Illustrated glossary on stone deterioration patterns: English-Czech version*. Praha: Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Science of the Czech Republic - ARCCHIP Centre of Excellence, 2011.

JIROUT, František. *Dřevo v přírodě a řemeslech, v živnosti a průmyslu vůbec, technologie dřeva, díl II*. Praha: Zemědělské knihkupectví A. Neubert, 1928.

KAŠE, Jiří a Petr KOTLÍK. *Braunův Betlém, drama krajiny a umění v proměnách času*. Praha: Paseka, 1999.

KISLINGER, František, a kol. *Biologie I. (základy mikrobiologie, botaniky a mykologie)*. Klatovy: Gymnázium v Klatovech, 1992.

KOBLÍŽEK, Jaroslav. *Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků*. Tišnov: SURSUM, 2006.

KOTLÍK, Petr. 1. zasedání přírodovědců-konzervátorů: Sborník příspěvků ze zasedání odb. skupiny přírodovědců-konzervátorů kulturních památek ČSVTS konaného dne 7. 11. 1985 v Praze. Praha: Národní technické muzeum, 1986.

KOTLÍK, Petr a kol. *Stavební materiály historických objektů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2007.

KUMAR, Rakesh and Anuradha V. KUMAR. *Biodeterioration od stone in Tropical Environments*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1999.

KUPILÍK, Václav. *Vliv vegetace na stabilitu budov*. In: *Zpravodaj STOP*, sv. 4, č. 2. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002.

LEDEREROVÁ, Jaroslava a kol. *Biokorozní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz, 2009.

MYSLIVEČEK, Milan. *Panoptikum symbolů, značek a znamení*. Praha: Horizont, 1992.

RYSTONOVÁ, Ida. *Průvodce lidovými názvy rostlin i jiných léčivých přírodnin a jejich produktů*. Praha: Academia, 2007.

SKRUŽNÝ, Ludvík. *Atributy vybraných biblických postav, světců a blahoslavených*. Čelákovice: Městské muzeum v Čelákovících, 1996.

ŠPAČEK, Jan. *Hlenky, houby, řasy*. Brno: Masarykova univerzita, 1999.

WARSCHEID, Th., BRAAMS, I. *Biodeterioration of stone: a review*. In: *International Biodeterioration and Biodegradation* [online]. 2000, vol. 46, i. 4 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/49879973/Warscheid-T-y-Braams-J-Bio-Deterioration-of-Stone-2000>.

WASSERBAUER, Richard. *Biologické znehodnocení staveb*. Praha: ABF - ARCH, 2000.

WASSERBAUER, Richard. *Lišejníky na kamenných uměleckých památkách a způsob jejich likvidace*. In: *Zprávy památkové péče*, roč. 53. Praha: Státní ústav památkové péče, 1993.

WASSERBAUER, Richard a Zdenka VYMAZALOVÁ. *Biokoroze technických materiálů*. In: *Chemické listy*, svazek 89. Praha: Česká společnost chemická, 1995.

ZAORÁLEK, Jaroslav. *Lidová rčení*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1963.

### **Použité prameny**

*Dekorační kameny ČR* [online]. Česká geologická služba. 2009. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: [http://dekoracni-kameny.geology.cz/index\\_cz.pl?tt\\_=s&spocitej=A](http://dekoracni-kameny.geology.cz/index_cz.pl?tt_=s&spocitej=A)

*Přehled deklarovaných vlastností umělého kamene*. [online]. Jeřice: Atelier Alena. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.kamenoatelier.cz/html/osta.htm>

*Sinice*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, poslední aktualizace 2. 6. 2012 [cit. 2012-07-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sinice>

## 10 Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: Kořenový systém nejběžnějších jehličnatých a listnatých stromů .....            | 69 |
| Tab. 2: Minimální doporučené vzdálenosti dřevin od budov a venkovních zařízení .....    | 69 |
| Tab. 3: Vlhkost vzduchu na stanovištích a kontrolních stanicích .....                   | 69 |
| Tab. 4: Intenzita osvětlení na stanovištích .....                                       | 70 |
| Tab. 5: Teplota vzduchu na stanovištích a kontrolních stanicích .....                   | 70 |
| Tab. 6: Úhrn srážek na stanovištích a kontrolních stanicích.....                        | 70 |
| Tab. 7: Klasifikace organismů založená na jejich požadavcích na živiny (upraveno) ..... | 71 |
| Tab. 8: Vliv mikroorganismů na stavební materiály .....                                 | 72 |
| Tab. 9: Včelařsky významní producenti medovice .....                                    | 72 |
| Tab. 10: Fyzikálně-mechanické vlastnosti božanovského pískovce .....                    | 73 |
| Tab. 11: Fyzikálně-mechanické vlastnosti hořického pískovce .....                       | 73 |
| Tab. 12: Fyzikálně-mechanické vlastnosti kutnohorského pískovce (vápence) .....         | 73 |
| Tab. 13: Fyzikálně-mechanické vlastnosti umělého kamene s cementovým pojivem .....      | 74 |
| Tab. 14: Tabulka pH povrchu vzorků sochařských kamenů .....                             | 74 |
| Tab. 15: Tabulka pH výluhu nadrcených vzorků sochařských kamenů .....                   | 74 |
| Tab. 16: Tabulka pH kůry vybraných dřevin.....  | 75 |
| Tab. 17: Výskyt mikroorganismů na sledovaných kamenech .....                            | 75 |
| Tab. 18: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita louka .....             | 76 |
| Tab. 19: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita zerav .....             | 76 |
| Tab. 20: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita javor.....              | 76 |



## 11 Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1a.1: Kalibrační měření vlhkosti povrchu kamene - hořický pískovec, vz. 1 .....                         | 77 |
| Graf 1a.2: Kalibrační měření vlhkosti povrchu kamene - hořický pískovec, vz. 2 .....                         | 77 |
| Graf 1b.1: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – hmotnostní vlhkost .....                              | 77 |
| Graf 1b.2: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 4 .....   | 78 |
| Graf 1b.3: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 14 .....  | 78 |
| Graf 1b.4: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 15 .....  | 78 |
| Graf 1b.5: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 19 .....  | 79 |
| Graf 1b.6: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – dotykový vlhkoměr (model MD-2G, moisture meter) ..... | 79 |
| Graf 2a.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: epoxid ..                      | 79 |
| Graf 2a.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Kutná Hora .....               | 80 |
| Graf 2a.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: cement .                       | 80 |
| Graf 2a.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Dubenec .....                  | 80 |
| Graf 2a.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Hořice ..                      | 81 |
| Graf 2a.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Božanov .....                  | 81 |
| Graf 2b.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: epoxid ....                     | 81 |
| Graf 2b.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Kutná Hora .....                | 82 |
| Graf 2b.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: cement ...                      | 82 |
| Graf 2b.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Dubenec                         | 82 |
| Graf 2b.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Hořice ....                     | 83 |
| Graf 2b.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Božanov                         | 83 |
| Graf 2c.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: epoxid .                       | 83 |
| Graf 2c.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Kutná Hora .....               | 84 |
| Graf 2c.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: cement .                       | 84 |
| Graf 2c.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Dubenec .....                  | 84 |
| Graf 2c.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Hořice .                       | 85 |
| Graf 2c.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Božanov .....                  | 85 |
| Graf 2d.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: epoxid .                       | 85 |

|   |    |
|---|----|
| Graf 2d.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Kutná Hora..... | 86 |
| Graf 2d.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: cement          | 86 |
| Graf 2d.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Dubenec .....   | 86 |
| Graf 2d.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Hořice .        | 87 |
| Graf 2d.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Božanov .....   | 87 |
| Graf 3: Srovnání vlhkosti neupraveného hořického pískovce na různých lokalitách .....         | 87 |
| Graf 4a.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor .....                         | 88 |
| Graf 4a.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor .....                         | 88 |
| Graf 4a.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor .....                         | 89 |
| Graf 4a.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor .....                         | 89 |
| Graf 4b.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa .....                          | 90 |
| Graf 4b.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa .....                          | 90 |
| Graf 4b.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa .....                          | 91 |
| Graf 4b.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa .....                          | 91 |
| Graf 4c.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav .....                         | 92 |
| Graf 4c.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav .....                         | 92 |
| Graf 4c.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav .....                         | 93 |
| Graf 4c.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav .....                         | 93 |
| Graf 4d.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka .....                         | 94 |
| Graf 4d.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka .....                         | 94 |
| Graf 4d.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka .....                         | 95 |
| Graf 4d.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka .....                         | 95 |

## **12 Seznam obrazových příloh**

Obr. 1: Zákresy poloh stanovišť s umístěnými vzorky v katastrální mapě

Obr. 2: Rozmístění kostek na jednotlivých stanovištích

Obr. 3 a 4: Stanoviště javor

Obr. 5 a 6: Stanoviště lípa

Obr. 7 a 8: Stanoviště zerav

Obr 9 a 10: Stanoviště louka

Obr 11a, 11b: Vývoj sukcese mikroorganismů na kamenných kostkách

Obr 12: Socha rozčísnutá bleskem, Budčeves u Kopidlna

Obr 13: Svatý Jan Nepomucký na Jiráskově náměstí v Litomyšli

## **13 Seznam textových příloh**

Restaurátorská zpráva a dokumentace: Socha Piety (Panna Marie Sedmibolestná)

## **Přílohy**

## Tabulkové přílohy

| rozměr kořenů | rozmezí              | druhy   |
|---------------|----------------------|---|
| hloubka       | povrchové (do 30 cm) | smrk, osika   |
|               | střední (do 1 m)     | bříza, babyka, habr, jírovec, jeřáb, olše, topol, vrba, javor mléč                                |
|               | hluboké (přes 1 m)   | jasan, dub, buk, jilm, borovice, jedle, modřín, klen  |
| délka         | krátké (do 3 m)      | olše, ptačí třešně  |
|               | střední (do 6 m)     | bříza, habr, jeřáb, vrba, babyka, střemcha, javor mléč  |
|               | dlouhé (přes 6 m)    | jasan, dub, buk, jilm vaz, smrk, jedle, borovice, modřín, osika, javor klen, topol, jírovec, lípa |

Tab. 1: Kořenový systém nejběžnějších jehličnatých a listnatých stromů

KUPILÍK, Václav. Vliv vegetace na stabilitu budov. In: Zpravodaj STOP, sv. 4, č. 2. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002.

| objekty a zařízení                   | minimální vzdálenost od osy |       |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------|
|                                      | kmene stromu                | keře  |
| venkovní stěny                       | 5 m                         | 1,5 m |
| kraj dopravního pruhu                | 2 m                         | 1,0 m |
| sloup vedení všech druhů sítí        | 4 m                         | -     |
| základ nebo vnitřní hrana opěrné zdi | 3 m                         | 1,0 m |

Tab. 2: Minimální doporučené vzdálenosti dřevin od budov a venkovních zařízení

KUPILÍK, Václav. Vliv vegetace na stabilitu budov. In: Zpravodaj STOP, sv. 4, č. 2. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002.

| Vlhkost vzduchu (%)  |                          |                   |                    |                   |                    |                    |
|----------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| stanice / stanoviště | H3PARD01<br>denní průměr | H3PARD01<br>14:00 | LIT-javor<br>12:00 | LIT-lípa<br>12:00 | LIT-zerav<br>12:00 | LIT-louka<br>12:00 |
| 15.2.2012            | 83                       | 86                | 65                 | 66                | 66                 | 66                 |
| 2.3.2012             | 82                       | 71                | 65                 | 65                | 67                 | 65                 |
| 15.3.2012            | 79                       | 60                | 57                 | 57                | 57                 | 55                 |
| 29.3.2012            | 66                       | 64                | 44                 | 44                | 48                 | 46                 |
| 12.4.2012            | 89                       | 90                | 91                 | 90                | 90                 | 89                 |
| 27.4.2012            | 48                       | 32                | 33                 | 35                | 32                 | 32                 |
| 10.5.2012            | 64                       | 44                | 63                 | 63                | 62                 | 60                 |
| 23.5.2012            | 47                       | 28                | 25                 | 21                | 28                 | 30                 |
| 15.6.2012            | 65                       | 43                | 54                 | 50                | 28                 | 21                 |
| 18.7.2012            | 73                       | 55                | 50                 | 44                | 45                 | 34                 |

Tab. 3: Vlhkost vzduchu na stanovištích a kontrolních stanicích

(H3PARD01 – stanice Pardubice, zdroj: ČHMÚ)

| <b>Intenzita světla (lux)</b> |           |          |           |           |
|-------------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| stanoviště                    | LIT-javor | LIT-lípa | LIT-zerav | LIT-louka |
| 15.2.2012                     | 580       | 8360     | 4400      | 1425      |
| 2.3.2012                      | 570       | 6600     | 2080      | 9290      |
| 15.3.2012                     | 14720     | 22300    | 8160      | 30120     |
| 29.3.2012                     | 17500     | 16700    | 6200      | 29900     |
| 12.4.2012                     | 4250      | 5100     | 618       | 5680      |
| 27.4.2012                     | 565       | 8220     | 3921      | 65500     |
| 10.5.2012                     | 2920      | 3650     | 7760      | 75000     |
| 23.5.2012                     | 2372      | 5700     | 87000     | 99000     |
| 15.6.2012                     | 1503      | 4970     | 89000     | 102000    |
| 18.7.2012                     | 2030      | 7350     | 7500      | 20800     |

zvýrazněné hodnoty jsou měřeny po olistění

Tab. 4: Intenzita osvětlení na stanovištích

| <b>Teplota vzduchu (°C)</b> |                    |                     |                     |              |              |               |               |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| stanice / stanoviště        | H3PARD01<br>průměr | H3PARD01<br>maximum | H3PARD01<br>minimum | LIT<br>javor | LIT-<br>lípa | LIT-<br>zerav | LIT-<br>louka |
| 15.2.2012                   | 0,8                | 2,9                 | -6,0                | 1,4          | 1,6          | 1,5           | 0,9           |
| 2.3.2012                    | 6,0                | 10,1                | 4,4                 | 9,0          | 9,0          | 8,7           | 8,2           |
| 15.3.2012                   | 4,2                | 9,4                 | 0,5                 | 13,5         | 13,6         | 13,9          | 13,6          |
| 29.3.2012                   | 8,5                | 14,2                | 4,9                 | 13,5         | 13,9         | 14,0          | 13,6          |
| 12.4.2012                   | 4,5                | 11,6                | 1,9                 | 6,9          | 7,1          | 7,0           | 7,0           |
| 27.4.2012                   | 19,8               | 27,9                | 6,4                 | 25,0         | 26,6         | 26,8          | 27,4          |
| 10.5.2012                   | 19,6               | 26,1                | 11,6                | 21,9         | 22,3         | 22,7          | 22,9          |
| 23.5.2012                   | 23,4               | 28,7                | 10,1                | 27,5         | 29,8         | 27,0          | 27,0          |
| 15.6.2012                   | 17,7               | 23,4                | 6,9                 | 19,7         | 21,8         | 34,1          | 38,1          |
| 18.7.2012                   | 18,1               | 23,6                | 13,0                | 25,6         | 27,0         | 27,0          | 30,2          |

