



Konzervování a restaurování kamene

Zpracovala: Sara-Janne Korbellová

Materiály používané na skulptury

- **Mramor, vápenec, žula, pískovec, sádra** – sochařská tvorba, obklady architektonických staveb
- V závislosti na podmínkách, ve kterých se památky nacházely, se mění charakter a rychlost destrukce materiálů, jejich znečištění atp.

Poškození kamenných materiálů

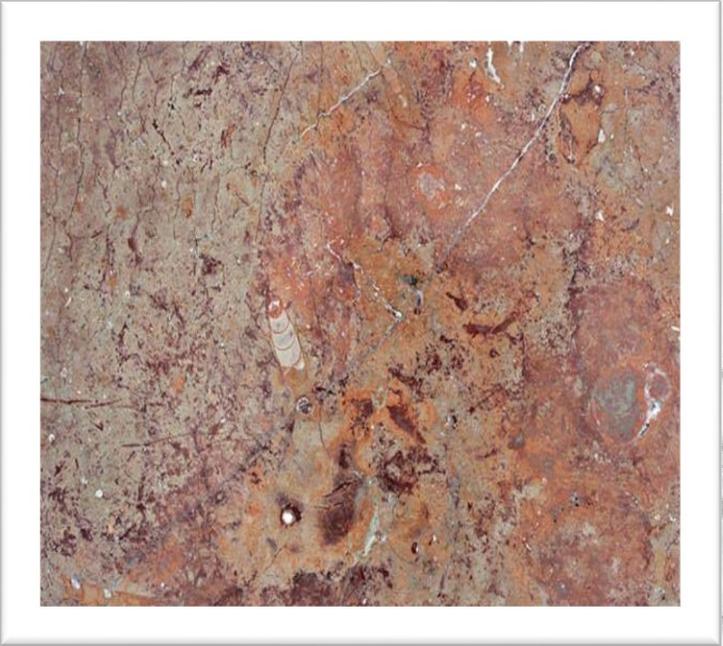
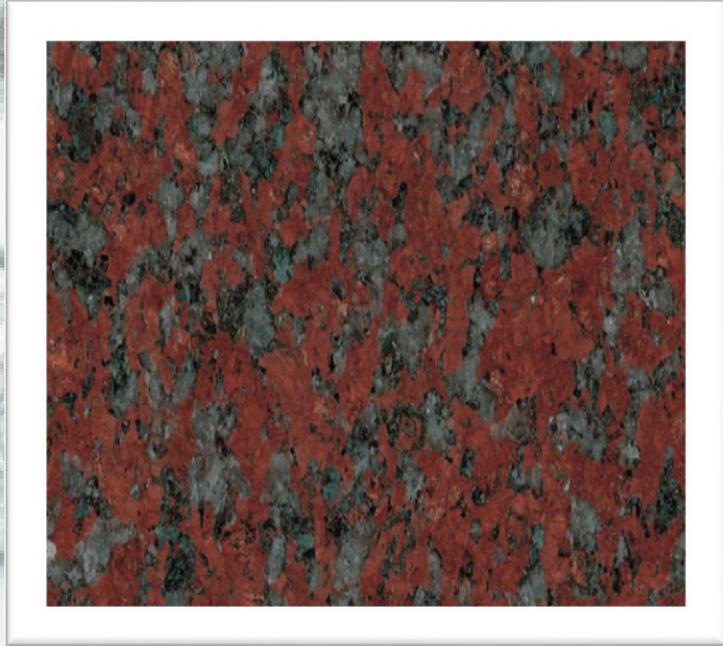
- Fyzikální působení – změny teploty, vlhkosti, abrazivní opotřebování částicemi (přenášeny větrem)
- Chemické působení – látky působící především na karbonátová díla = oxidy síry, NO_2 , HCl , CO_2 ...

