

## M8 Ochrana a rozvoj stavebního dedictví – WORKSHOP o přípravě a realizaci projektů

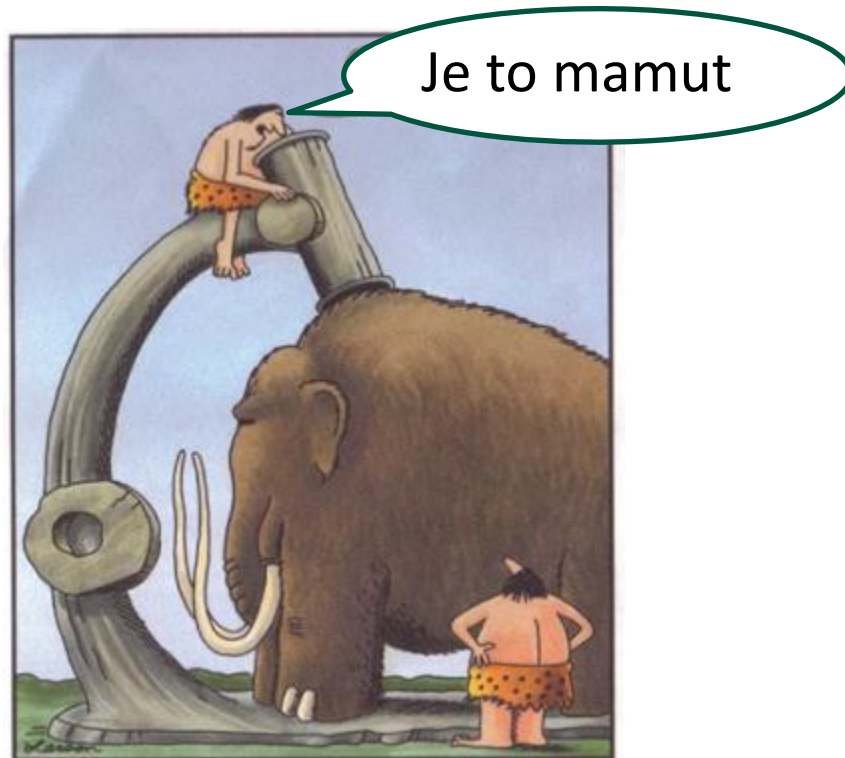
### Metody materiálového průzkumu zaměřené na stavební památky

Karol Bayer, Fakulta restaurování Univerzity Pardubice

25.09.2025, Stavební huť Slavonice



## Materiálová charakterizace objektu



## Vývoj a testování materiálů / technologií



Myslíš, že ta malta obsahuje  
 $\alpha$ -belit anebo  $\beta$ -belit

Drž hubu

Kontrola provedení – omezení  
rizik poškození



## Metody materiálového průzkumu v oblasti péče o hmotné kulturní dědictví

**Minulost** - na základě a pomocí uměleckých a umělecko-historických kritérií / nástrojů

- archivní průzkum, empiricky získané poznatky a zkušenosti
- vizuální (senzorický) průzkum objektů

**Současnost** - komplexní umělecký, umělecko-historický, materiálový průzkum ...

- rozvoj metod i dostupnosti materiálového průzkumu  
(výrazný rozvoj od poloviny 20.století)

Rané analýzy / materiálový průzkum uměleckých děl

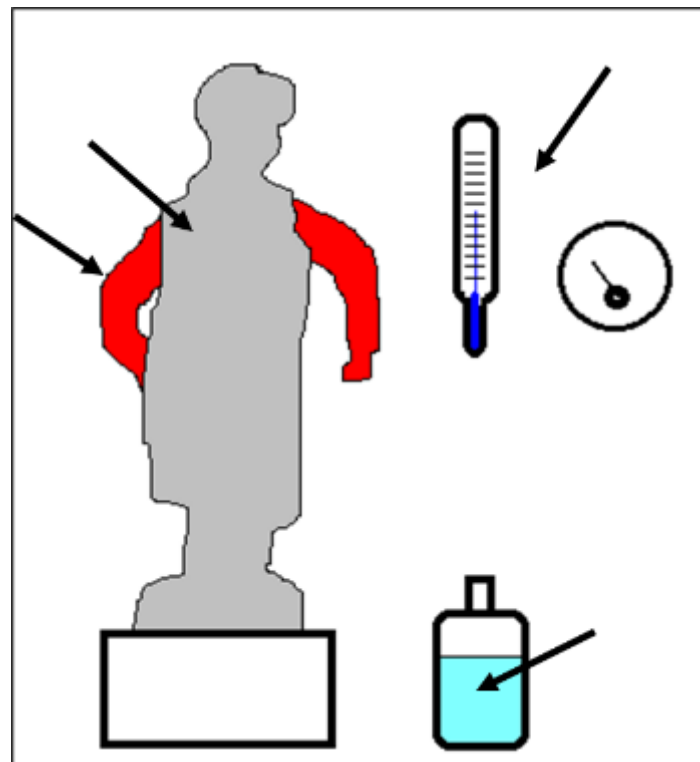
1800 - John Haslam – analýzy pigmentů v barevných vrstvách středověkých nástěnných maleb v Svatoštěpánské kapli Westminsterského palaáce