Tab. 5: Teplota vzduchu na stanovištích a kontrolních stanicích

(H3PARD01 – stanice Pardubice, zdroj: ČHMÚ)

| <b>Úhrn srážek (mm)</b> |          |          |           |          |           |           |
|-------------------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| stanice / stanoviště    | H3NHRA01 | H3PARD01 | LIT-javor | LIT-lípa | LIT-zerav | LIT-louka |
| 15.2.-2.3.              | 33,5     | 16,2     | 32,0      | 29,0     | 31,8      | 34,0      |
| 3.3.-15.3.              | 4,6      | 2,8      | 3,0       | 4,6      | 2,9       | 5,4       |
| 16.3.-29.3.             | 7,2      | 3,7      | 0,0       | 0,0      | 0,0       | 0,0       |
| 30.3.-12.4.             | 6,0      | 4,5      | 0,5       | 3,3      | 0,0       | 6,1       |
| 13.4.-27.4.             | 20,0     | 21,9     | 5,6       | 16,6     | 5,5       | 30,0      |
| 28.4.-10.5.             | 35,1     | 77,6     | 19,5      | 20,4     | 16,7      | 32,9      |
| 11.5.-23.5.             | 6,3      | 5,0      | 0,0       | 0,8      | 0,0       | 3,0       |
| 25.5.-15.6.             | 58,2     | 44,1     | 24,2      | 16,5     | 22,2      | 35,7      |
| 16.6.-18.7.             | 134,0    | 96,0     | 49,8      | 37,5     | 42,8      | 66,3      |

Tab. 6: Úhrn srážek na stanovištích a kontrolních stanicích

(H3NHRA01 - stanice Nové Hradky, H3PARD01 – stanice Pardubice, zdroj: ČHMÚ)

| zdroj živin                              | zdroj energie                                 | zdroj uhlíku       | elektronový donor  | elektronový akceptor  | skupina organismů  |
|--|---|--------------------|--|---|--|
| fotoautotrofní nebo fotolitotrofní       | sluneční záření (fotosyntetizující organismy) | CO <sub>2</sub>    | voda   | kyslík<br>organický materiál  | aerobní organismy:<br>sinice<br>rozsivky<br>zelené řasy<br>lišejníky<br>mechy a játrovky<br>vyšší rostliny   |
| chemoautotrofní nebo chemolitotrofní     | redoxní reakce (chemosyntetizující organismy) | CO <sub>2</sub>    | H <sub>2</sub><br>Fe <sup>2+</sup><br>NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>NO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>S, S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | kyslík  | aerobní organismy:<br>vodíkové bakterie<br>železité bakterie<br>nitrifikační bakterie<br>sírné bakterie  |
| fotoheterotrofní nebo fotoorganotrofní   | sluneční záření (fotosyntetizující organismy) | organický materiál | organický materiál<br>H <sub>2</sub> S<br>H <sub>2</sub>   | kyslík<br>organický materiál  | aerobní organismy:<br>fotosyntetizující bakterie<br>některé řasy<br>anaerobní organismy:<br>fotosyntetizující zelené a purpurové sírné bakterie<br>purpurové bezsírné bakterie |
| chemoheterotrofní nebo chemoorganotrofní | redoxní reakce (chemosyntetizující organismy) | organický materiál | organický materiál<br>S, S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>H <sub>2</sub> S   | kyslík<br>organický materiál<br>NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | aerobní organismy:<br>aktinomycety<br>houby<br>bakterie<br>anaerobní organismy:<br>fermentační bakterie<br>denitrifikační bakterie<br>desulfurikační bakterie                  |

Tab. 7: Klasifikace organismů založená na jejich požadavcích na živiny (upraveno)

KUMAR, rakesh and Anuradha V. KUMAR. *Biodeterioration od stone in Tropical Environments*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1999.

| Mikrobní aktivita                             | Výsledný efekt                                      | Materiály                             | Mikroorganismy                                       |
|---|---|---------------------------------------|--|
| Mikrobiální biofilm na materiálech            | změna barvy<br>zvýšení pórovitosti a vlhkosti       | všechny                               | bakterie<br>plísně<br>řasy<br>sinice<br>aktinomycety |
| Filamentózní růst                             | desintegrace materiálů<br>degradace aditiv          | omítky<br>nátěry<br>dřevo<br>polymery | plísně<br>bakterie                                   |
| Produkce kyselin                              | kyselinová koroze                                   | kámen<br>beton<br>omítky              | plísně<br>bakterie                                   |
| Přijem H <sup>+</sup> iontů mikrobní buňkou   | alkalická koroze                                    | kámen                                 | řasy<br>sinice                                       |
| Mobilizace iontů, chelatizace                 | křehnutí, mechanické oslabení<br>materiálů          | kámen<br>beton<br>omítky              | plísně<br>bakterie<br>řasy<br>sinice<br>aktinomycety |
| Produkce polyolů (glycerol,<br>polysacharidy) | tvorba mikrotrhlin ve vrstevnatých<br>silikátech    | silikátové<br>materiály               | plísně<br>bakterie<br>řasy<br>sinice<br>aktinomycety |
| Produkce hydrolytických enzymů                | degradace aditiv<br>degradace organických materiálů | dřevo<br>nátěry<br>polymery           | plísně<br>bakterie                                   |

Tab. 8: Vliv mikroorganismů na stavební materiály

LEDEREROVÁ, Jaroslava a kol. *Biokorozní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz, 2009.

| producenti medovice   | měsíce sběru |           |           |           |           | živná dřevina |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|                       | 5            | 6         | 7         | 8         | 9         |               |
| Medovnice smrková     |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           | smrk          |
| Medovnice zelenavá    |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           | smrk          |
| Medovnice nahá        |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX      |           | smrk          |
| Puklice poloskrytá    |              | XXXX XXXX | XXXX      |           |           | smrk          |
| Medovnice jedlová     |              |           | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX | jedle         |
| Medovnice borová      |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           |           | borovice      |
| Medovnice lesklá      | XXXX         | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           |           | borovice      |
| Medovnice černosvrnná |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           | modřín        |
| Medovnice modřínová   |              | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX | XXXX XXXX | modřín        |
| Medovnice dubová      | XXXX         | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           |           | dub           |
| Zdobnatka lípová      |              | XXXX      | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           | lípa          |
| Brvnatka javorová     | XXXX XXXX    | XXXX XXXX | XXXX XXXX |           |           | javor         |
| Stromovnice javorová  | XXXX XXXX    | XXXX XXXX | XXXX      |           |           | javor         |
| Stromovnice buková    | XXXX XXXX    | XXXX XXXX |           |           |           | buk           |

Tab. 9: Včelařsky významní producenti medovice

HARAGSIM, Oldřich. *Medovice a včely*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1966.



| F - M vlastnost                                | Cca     | Název lomu |
|--|---------|------------|
| měrná hmotnost – hustota (g.cm <sup>-3</sup> ) | 2.513   | Božanov    |
| nasákavost do ustálené hmotnosti (%)           | 5.560   | Božanov    |
| nasákavost objemová (%)                        | 11.560  | Božanov    |
| nasákavost za sníženého atmosf. tlaku (%)      | 4.500   | Božanov    |
| objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )        | 2.186   | Božanov    |
| obrusnost - v úbytku výšky                     | 4.420   | Božanov    |
| pevnost v tahu za ohybu (MPa)                  | 2.900   | Božanov    |
| pevnost v tlaku po nasáknutí (MPa)             | 540.000 | Božanov    |
| pevnost v tlaku po vysušení (MPa)              | 670.000 | Božanov    |
| pevnost v tlaku po zmrazení (MPa)              | 520.000 | Božanov    |

Tab. 10: Fyzikálně-mechanické vlastnosti božanovského pískovce

*Dekorační kameny ČR [online]. Česká geologická služba. 2009. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: [http://dekoracni-kameny.geology.cz/index\\_cz.pl?tt\\_=s&spocitej=A](http://dekoracni-kameny.geology.cz/index_cz.pl?tt_=s&spocitej=A)*

| F - M vlastnost                                | Cca     | Název lomu      |
|--|---------|-----------------|
| měrná hmotnost – hustota (g.cm <sup>-3</sup> ) | 10.000  | lom u sv.Josefa |
| nasákavost do ustálené hmotnosti (%)           | 8.400   | lom u sv.Josefa |
| nasákavost objemová (%)                        | 13.000  | lom u sv.Josefa |
| objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )        | 2.000   | lom u sv.Josefa |
| obrusnost - v úbytku výšky                     | 1.330   | lom u sv.Josefa |
| pevnost v tahu za ohybu (MPa)                  | 4.000   | lom u sv.Josefa |
| pevnost v tlaku po nasáknutí (MPa)             | 12.000  | lom u sv.Josefa |
| pevnost v tlaku po vysušení (MPa)              | 28.600  | lom u sv.Josefa |
| pevnost v tlaku po zmrazení (MPa)              | 10.000  | lom u sv.Josefa |
| pevnost v tlaku za ohybu (MPa)                 | 2.000   | lom u sv.Josefa |
| nasákavost za sníženého atmosf. tlaku (%)      | 6.700   | Podhorní Újezd  |
| objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> )        | 2.032   | Podhorní Újezd  |
| obrusnost - v úbytku objemu                    | 109.750 | Podhorní Újezd  |
| obrusnost - v úbytku výšky                     | 35.400  | Podhorní Újezd  |
| pevnost v tlaku po vysušení (MPa)              | 36.500  | Podhorní Újezd  |
| pórovitost (%)                                 | 13.700  | Podhorní Újezd  |

Tab. 11: Fyzikálně-mechanické vlastnosti hořického pískovce

*Dekorační kameny ČR [online]. Česká geologická služba. 2009. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: [http://dekoracni-kameny.geology.cz/index\\_cz.pl?tt\\_=s&spocitej=A](http://dekoracni-kameny.geology.cz/index_cz.pl?tt_=s&spocitej=A)*

| F - M vlastnost                         | Cca    | Název lomu     |
|---|--------|----------------|
| nasákavost do ustálené hmotnosti (%)    | 4.600  | Vyšatova skála |
| objemová hmotnost (g.cm <sup>-3</sup> ) | 2.250  | Vyšatova skála |
| obrusnost - v úbytku výšky              | 0.260  | Vyšatova skála |
| pevnost v tlaku po nasáknutí (MPa)      | 72.000 | Vyšatova skála |
| pevnost v tlaku po vysušení (MPa)       | 84.000 | Vyšatova skála |
| pevnost v tlaku po zmrazení (MPa)       | 71.000 | Vyšatova skála |
| pevnost v tlaku za ohybu (MPa)          | 7.700  | Vyšatova skála |
| součinitel vymrazení                    | 0.830  | Vyšatova skála |
| součinitel změknutí                     | 0.860  | Vyšatova skála |

Tab. 12: Fyzikálně-mechanické vlastnosti kutnohorského pískovce (vápence)

*Dekorační kameny ČR [online]. Česká geologická služba. 2009. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: [http://dekoracni-kameny.geology.cz/index\\_cz.pl?tt\\_=s&spocitej=A](http://dekoracni-kameny.geology.cz/index_cz.pl?tt_=s&spocitej=A)*

| vlastnost                                  | jednotky            | Alena           |
|--|---------------------|-----------------|
| Objemová hmotnost                          | kg/m <sup>3</sup>   | 2029 (min.1900) |
| Nasákavost do ustálené hmotnosti           | % hm                | 6,38 (max.15)   |
| Nasákavost objemová                        | % obj.              | 12,94           |
| Pevnost v tlaku vysušeného kamene          | MPa                 | 44 (min.30)     |
| Pevnost v tlaku nasáklého kamene           | MPa                 | 33 (min.20)     |
| Pevnost v tlaku vymrazeného kamene         | MPa                 | 24 (min.15)     |
| Pevnost v tahu za ohybu vysušeného kamene  | MPa                 | 3,8 (min.3)     |
| Pevnost v tahu za ohybu nasáklého kamene   | MPa                 | 2,9 (min.2)     |
| Pevnost v tahu za ohybu vymrazeného kamene | MPa                 | 2,2 (min.1)     |
| Obrusnost                                  | mm                  | 4,2             |
| Odolnost proti povětrnosti                 | -                   | odolný          |
| Měrná aktivita rádia Ra                    | Bq.kg <sup>-1</sup> | 6 -/+2 (max.80) |

Tab. 13: Fyzikálně-mechanické vlastnosti umělého kamene s cementovým pojivem

(charakteristiky uváděné ateliérem Alena, KamenoCentrum Hořice s.r.o., Jeřice 61)

*Přehled deklarovaných vlastností umělého kamene. [online]. Jeřice: Atelier Alena. [cit. 2012-05-22].*

*Dostupné z: <http://www.kamenoatelier.cz/html/osta.htm>*

|         | 3ks jap.papír 2,5cm+2ml<br>H <sub>2</sub> O, po 1 hod, 23°C | arbocel 2,5g+10ml<br>H <sub>2</sub> O, po 23h | arbocel po41h<br>15min, 25°C | arbocel po 64h<br>50min, 25°C | arbocel+3ml H <sub>2</sub> O,<br>po 113h, 24°C |
|---------|---|---|------------------------------|-------------------------------|--|
| Dubenec | 6,286   | 7,097   | 7,559                        | 5,851                         | 6,483  |
|         | 7,293   | 7,527   | 7,44                         | 5,766                         | 6,089  |
| Hořice  | 6,455   | 7,443   | 7,427                        | 6,041                         | 6,516  |
|         | 7,159   | 7,155   | 7,312                        | 6,05                          | 6,377  |
| Božanov | 6,85  | 6,756   | 8,011                        | 6,415                         | 6,484  |
|         | 6,971   | 6,909   | 7,772                        | 6,188                         | 6,235  |
| K.Hora  | 6,439   | 7,03  | 7,398                        | 6,677                         | 6,738  |
|         | 6,912   | 7,499   | 7,444                        | 6,355                         | 7,002  |
| cement  | 7,605   | 6,986   | 6,996                        | 5,957                         | 7,129  |
|         | 6,514   | 6,493   | 7,126                        | 6,28                          | 7,054  |
| epoxid  | 5,755   | 6,085   |                              | 7,819                         | 7,267  |
|         | 7,454   | 6,424   |                              | 7,96                          | 7,409  |
| arbocel |   |   | 7,231                        | 6,063                         | 6,396  |
|         |   |   | 5,966                        | 7,14                          | 6,116  |