Výsledek působení vlivů

- změna vnějšího vzhledu památek = na povrchu se objevují póry a trhliny, povrch nasává ze vzduchu vlhkost – při změně teplot způsobuje další narušení materiálu

Mramor

- Hornina obsahující více než 95% kalcitu
- Příměsky – jílové hmoty, jiné horniny (grafit, limonit, hematit), organické látky
- Každý vápenec, který se dá leštit
- Vznik přeměnou (metamorfózou) vápenců
- Několik odrůd, různé barvy – např. kararský mramor = sněhobílá barva
- Sochy – Slivenecký mramor (červený, růžový, hnědý, šedý, skvrnitý s žilkami), Karlický mramor (černý se zlatožlutými žilkami)



Vápenec

- celistvá sedimentární hornina
- je složena z více než 80% uhličitanu vápenatého CaCO_3
- Jako příměsi se vyskytují dolomit, siderit, křemen, jílové minerály a úlomky zkamenělin
- Čisté vápence jsou bílé
- Různé příměsi zabarvují horninu do šeda, červena (oxidy železa), zejména když je vystavena zvětrávání
- Vápence podléhají krasovění

Použití:

- Používají se k výrobě páleného vápna
- Jemnozrnný vápenec se používá pro tiskovou techniku zvanou litografie (kamenotisk)

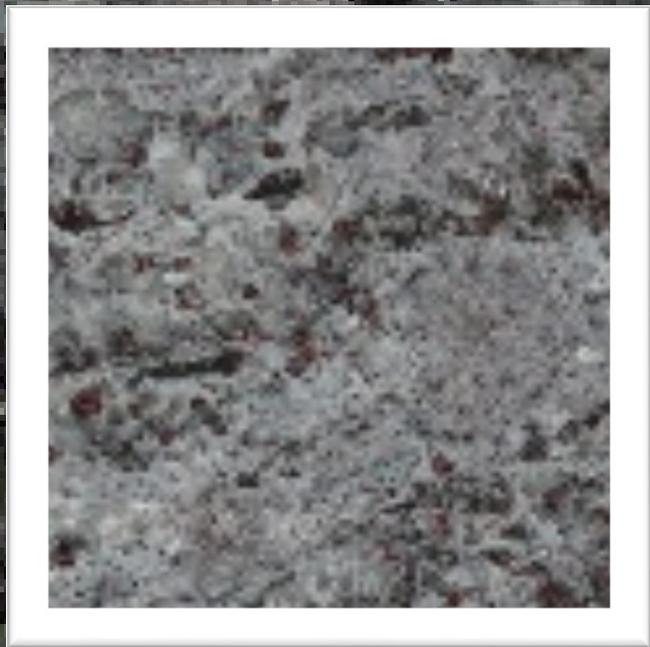
Žula (granit)

Všechny vyvřelé horniny, které obsahují draselné živce, kyselé plagioklasy a křemen

- Většinou došeda zbarvené s modrým odstínem, existují i červené žuly
- Jsou eugranitické (stejněměrně zrnité)
- Občas porfické
- Složkami žuly jsou především živce (ortoklas, plagioklas), křemen, slídy (muskovit a/nebo biotit) a amfibol. Žula obsahuje také malé příměsi magnetitu, granátu, zirkonu a apatitu.
- Vzácně obsahuje i pyroxen
- Velmi vzácně olivín a fajalit

Použití:

- Slouží jako stavební kámen, používá se také na dlažby
- Rozpukané žuly se používají na šterk



Pískovec

- Zpevněná, klastická usazená hornina, která je tvořena z podstatné části zrn o velikosti 0,06 až 2 mm
- Velmi časté jsou křemenné pískovce, kde podstatnou část zrn tvoří křemen
- Různé barvy – indikace přítomností oxidů Fe – šedý, žlutý, červený, někdy i vícebarevný
- dobrá opracovatelnost a široká dostupnost
- trpí malou odolností vůči erozi povětrností

Sádra

- hemihydrát síranu vápenatého $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$
- za běžných podmínek pevná mikrokrytalická látka bílé barvy
- uměle vyráběný materiál
- vyrábí se termickým rozkladem sádrovce
- $2 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O}$

Existují 3 základní druhy:

Druh	Počátek tuhnutí za	Doba tuhnutí	změna objemu
1. A – rychle tuhoucí	2 min	15 min	+1 %
2. B – normálně tuhoucí	6 min	30 min	+1 %
3. C – pomalu tuhoucí	20 min	90 min	+2 %

Opuka

- usazená hornina
- prachovitý druh slínovce
- vznikala z nejjemnějších částic usazených na mořském dně
- tvoří ji jílovité a prachovité částice, dále obsahuje vápencové složky a jehlice mořských hub mikroskopických rozměrů (tzv. spongie)
 - Množství těchto jehlic určuje její pevnost a trvanlivost
- běžnou minerální příměsí je glaukonit
- má bělavou až pískově žlutošedou barvu
- snadno opracovává, může sloužit i v kamenosochařství
- využívala pro výrobu vápna a cementu

Znečištění

- **Saze, kopt, špína** se usazují na památkách, pronikají do pórů a trhlin – do hloubky až 1,5 mm a více
- Velmi složité na odstranění jsou **produkty činností bakterií** – pokrytí skulptur v podobě tmavých skvrn

Odstraňování

- může vést v nejhorším případě k deformaci památky
- někdy je nelze vůbec odstranit

Proces konzervování a restaurování

- Sestává z několik stadií (posloupnost se může měnit v závislosti na stavu památky)
 - Odstranění znečištění
 - Zpevnění povrchu, tmelení trhlin a prasklin, doplnění chybějících částí
 - Ochrana před dalším narušením

Čistící prostředky musí působit pouze na znečištění

K materiálu skulptury musí být inertní

Pokud se skulptura narušuje (drolí apod.) při pouhém dotyku, je nutno ji před čištěním zpevnit (- nemělo by se zpevňovat tak, aby se více zkomplikovalo vlastní očištění)

Směsi pro čištění povrchu kamenné skulptury

Roztoky a pasty

- Zašpinění na povrchu destruovaného mramoru nelze odstranit omytím vodou s mýdlem
- Dobré výsledky omytí mramoru omývacím roztokem VENOS (46% benzin, 44,5% voda, 5% parafin, 2,5% kyselina oleinová, 1,5% hydrofobizující kapalina GKŽ-94, 0,5% morfolin)
 - Působí pouze na znečištění, které se rozpouští nebo bobtnají v organických rozpouštědlech

Pro očištění kamene se celkem úspěšně používají komplexony, hlavně Trilon B

Někdy se používá pasta obsahující Trilon B, NH_4HCO_3 , NaHCO_3 , Na-KMC, antiseptikum, voda

Pasta se nanese na povrch skulptury a nechá se vyschnout, pak se otre štětkami namočenými do vody

Organické znečištění se při tomto způsobu nedá odstranit, pouze v některých případech se sorbuje do pasty

Před restaurováním skulptur, nalezených při archeologických vykopávkách, se musí odstranit karbonátové vrstvy

Pro omývání sochy se používá destilovaná voda s přídavkem ethanolu (nebo) 1-2%-ním amoniaku

Omývání antických soch VENOSEM nebo FA se NEDOPORUČUJE! – jejich komponenty jsou nedostatečně inertní vůči mramoru nebo vápenci

VENOS obsahující kyselinu oleinovou může vést časem k tmavnutí skulptury

Odstranění skvrn z oxidů železa (rez)

Roztoky kyseliny šťavelové, HF, citronové, orthofosforečné (pouze v krajních případech)

Opatrné čištění – aby se kyselina nedostala do hloubky mramoru

Narušuje se lesk povrchu – vytvářejí nelesklé vápenaté soli

Používání HCl a H₂SO₄ se nedovoluje vůbec (- silně narušují karbonátové horniny)

Odstranění z oxidů mědi (zelené skvrny)

Odstranění navrstvením pasty (1 hm. díl NH₄Cl, 4hm. díly talku, 25%-ní roztok NH₄)

Pasta se na povrchu ponechá do vyschnutí – skvrna se postupně odbarvuje

Odstranění skvrn od plísní, lišejníků, inkoustů

Odstranění ethanolem, slabým roztokem NH₃

Někdy se používají i oxidovadla (2%-ní roztok chloraminu T, 6%-ní roztok peroxidu vodíku)

Skvrny od pryskyřic, olejů, kalafuny, bitumenu (živic), šelaku, vosku

Odstranění ošetřením povrchu **organickými rozpouštědly**

Organické rozpouštědla

- Použití samostatných čistých rozpouštědel (alkoholy, ketony, alifatické a aromatická uhlovodíky, ethery a estery kyselin) i jejich směsí
- Na skvrnu se nakladou rozpouštědlem smočené tampony nebo pasta (lze získat smícháním rozpouštědel s inertními látkami = křída, talk, škrob)
- Zpomalení odpařování – pokrytí povrchu polyethylenovou/polyesterovou fólií

Filmotvorné polymerní roztoky a latexy

- **Na-KMC, polyvinylalkohol**
- nanášení roztoků tvořících povrchové vrstvy = roztoků polymerů nebo latexů
- roztok polymeru nebo latexu se nanese na povrch
 - rozpouštědlo se nechá odpařit
 - vytvořená vrstva se sejme i s nečistotami

Požadavky u používaných polymerů:

- rozpustnost v běžně používaných rozpouštědlech
- schopnost mísit se s chemicky inertními plastifikátory
- možnost získat roztok polymeru o takové viskozitě, aby nestékal z vertikálních povrchů ošetřované skulptury
- schopnost tvořit dostatečně pružné filmy, což minimalizuje nebezpečí narušení nepevného povrchu kamene
- nízká adheze k materiálu skulptury (snadné odstranění povrchového filmu)
- pevnost filmů dostačující k tomu, aby se film při snímání netrhal
- polymer se s ohledem na jeho strukturu a molekulovou hmotnost musí volit tak, aby nepronikal do pórů kamene

Zpevňování kamene

Soustavy pro zpevňování oslabené struktury kamene

Fluatizace (fluát = fluorokřemičitan)

- na mramor se působí roztokem hexafluorokřemičitanu hořečnatého, zinečnatého nebo hlinitého
- vzniká oxid křemičitý, který zaplňuje póry mramoru - zvětšuje se pevnost povrchových vrstev
- vnější vzhled díla se mění
- nově vytvořené sloučeniny liší svými fyzikálními vlastnostmi od mramoru, a proto při kolísání teploty a vlhkosti dochází k jejich odvrstvování a tím k narušení skulptury

Použití organokřemičitých sloučenin

- **Siloxany, silazany**
- povrch skulptury se ošetřuje 2% zpevňujícím roztokem polyorganosilazanu v toluenu nebo benzínu (provádí se 2x)
- vnější vzhled kamene se přitom nemění
- v závislosti na stupni destrukce kamene proniká roztok do hloubky 1,5-2 cm
- hydrofobizující účinek se zachovává po několik let

Doplňování kamene

Dokončovací hmoty a tmely

- tradičními materiály pro restaurování skulptury z kamene jsou **vosk, voskokalafunové směsi, kliš na bázi mastixu, jeseterový kliš s medem, lněný olej a šelak**
- po restaurování skulptury přírodními materiály se s postupujícím časem pozoruje tmavnutí tmele a lepených švů a také ztráta jejich pevnosti
- často se stávají lepivými, což vede k jejich zašpinění
- anorganická pojiva se značně liší (barvou, strukturou povrchu) od materiálu památek
- velmi těžko se provádí derestaurování lepidel a tmelů

Restaurátorské kompozice na bázi modifikovaných přírodních a syntetických polymerů