Tab. 14: Tabulka pH povrchu vzorků sochařských kamenů

|            | <b>pH</b> |
|------------|-----------|
| Hořice     | 7,15      |
| Dubenec    | 7,098     |
| Božanov    | 6,31      |
| epoxid     | 7,806     |
| Kutná Hora | 8,028     |
| cement     | 11,35     |

Tab. 15: Tabulka pH výluhu nadrcených vzorků sochařských kamenů

|       | pH    |
|-------|-------|
| javor | 5,28  |
| lípa  | 5,504 |
| zerav | 6,876 |

Tab. 16: Tabulka pH kůry vybraných dřevin

|                                   | javor | lípa | zerav | louka | socha-Nepomuk | akát | habr | buk | socha Pieta |
|-----------------------------------|-------|------|-------|-------|---------------|------|------|-----|-------------|
| lišejníky                         |       |      |       |       |               |      |      |     |             |
| <i>Baeomyces rufus</i>            |       |      |       |       | x             |      |      |     |             |
| <i>Candelariella aurella</i>      |       |      |       |       | x             |      |      |     |             |
| <i>Candelariella xanthostigma</i> |       |      |       |       |               |      | x    | x   |             |
| <i>Lecanora disperza</i>          |       |      |       |       | x             |      |      |     |             |
| <i>Lecanora polytropa</i>         |       |      |       |       | x             |      |      |     | x           |
| <i>Lecanora saxicola</i>          |       | x    |       |       | x             |      |      |     |             |
| <i>Lecidella stigmatea</i>        |       | x    |       |       |               |      |      |     |             |
| <i>Lepraria sp.</i>               | x     |      |       |       | x             |      |      | x   | x           |
| <i>Parmelia sulcata</i>           | x     |      |       |       |               |      | x    |     |             |
| <i>Phaeophyscia orbicularis</i>   | x     |      | x     |       |               |      |      | x   |             |
| <i>Phiscia tenella</i>            | x     |      |       |       | x             | x    | x    |     |             |
| <i>Physcia dubia</i>              |       | x    |       |       |               |      |      |     |             |
| <i>Scoliciosporum sarothamni</i>  |       |      |       |       |               |      |      |     | x           |
| mechy                             |       |      |       |       |               |      |      |     |             |
| <i>Syntrichia ruralis</i>         |       |      |       |       | x             |      |      |     |             |
| <i>Brachythecium sp.</i>          | x     |      |       |       |               |      | x    |     |             |
| <i>Tortula muralis</i>            |       |      |       |       |               |      |      |     | x           |
| zelené řasy                       | x     | x    | x     | x     | x             | x    | x    | x   | x           |

Tab. 17: Výskyt mikroorganismů na sledovaných kamenech

(pouze druhy bezpečně určené z odebraných vzorků; řasy určovala Jana Veselá, mechy a lišejníky RNDr. Josef Halda)

| plocha kamene porostlá mikroorganismy (cm <sup>2</sup> ) |            |   |   |   |           |   |    |    |               |   |   |   |    |
|--|------------|---|---|---|-----------|---|----|----|---------------|---|---|---|----|
| kámen  | Božanov VI |   |   |   | cement VI |   |    |    | Kutná Hora VI |   |   |   |    |
|  | měření     |   |   |   | měření    |   |    |    | měření        |   |   |   |    |
|  | 1          | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3  | 4  | 1             | 2 | 3 | 4 |    |
| strana kostky  | 1          | 0 | 0 | 0 | 7         | 0 | 11 | 14 | 21            | 0 | 4 | 7 | 27 |
|  | 2          | 0 | 0 | 0 | 0         | 0 | 0  | 0  | 6             | 0 | 0 | 0 | 2  |
|  | 3          | 0 | 0 | 0 | 0         | 0 | 0  | 0  | 0             | 0 | 0 | 0 | 0  |
|  | 4          | 0 | 0 | 0 | 2         | 0 | 0  | 0  | 10            | 0 | 0 | 0 | 3  |
|  | 5          | 0 | 4 | 5 | 6         | 0 | 0  | 0  | 11            | 0 | 0 | 0 | 8  |
|  | 6          | 0 | 0 | 0 | 0         | 0 | 0  | 0  | 4             | 0 | 0 | 0 | 4  |

Tab. 18: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita louka

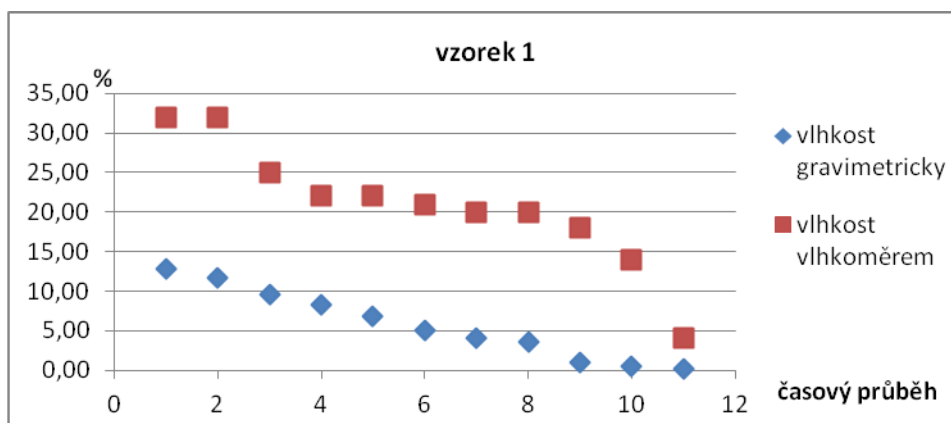
| plocha kamene porostlá mikroorganismy (cm <sup>2</sup> ) |            |   |    |    |          |   |    |    |           |   |    |    |    |
|--|------------|---|----|----|----------|---|----|----|-----------|---|----|----|----|
| kámen  | Božanov IV |   |    |    | Dubec IV |   |    |    | Hořice XI |   |    |    |    |
|  | měření     |   |    |    | měření   |   |    |    | měření    |   |    |    |    |
|  | 1          | 2 | 3  | 4  | 1        | 2 | 3  | 4  | 1         | 2 | 3  | 4  |    |
| strana kostky  | 1          | 0 | 0  | 0  | 0        | 0 | 0  | 0  | 0         | 0 | 9  | 12 | 14 |
|  | 2          | 0 | 0  | 0  | 0        | 0 | 0  | 0  | 1         | 0 | 12 | 0  | 5  |
|  | 3          | 0 | 28 | 89 | 100      | 0 | 18 | 17 | 8         | 0 | 41 | 37 | 47 |
|  | 4          | 0 | 4  | 12 | 75       | 0 | 0  | 0  | 18        | 0 | 6  | 6  | 10 |
|  | 5          | 0 | 0  | 0  | 16       | 0 | 0  | 0  | 2         | 0 | 0  | 0  | 0  |
|  | 6          | 0 | 6  | 7  | 10       | 0 | 0  | 0  | 0         | 0 | 24 | 46 | 55 |

Tab. 19: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita zerav

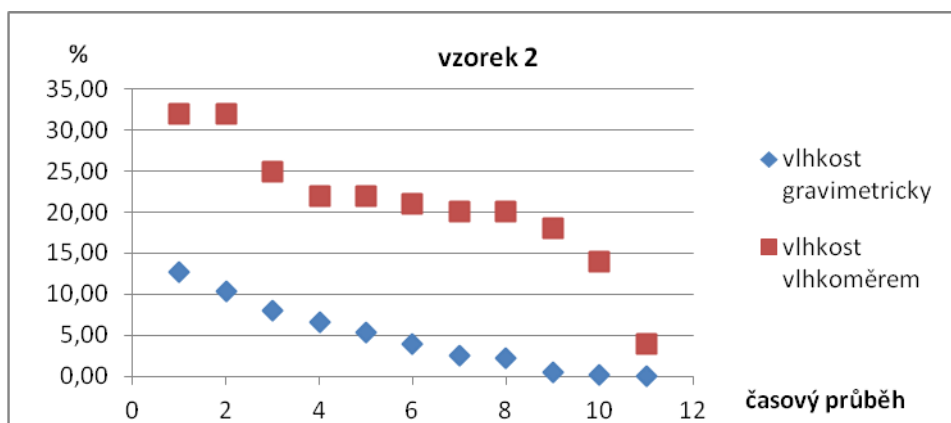
| plocha kamene porostlá mikroorganismy (cm <sup>2</sup> ) |           |   |   |    |            |   |    |    |    |
|--|-----------|---|---|----|------------|---|----|----|----|
| kámen  | Dubec III |   |   |    | Hořice III |   |    |    |    |
|  | měření    |   |   |    | měření     |   |    |    |    |
|  | 1         | 2 | 3 | 4  | 1          | 2 | 3  | 4  |    |
| strana kostky  | 1         | 0 | 0 | 0  | 0          | 0 | 0  | 0  | 7  |
|  | 2         | 0 | 4 | 13 | 20         | 0 | 26 | 27 | 34 |
|  | 3         | 0 | 0 | 0  | 0          | 0 | 4  | 0  | 29 |
|  | 4         | 0 | 0 | 0  | 7          | 0 | 0  | 0  | 8  |
|  | 5         | 0 | 0 | 0  | 4          | 0 | 1  | 16 | 23 |
|  | 6         | 0 | 0 | 0  | 0          | 0 | 0  | 0  | 4  |

Tab. 20: Průběh sukcese na povrchu sochařských kamenů, lokalita javor

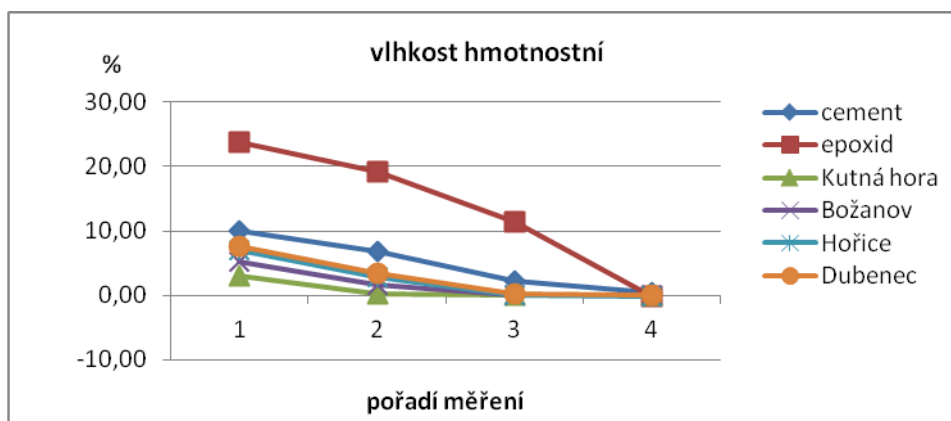
## Příloha - grafy



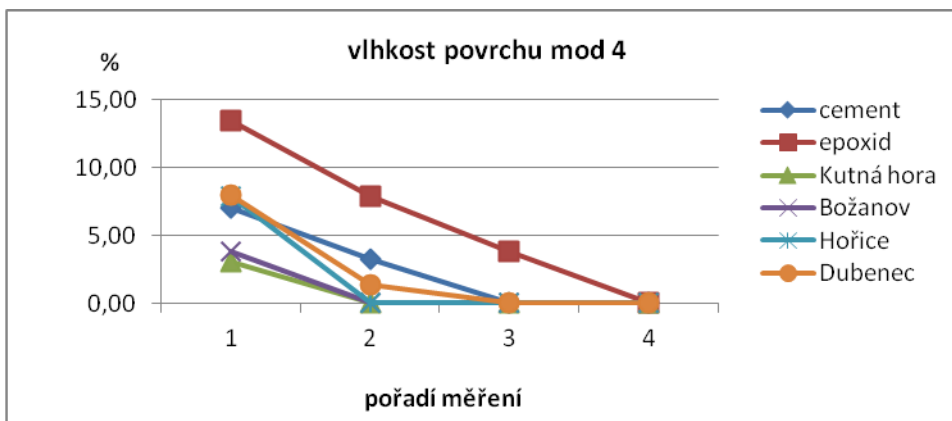
Graf 1a.1: Kalibrační měření vlhkosti povrchu kamene - hořícký pískovec, vz. 1



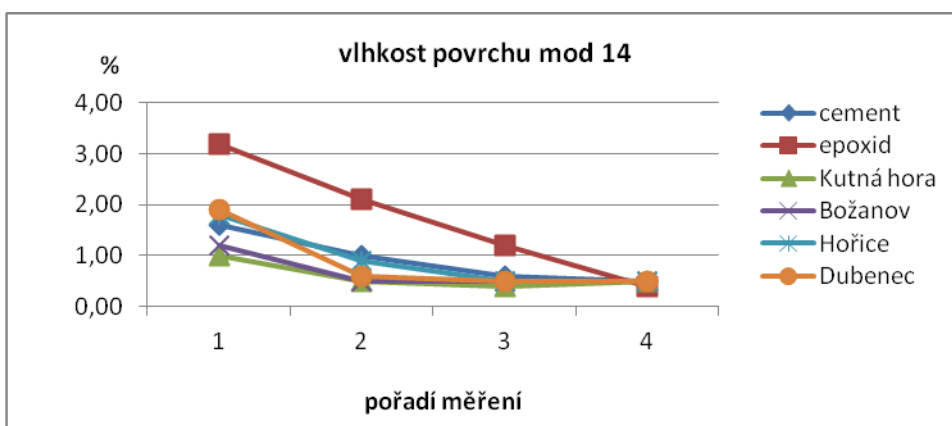
Graf 1a.2: Kalibrační měření vlhkosti povrchu kamene - hořícký pískovec, vz. 2



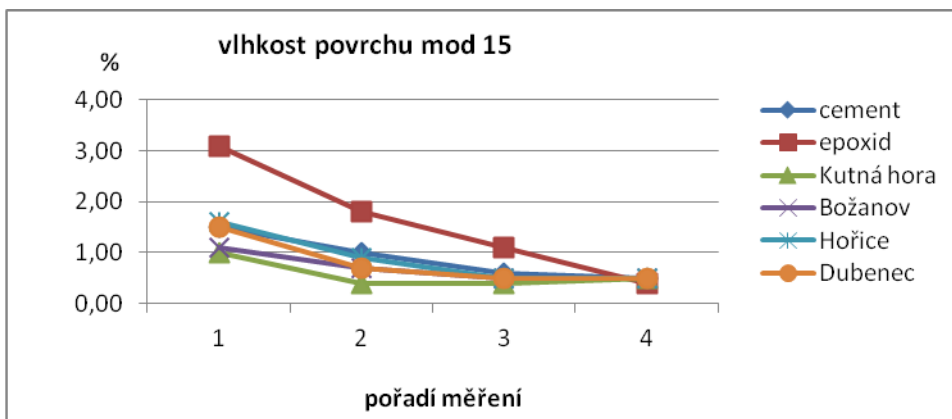
Graf 1b.1: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – hmotnostní vlhkost



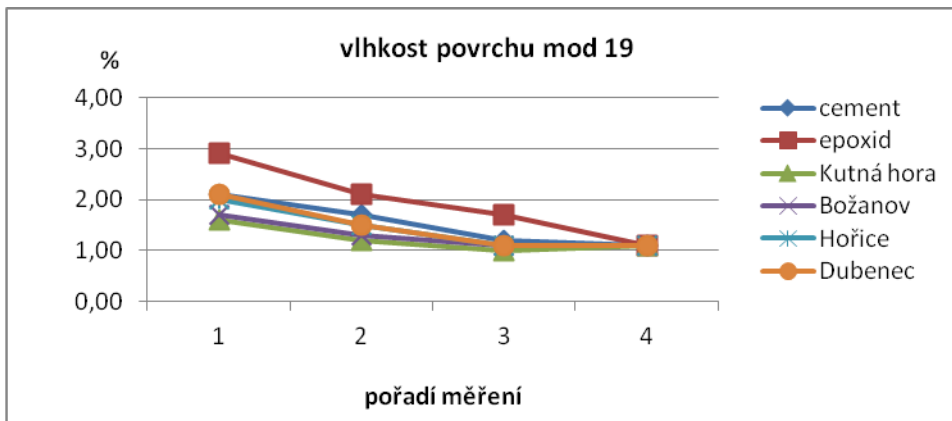
Graf 1b.2: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 4



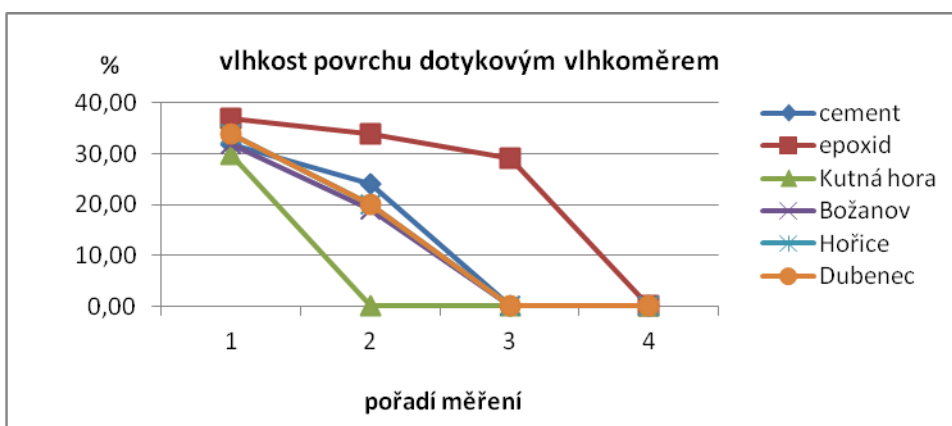
Graf 1b.3: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 14



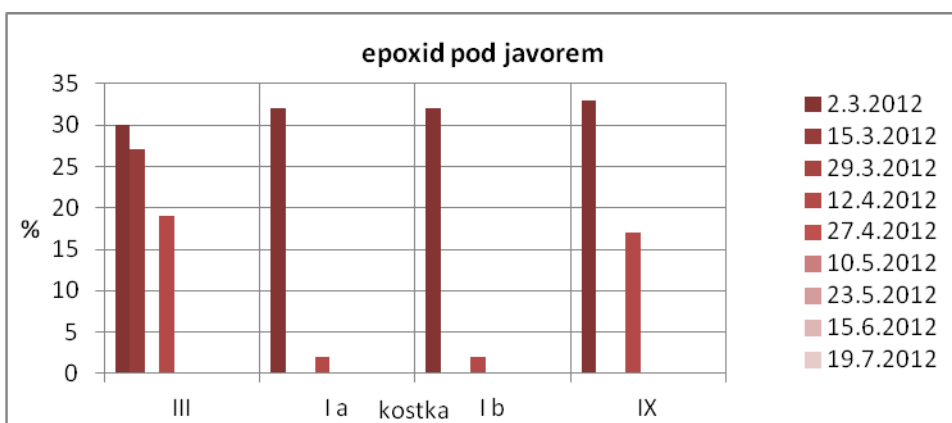
Graf 1b.4: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 15



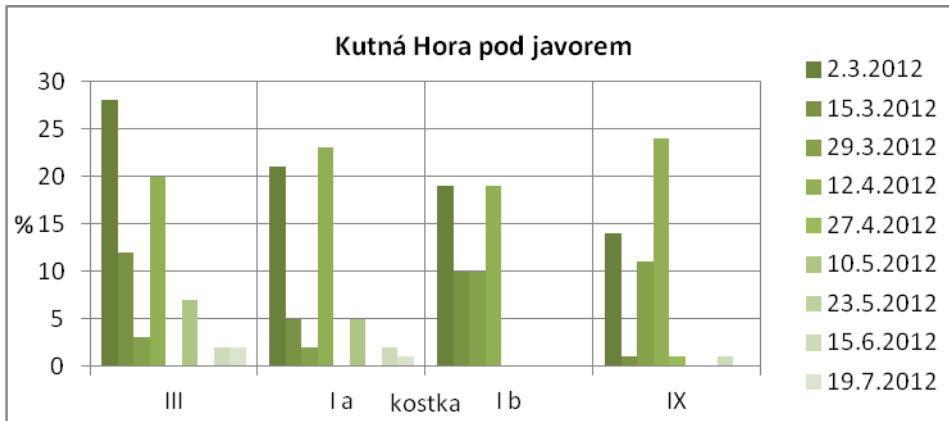
Graf 1b.5: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – mod 19



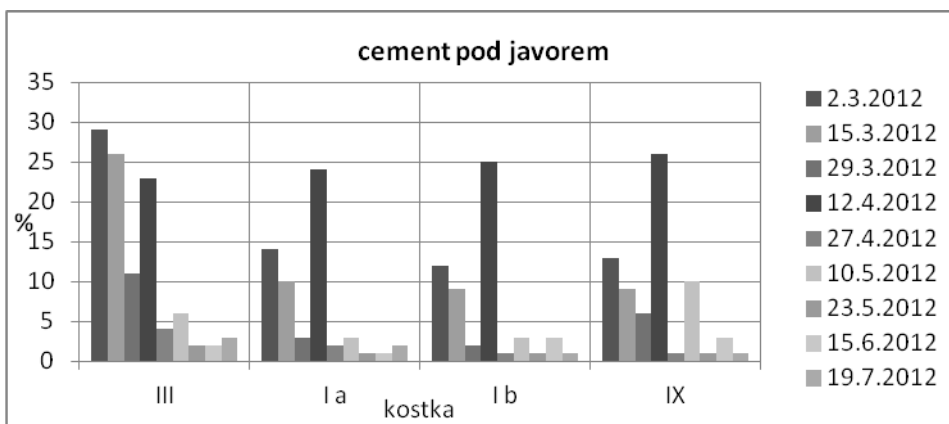
Graf 1b.6: Kalibrační měření vlhkosti povrchů kamenů – dotykový vlhkoměr (model MD-2G, moisture meter)



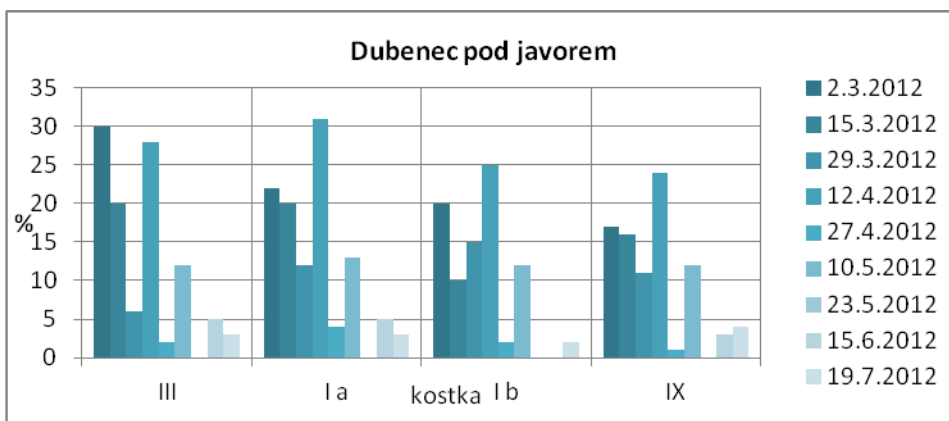
Graf 2a.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: epoxid



Graf 2a.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Kutná Hora

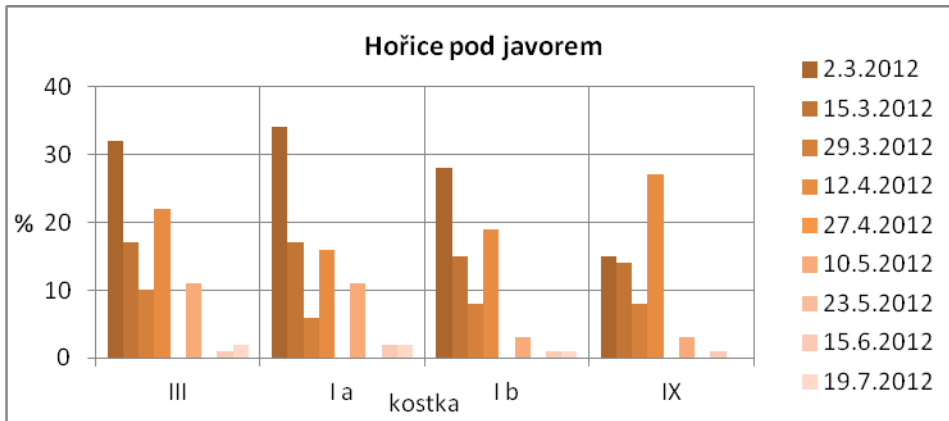


Graf 2a.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: cement

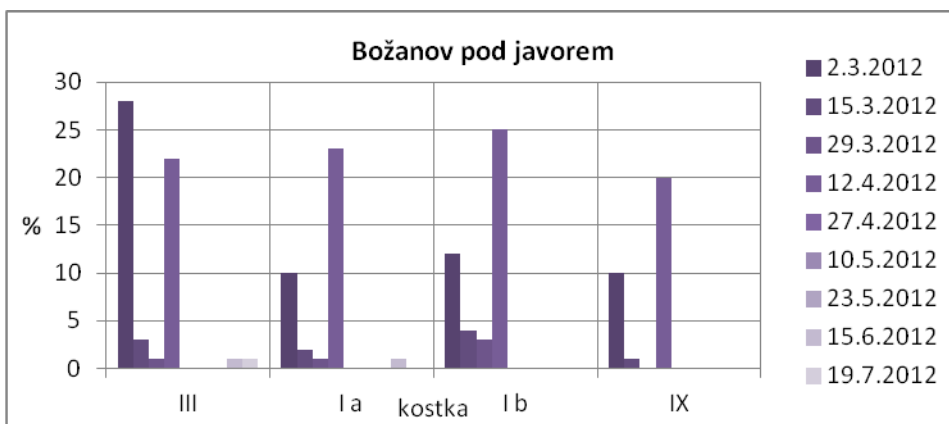


Graf 2a.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Dubenec

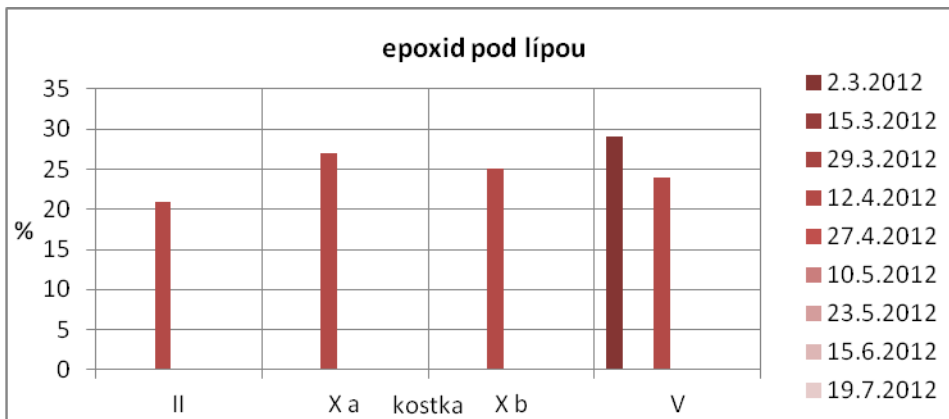




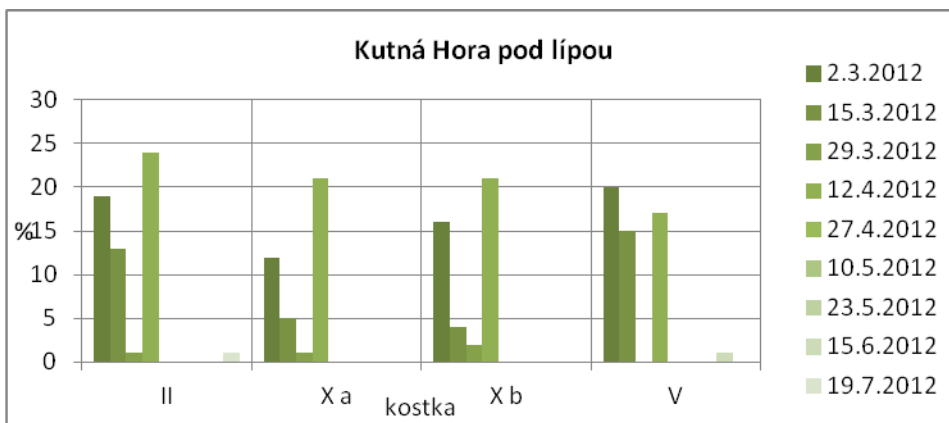
Graf 2a.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Hořice