- **nitrát celulózy** (celuloid), rozpouští se zpravidla v toxických organických rozpouštědlech, je hořlavý a časem tmavne
- **epoxidové a polyesterové pryskyřice**
- jako plniva se používají mramorový prášek nebo jiný rozmělněný anorganický materiál
- epoxidové a polyesterové pryskyřice dávají pevné lepené spoje a tmely, ale v případě potřeby je velmi těžké je odstranit, protože jsou později nerozpustné v mnohých organických rozpouštědlech
- **nízkoviskózní a vysokoviskózní polybutylmethakrylát**
- nízkoviskózní PBMA se rozpouští v xylenu a tímto roztokem se impregnují oslabené fragmenty
- při smíchání tohoto roztoku s odpovídajícími plnivou se dají zhotovit tmely
- přednostem PBMA patří snadnost případného derestaurování – lepené spoje a doplňky je možno odstranit pomocí organických rozpouštědel

Lepení kamene

- pro slepování a pro zhotovování tmelů **estery kyseliny kyanoakrylové** (sekundová lepidla)
- lepené spoje a tmely z tohoto monomeru si po dlouhou dobu uchovávají původní vzhled
- nejsou dostatečně odolné vůči kolísání teploty a vlhkosti
- lze takto s úspěchem restaurovat skulptury umístěné v muzeích

Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

Nejčastěji užívané materiály

- **kámen** (mramor, granit, pískovec, vápenec)
- **stavební keramika** (cihla, pálená krytina)
- **malta** - vápenato-písková, cementová, hliněná (- slepení jednotlivých složek)

- lépe jsou zachovány ruiny v zemi - po odkrytí se rychle rozpadají

- restaurovat částečně narušené kamenné materiály je obtížné = je těžké impregnovat minerální základ kamene přes poškozenou vrstvu dostatečně do hloubky

- problémem starých staveb je vzlínání spodní vody

- pro restaurování se používají tradiční materiály

Proces ochrany před destruktivním účinkem rostlinstva

- použití herbicidů (aplikace postřikem, zálivkou) - Roundup atp.
- za 3-4 týdny po jejich aplikaci kořenový systém zpravidla zcela odumře a rostliny lze odstranit mechanicky
- povrch kamene se podrobí nutné konzervaci - praskliny a trhliny se zapravují vápennou, cementovou maltou nebo maltou z polymerního cementu a povrch se pak hydrofobizuje

Plísně, bakterie, hmyz, vodní řasy, mechy a lišejníky

- ohrožují více organické materiály (dřevo, sláma)
- méně nebezpečné pro anorganické přírodní a umělé materiály
- mechanické odstranění plísní, vodních řas, mechů a lišejníků ze stěn zříceného zdiva nebo budov, které se nacházejí v místech vysoké vlhkosti, se provádí pomocí roztoků **formaldehydu, chlorového vápna, chlornanu sodného a jiných dezinfekčních prostředků**
- efekt jejich působení není dlouhodobý

- dlouhodobou ochranu zpravidla zabezpečuje použití **solí mědi, zinku a chromu**
- 8-oxychinolinát měďnatý dává dostatečně dlouhou ochranu kamennému povrchu před většinou biologických vlivů
- pevně se váže na ošetřovaný materiál, nesmývá se vodou a nevede k zbarvování povrchu do modrozelená
- **vápence, tufy, lasturnatý vápenec, beton, cihla** se za účelem ochrany před biologickými vlivy natírají 25% roztokem ethyl- nebo methylsilanolátu sodného s přídavkem chloridu zinečnatého nebo síranu měďnatého
- jsou-li pro ochranu kamenných materiálů použity 0,1-0,3% roztoky organociničitých sloučenin (Lastanox) s přídavkem dezinfekčních činidel (zajištěna ochrana před růstem plísní, vodních řas, mechů a lišejníků) na 5-7 let

Ošetření půd silikonovými preparáty v oblasti architektonických památek - silikatizace

Pokles nosnosti půdy je důsledkem:

- vymývání jemných frakcí z pískového podloží základů při změnách režimu spodních vod
- zmenšování nosné schopnosti podkladu při podmáčení prohnutých základů (sprašové, písčitohlinité půdy)
- rozklad organických komponent u sypaného podloží
- hnití dřevěných pilotů
- důlní a jiné výkopové činnosti v blízkosti monumentů

Aby se zabránilo nerovnoměrnému sedání podloží, používají se následující způsoby jeho zpevnění:

- vyhloubení a zatlukání kovových pilotů nebo vložení kořenových pilotů
- odvedení podzemních vod nebo změna směru jejich toku (hydrologický způsob)
- vytvoření nezbytných svahových úprav, které před vodou ochraňují (hydrologický způsob)
- chemické zpevnění podloží (používané nejčastěji při záchraně architektonických památek) zpevňujícími maltami v základech s různou schopností filtrace (především cementové malty)
- pro jemně zrnité pískové podloží s koeficientem filtrace 0,5-10 m/24 hodin byly navrženy způsoby silikatizace pomocí kyselin fosforečné, kyseliny sírové a síranu hlinitého, hlinitanu sodného a kyseliny hexafluorokřemičité
- použití kyseliny hexafluorokřemičité je obzvláště efektivní v podloží z jemného písku, včetně toho, které obsahuje i značný podíl humusu
- při teplotě 14-15 °C se gel vytvoří asi za 30-35 minut
- vysoká pronikavost těchto roztoků dovoluje při zpevňování základů rozložit injektory cca jeden metr od sebe.

Prostředky pro čištění povrchů

- pro snímání znečišťujících látek z povrchů budov a jiných staveb se hojně používají **sorbující pasty, rozpouštědla a také mechanické způsoby**
- dobré výsledky dává čisticí pasta, která obsahuje Chelaton III, neionogenní tenzidy, Na-KMC, hydrogenuhličitan amonný a talek jako plnivo a sorbent zároveň
- konzistenci pasty ovlivňuje množství vody
- pomocí této pasty se odstraňují jak organické, tak i anorganické nečistoty
- pasta se natře na objekt a nechá se působit asi jeden den, poté se odstraní pomocí štětek namočených do vody nebo do směsi voda-organické rozpouštědlo

Ochranně- dekorativní úprava fasád

- materiály při barvení cihlových, omítnutých fasád jsou **vápenné barvy** (-vyrobené na bázi vápna s malým obsahem hořčíku s přidavkem anorganických pigmentů nebo silikátů)
- nátěry jsou dekorativní s jasnými barvami
- použití magnezitového nebo dolomitového vápna viditelně snižuje trvanlivost těchto nátěrů
- Na prodloužení jejich trvanlivosti se přidává do barev parafin, kamenec draselno-hlinitý a hydrofobizující prostředky
- možné provést dodatečné ošetření povrchu hydrofobizujícími látkami
- barvení se provádí buď přímo na cihlu nebo na pevnou omítkovou vrstvu
- defekty, objevené po očištění povrchu omítky, se přetírají vápnem nebo vápenným těstem smíchaným s jemně disperzním pískem v poměru 1:1,2
- hydrofobizaci fasád barvených vápennými barvami se přednostně provádí pomocí organokřemičitých kapalin
- hydrofobní efekt má trvanlivost 2-3 roky

- V nynější době se používají hlavně vododisperzní barvy (latexy) na barvení cihlových fasád
- nejlepší vlastnosti mají barvy na bázi **akrylových kopolymerů** (dobrá adheze k cihlovým, omítnutým a jiným povrchům, vodoodpudivost a dostatečná odolnost vůči působení světla a atmosféry)
- mají značně lepší užitkové vlastnosti než barvy na bázi divinylstyrenového latexu nebo polyvinylacetátových emulzí
- aplikace těchto vododisperzních barev je možná při kladných teplotách vzduchu (od +5 do +30°C)
- při barvení fasád akrylovými barvami je dobré používat pro tmelení prasklin a nerovností tmelící materiál na bázi stejných latexů, ale s obsahem (do 80 %) inertních plniv (talek, sádra, slída, živec, kaolin)

Zdroje:

NIKITIN, Michail Kapitonovič a Jelena Petrovna MEL'NIKOVA. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mramor>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDula>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1penec>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%ADskovec>

https://cs.wikipedia.org/wiki/Hemihydr%C3%A1t_s%C3%ADranu_v%C3%A1penat%C3%A9ho

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Opuka>