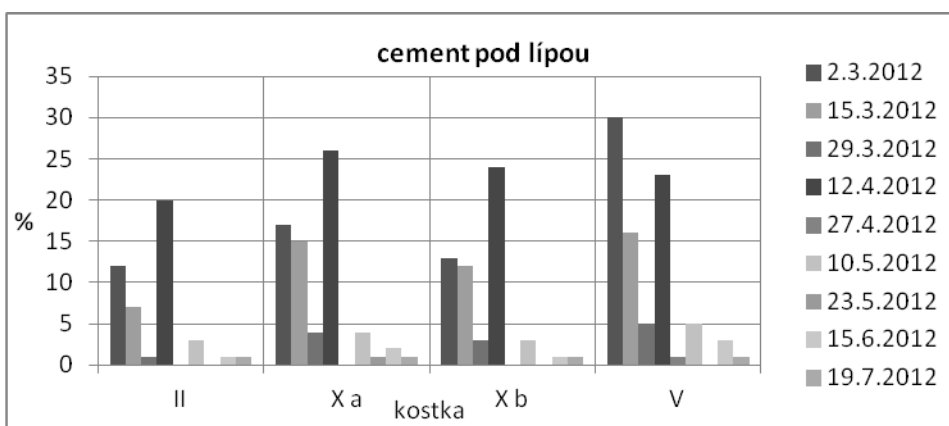
Graf 2a.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti javor: Božanov



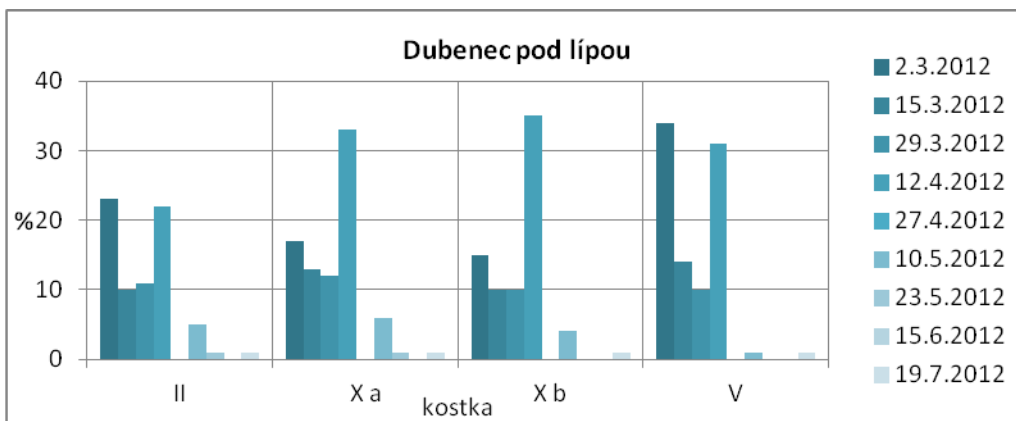
Graf 2b.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: epoxid



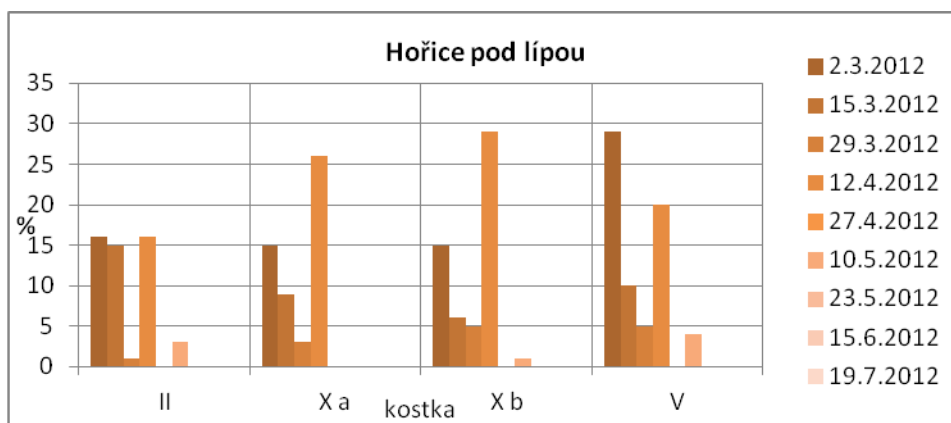
Graf 2b.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Kutná Hora



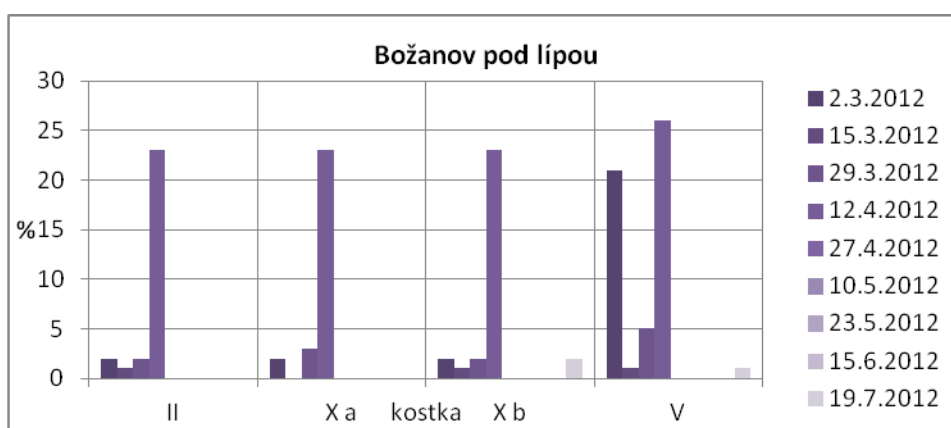
Graf 2b.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: cement



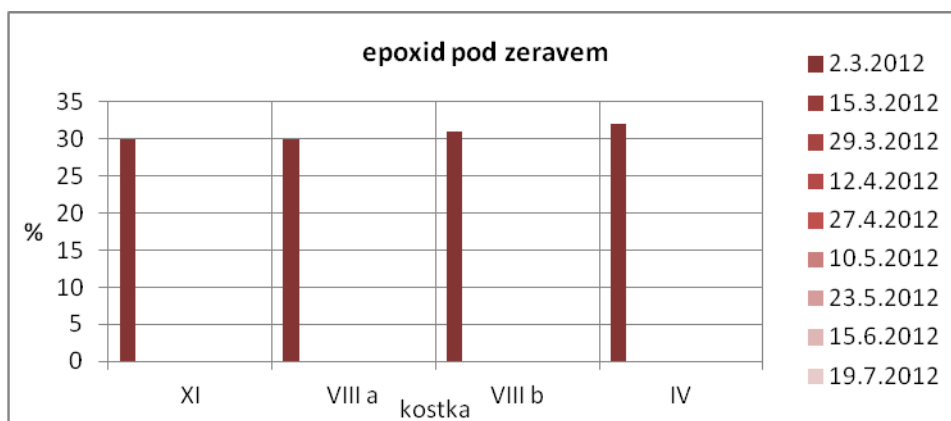
Graf 2b.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Dubenec



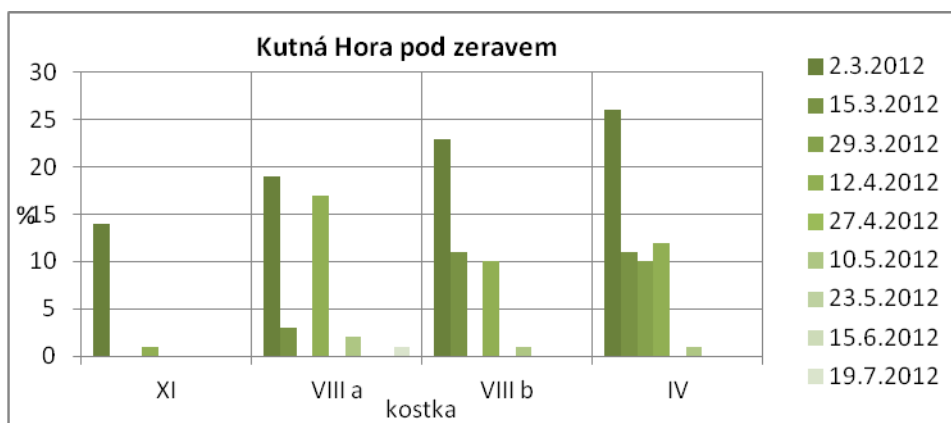
Graf 2b.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Hořice



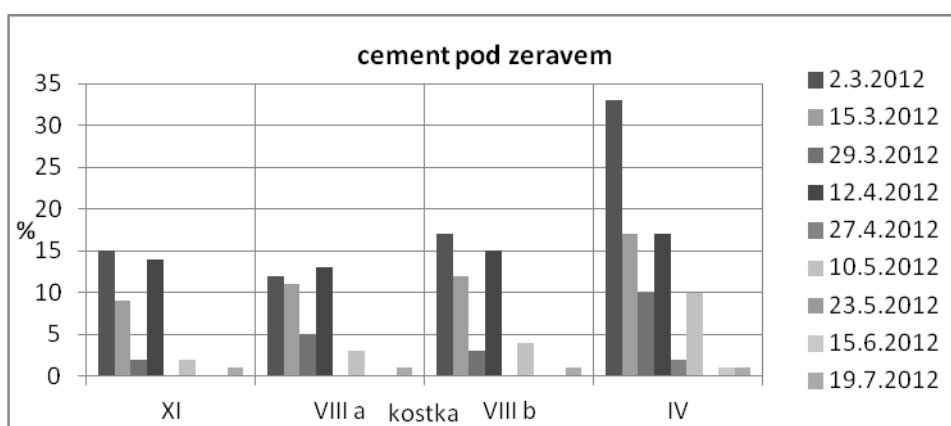
Graf 2b.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti lípa: Božanov



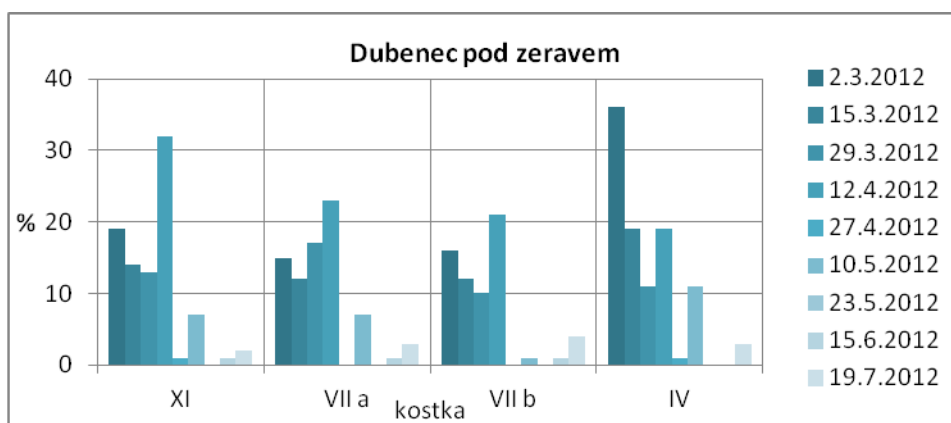
Graf 2c.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: epoxid



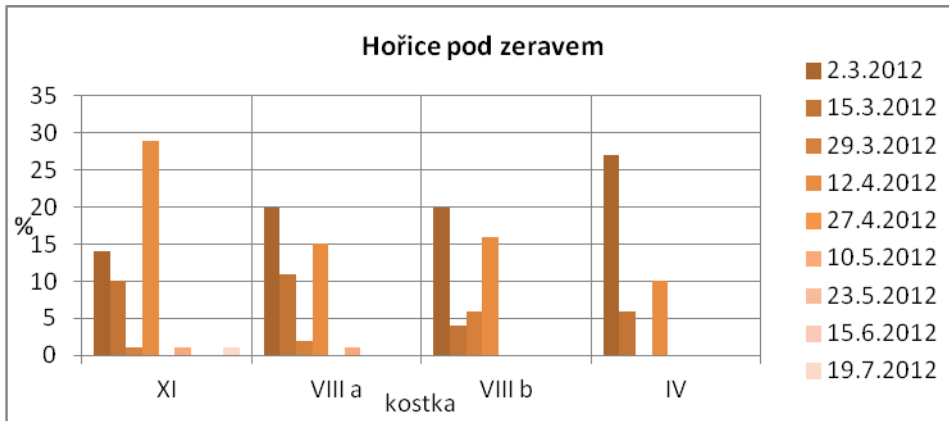
Graf 2c.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Kutná Hora



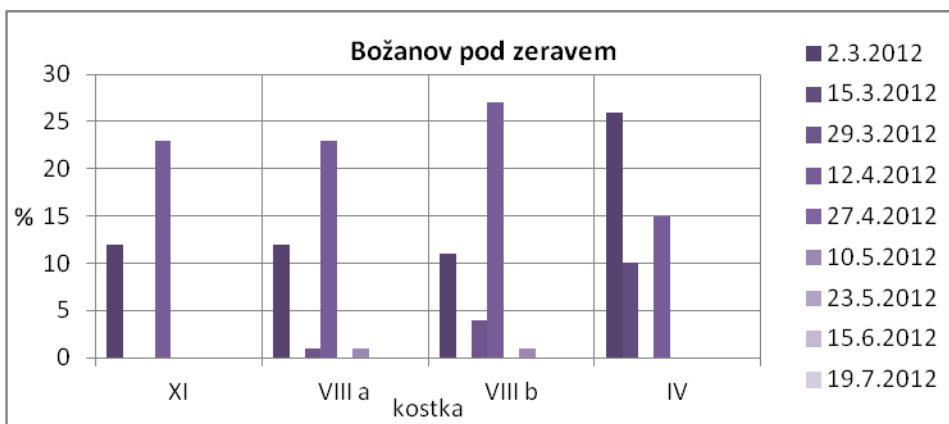
Graf 2c.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: cement



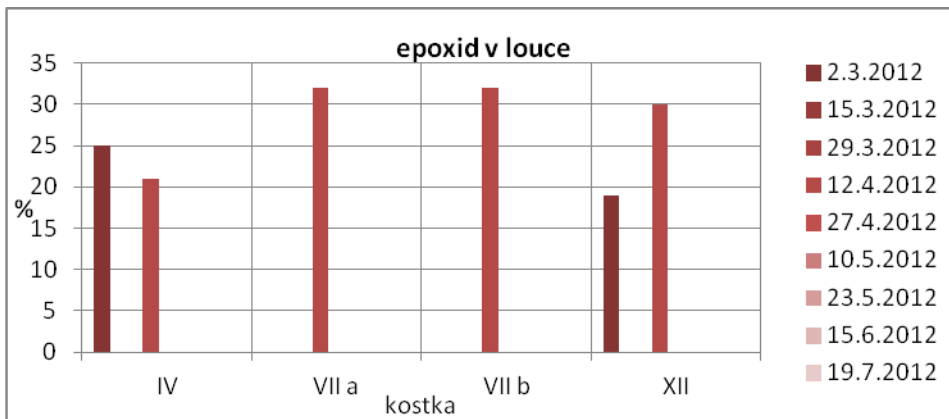
Graf 2c.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Dubenec



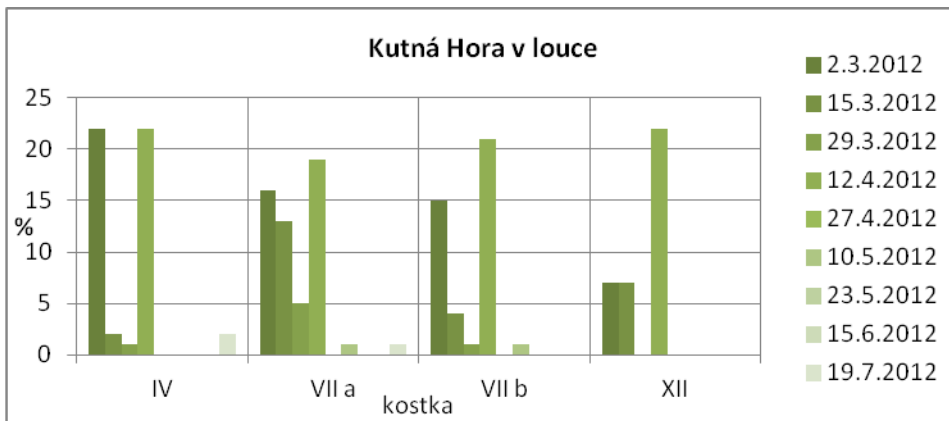
Graf 2c.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Hořice



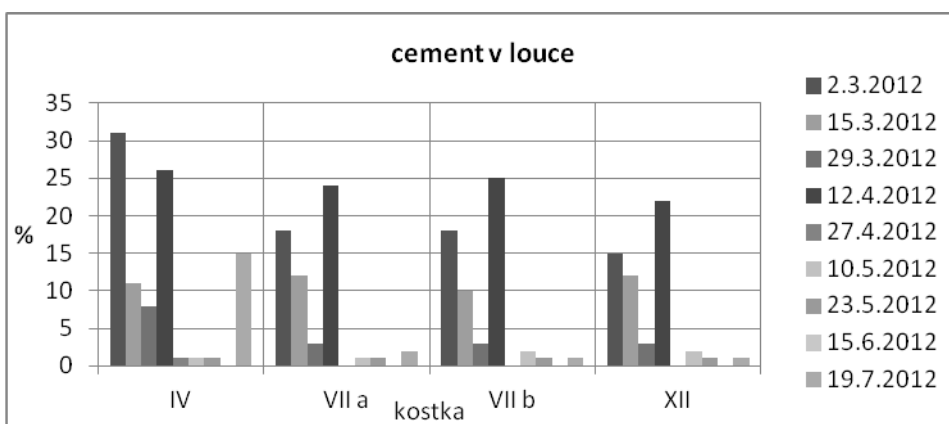
Graf 2c.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti zerav: Božanov



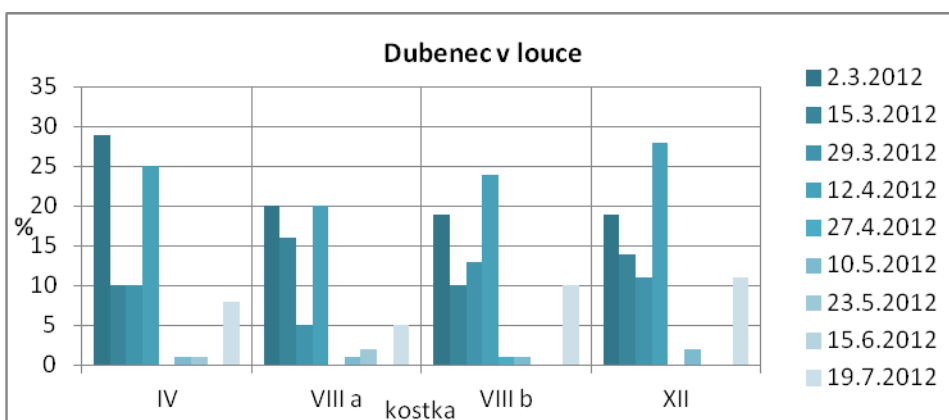
Graf 2d.1: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: epoxid



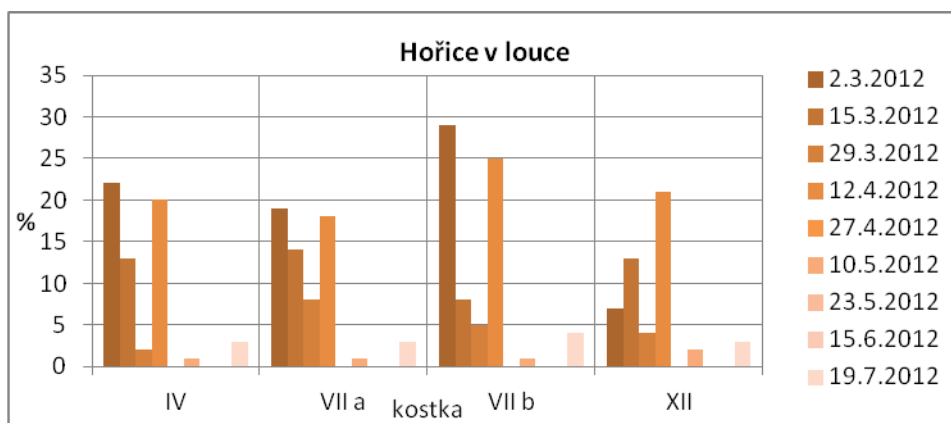
Graf 2d.2: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Kutná Hora



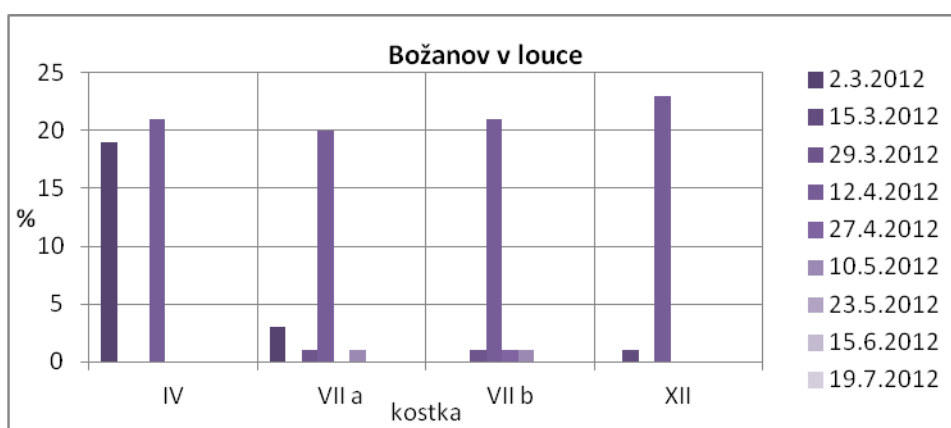
Graf 2d.3: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: cement



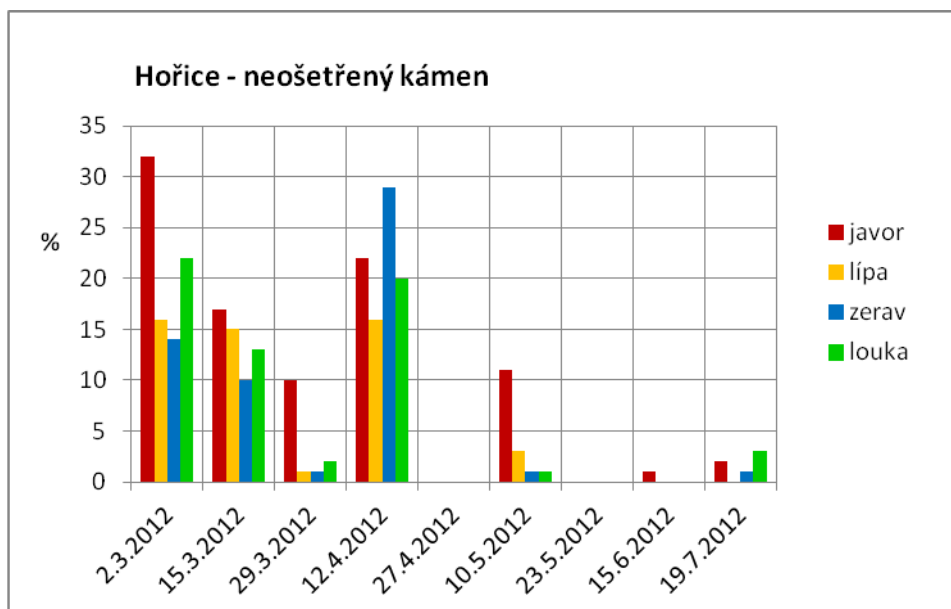
Graf 2d.4: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Dubenec



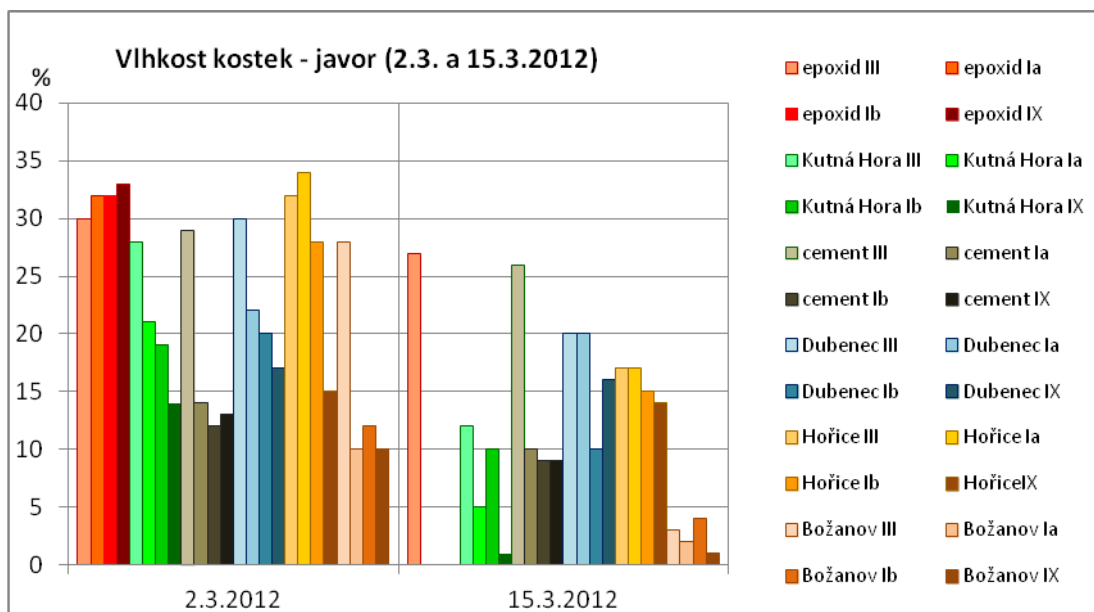
Graf 2d.5: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Hořice



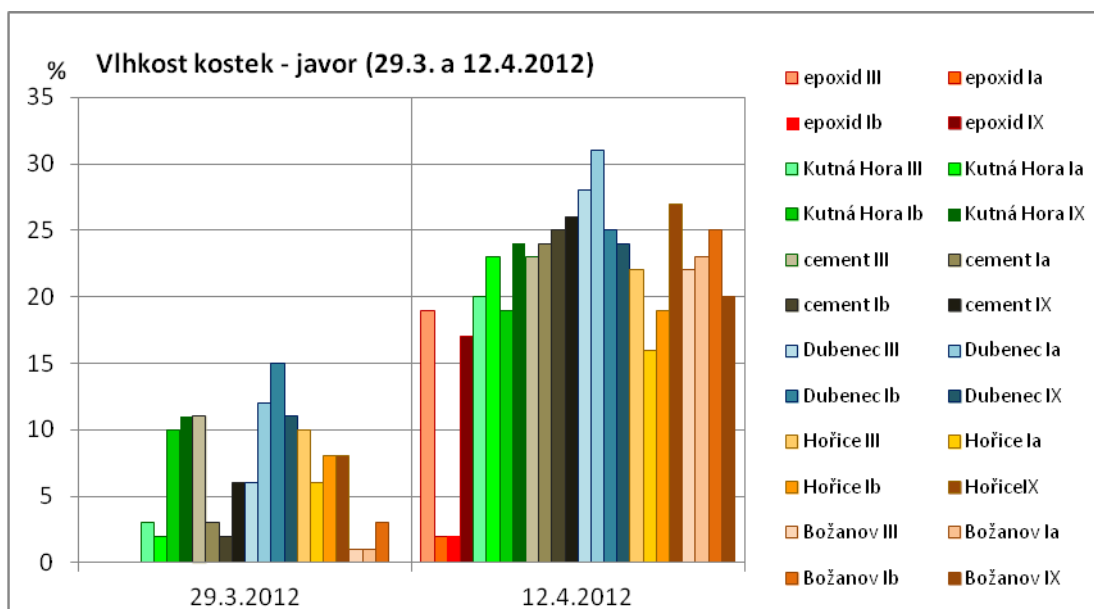
Graf 2d.6: Kolísání vlhkosti povrchu jednotlivých kamenů na stanovišti louka: Božanov



Graf 3: Srovnání vlhkosti neupraveného hořického pískovce na různých lokalitách

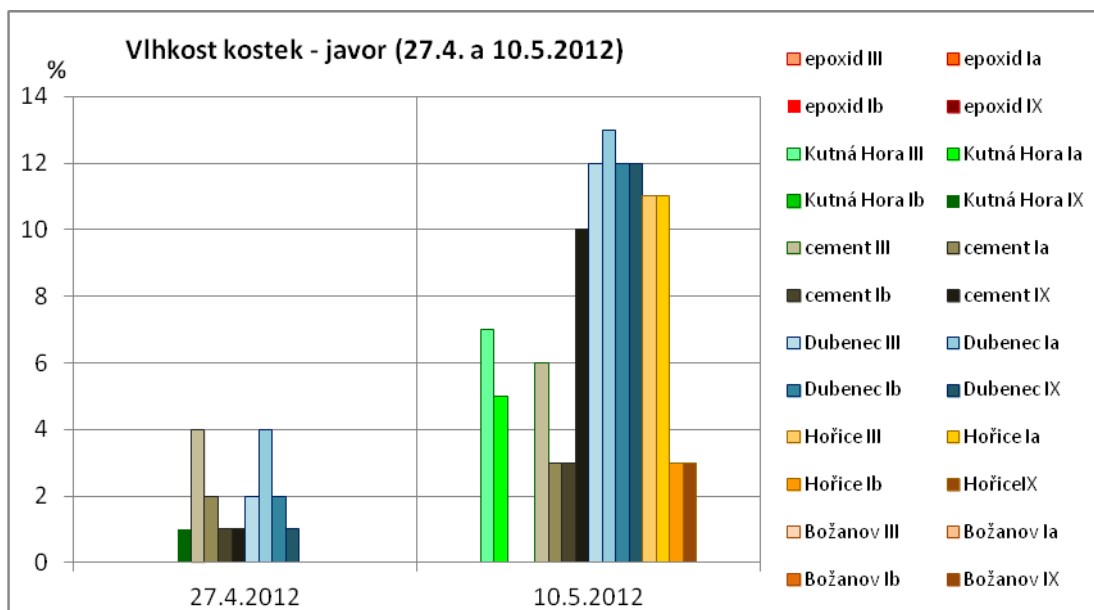


Graf 4a.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor

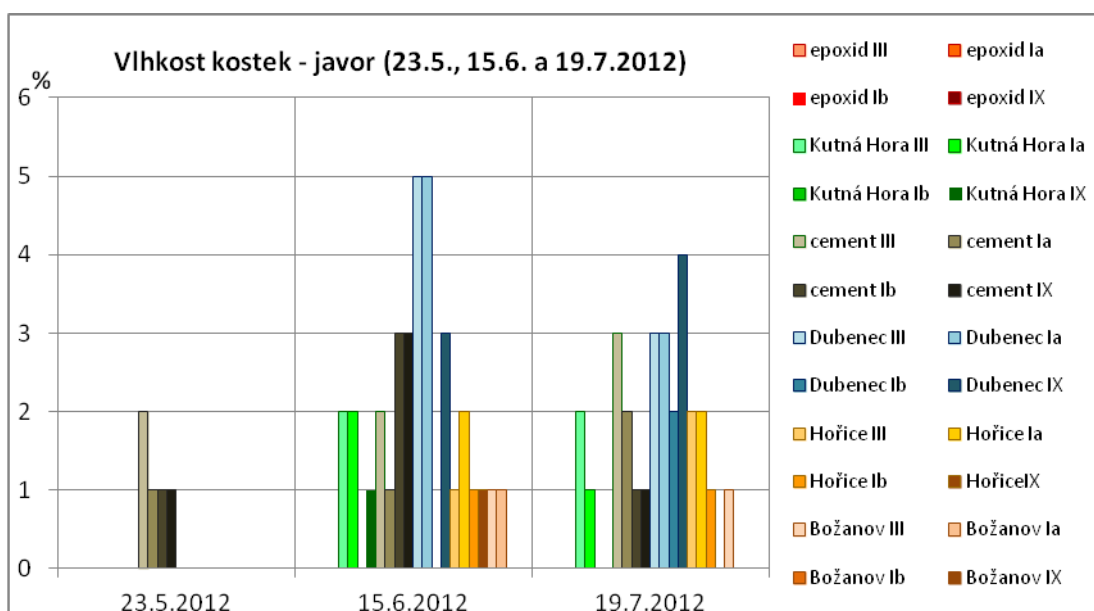


Graf 4a.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor

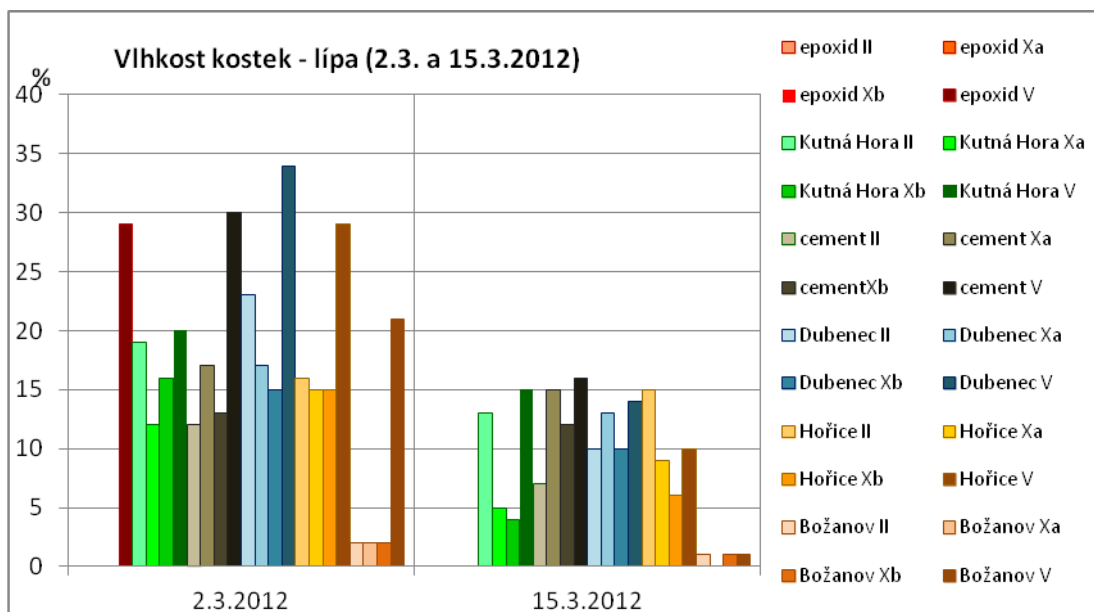




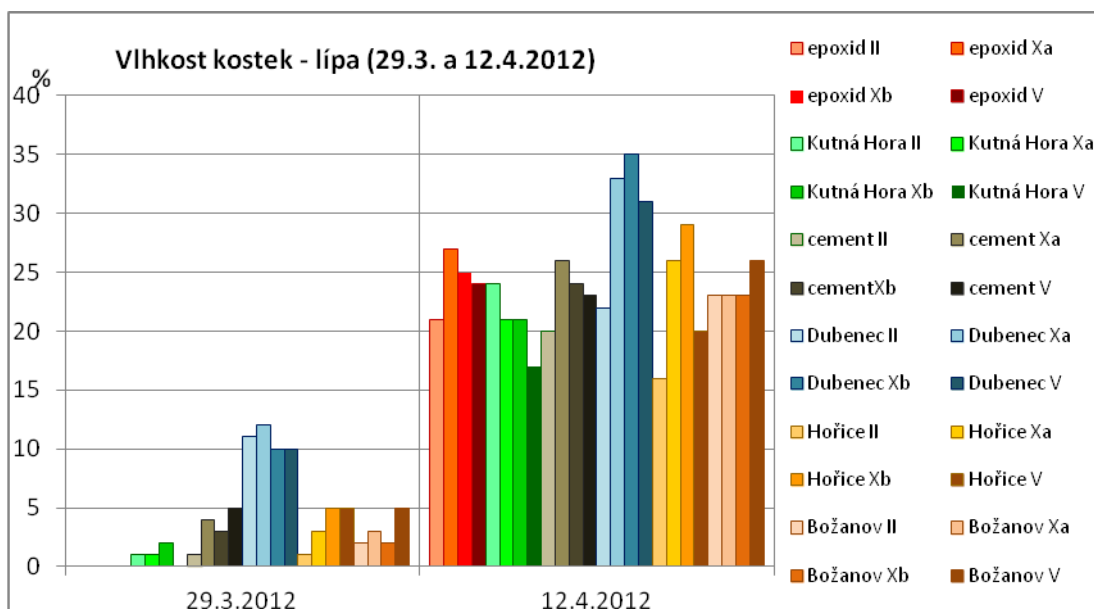
Graf 4a.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor



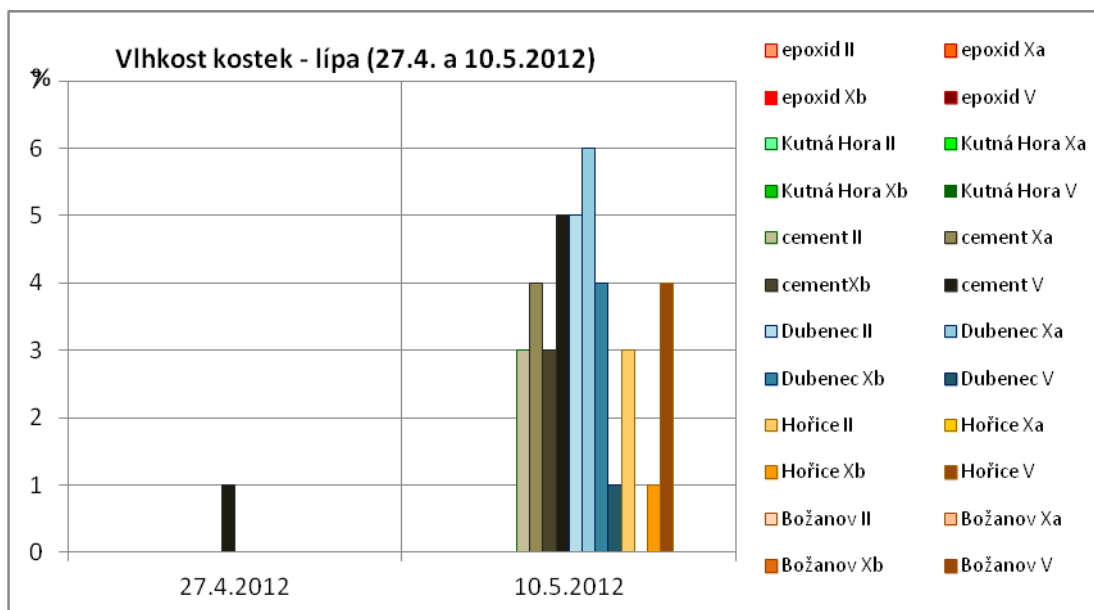
Graf 4a.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti javor



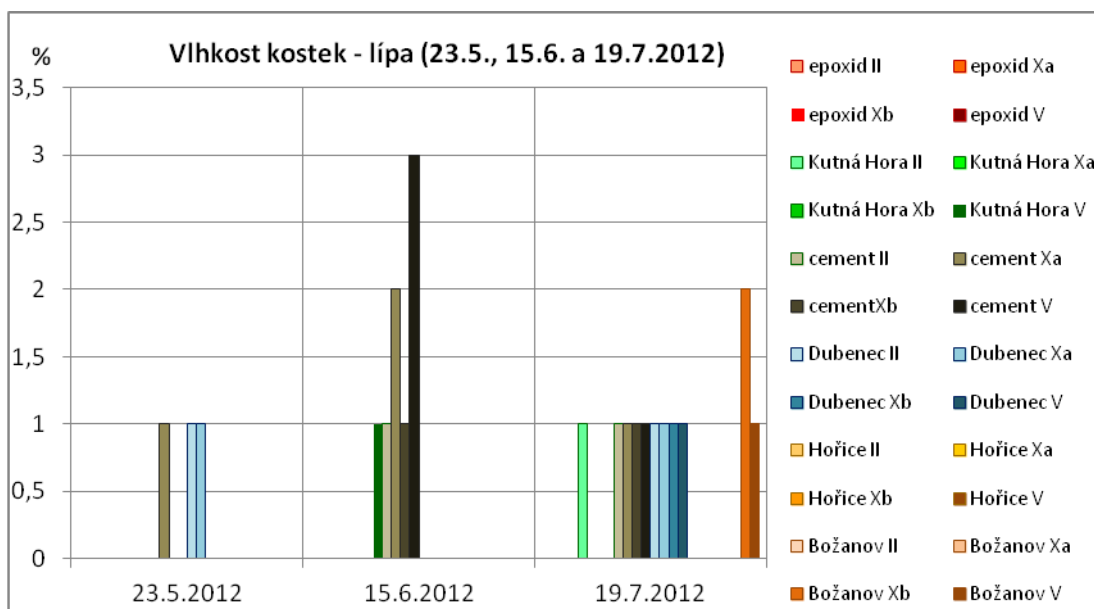
Graf 4b.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa



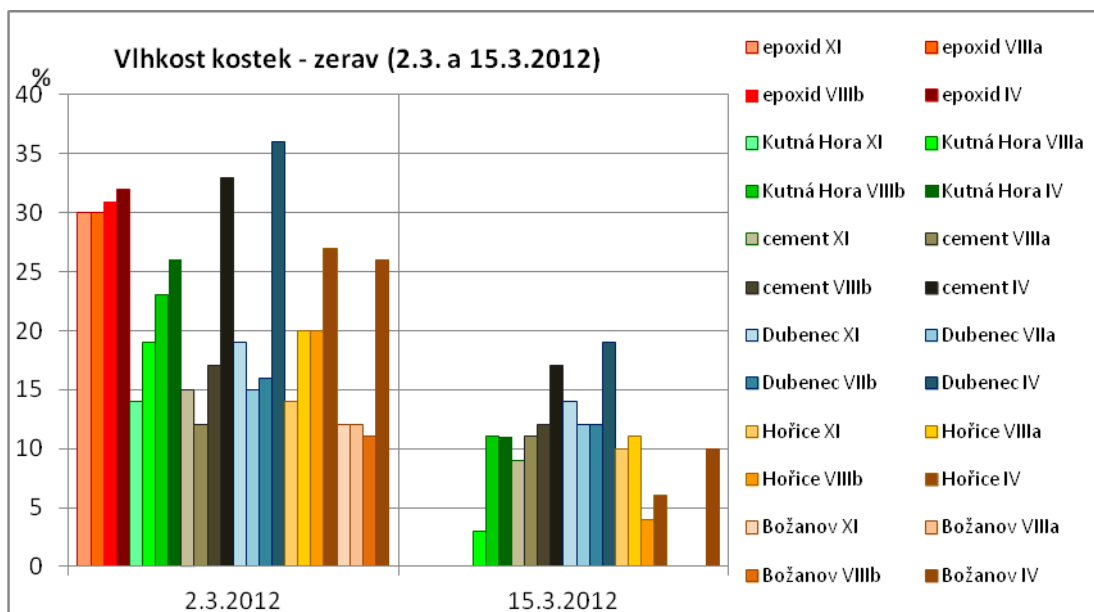
Graf 4b.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa



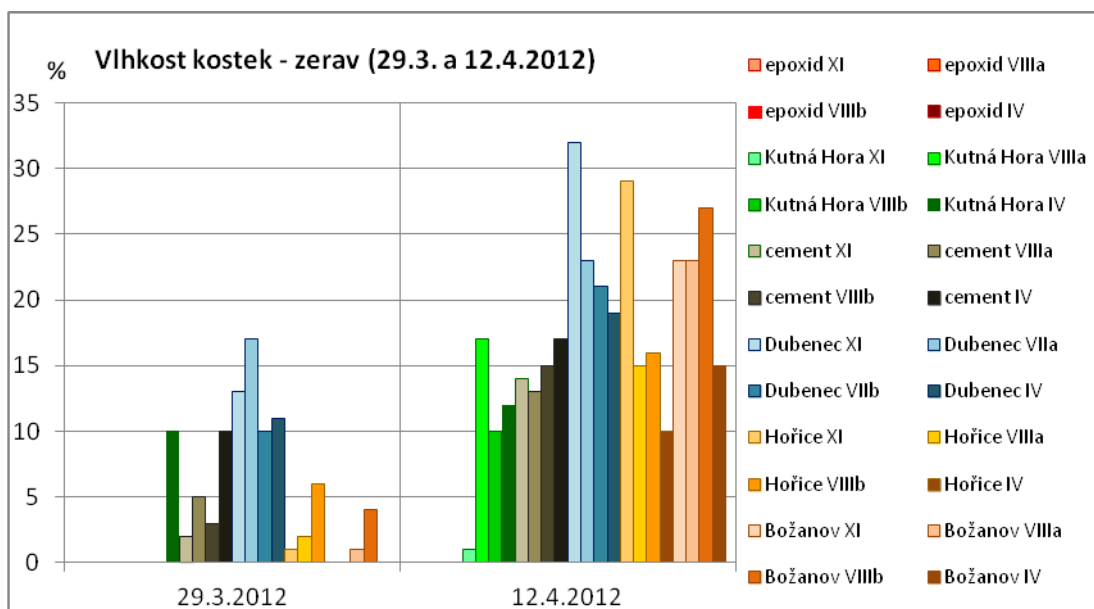
Graf 4b.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa



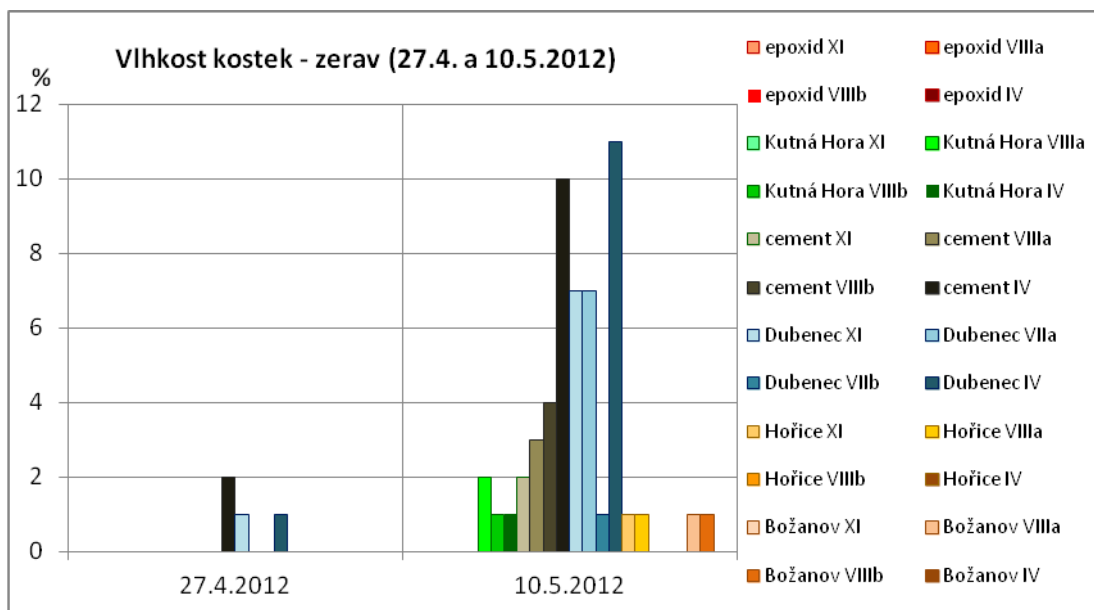
Graf 4b.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti lípa



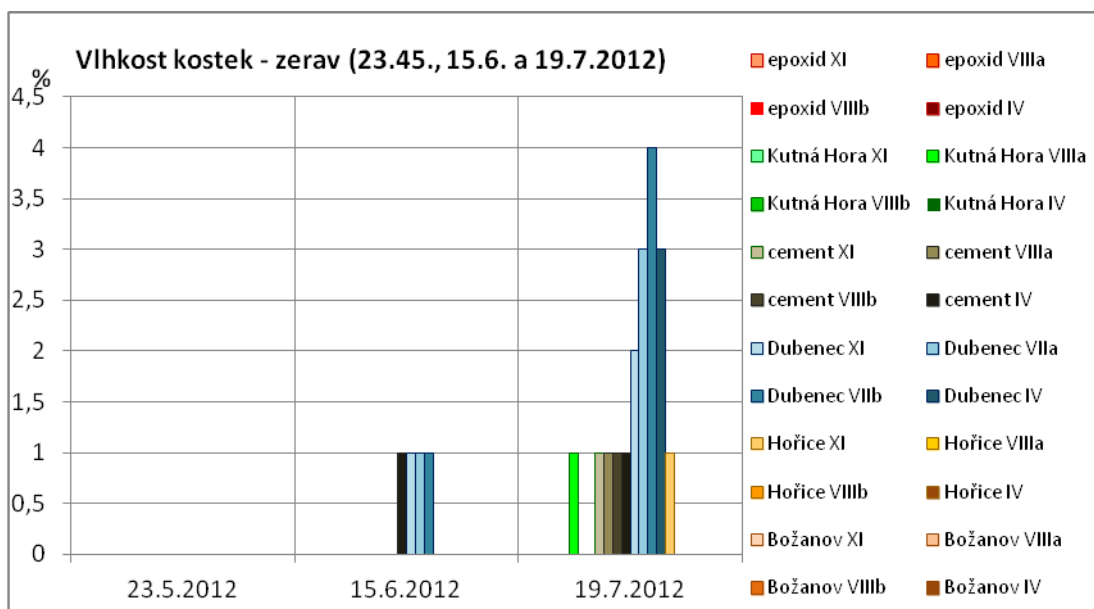
Graf 4c.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav



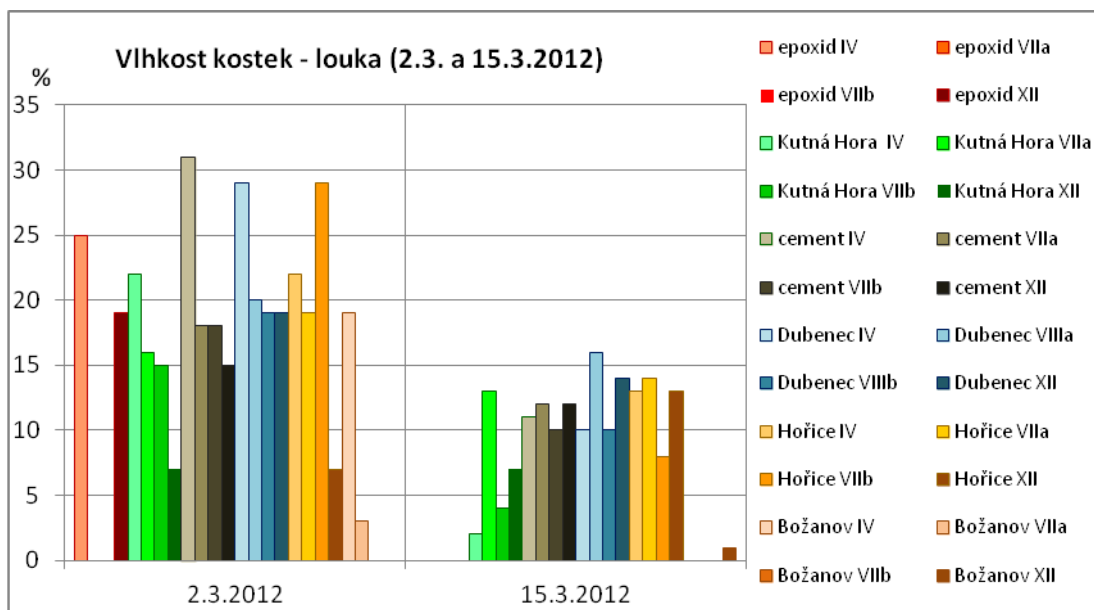
Graf 4c.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav



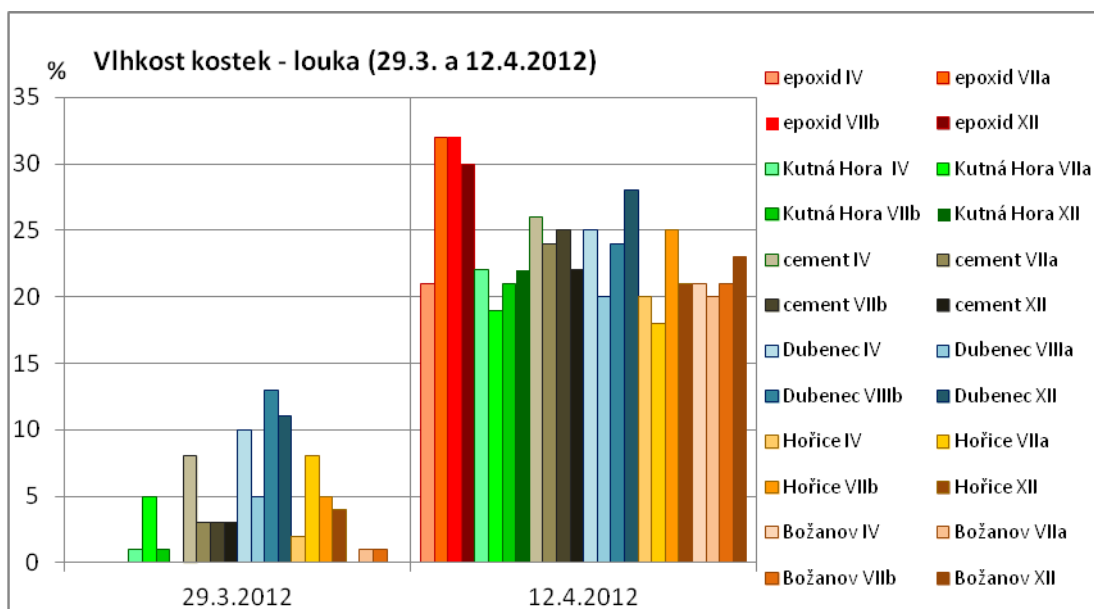
Graf 4c.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav



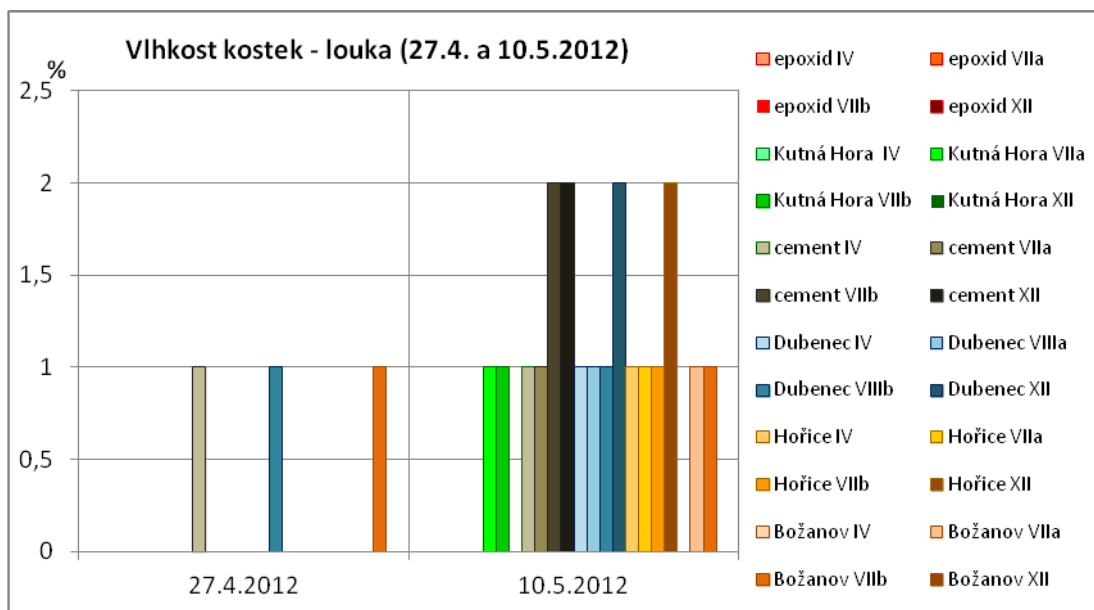
Graf 4c.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti zerav



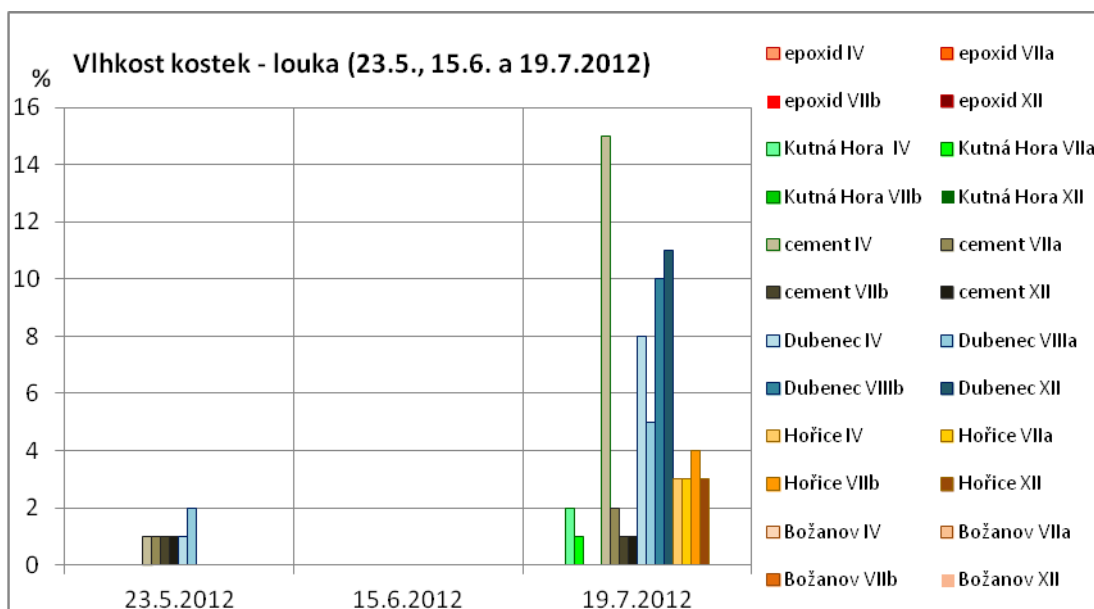
Graf 4d.1: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka



Graf 4d.2: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka



Graf 4d.3: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka



Graf 4d.4: Srovnání vlhkosti povrchu kamenů na stanovišti louka