1809 - Jean Chaptal – analýza barevných vrstev z objektů v starověkém Římě

1814 - Sir Humphry Davy - analýza pigmentů z objektů z vykopávek v starověkém Římě a Pompejí

## Předmět materiálového průzkumu

- vlastní dílo - původní materiály  
- materiály použité v  
předcházejících zásazích
- okolí díla
- materiály pro restaurování  
(konzervační, doplňovací atd.)



## **Cíle materiálového průzkumu**

### **Poznání objektu**

Použité materiály a jejich vlastnosti

Příspěvek k technice zhotovení objektu resp. příslušné části

Surovinové zdroje

## **Cíle materiálového průzkumu**

### **Poznání stavu**

Stav zkoumaného objektu nebo jeho části

Vlastnosti použitých materiálů a jejich odolnost vůči korozním vlivům

Příčiny poškození

Odhad životnosti resp. možných následků pro památku vyplývající z vyhodnocení stavu

## **Cíle materiálového průzkumu**

### **Součást realizace obnovy / restaurování**

Výběr vhodných technologií nebo materiálů

Hodnocení rizika předpokládaného zásahu

Systematický výzkum nových materiálů a technologií

Odhad životnosti resp. možných následků pro památku vyplývající z vyhodnocení stavu

## Materiálové průzkumy památkových objektů – obecná pravidla při zadávání

Základní otázka = Záměr! **Proč průzkum ???**

Co má průzkum přinést? Jaký je očekávaný smysl resp. „užitek“ ?

**Průzkumy z hlediska rozsahu a zadání:**

- orientační
- komplexní (zahrnující široké spektrum různých požadavky a cílů)
- specifické (zaměření na specifický problém resp. konkrétní otázku)

## **Předpokládané využití průzkumu – determinuje jeho rozsah a způsob provedení**

Součást výzkumu daného objektu z důvodu jeho poznání, vědeckého zájmu ...

Zjištění aktuálního stavu nebo příčin poškození

Příprava podkladů pro výběrové řízení

Součást restaurátorského zásahu (příprava resp. výběr technologie, hodnocení efektivity,...)

Podklad pro soudně-znalecký posudek

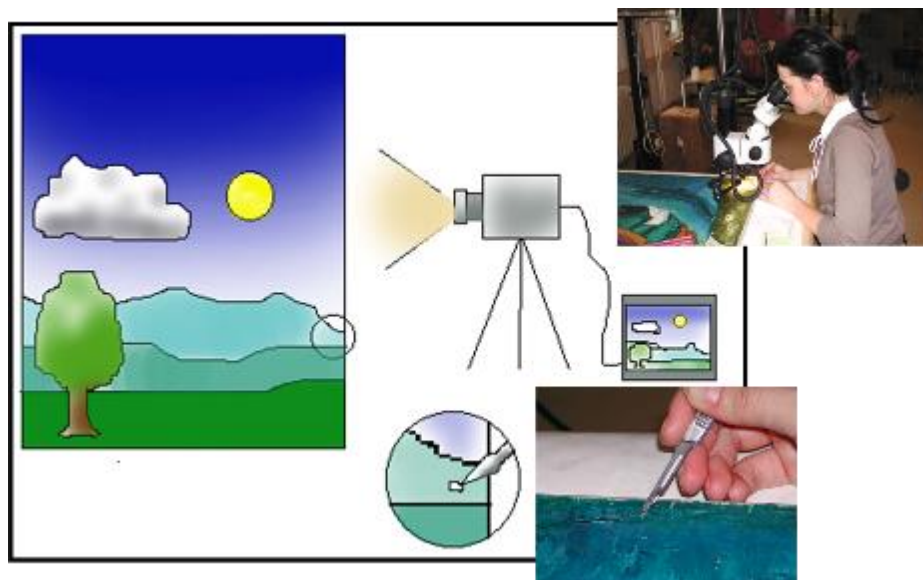
Pouze mechanické splnění požadavku provedení průzkumu („plnivo dokumentace“)

## **Přínosy vymezení a specifikace průzkumu**

- vyšší pravděpodobnost přesnějších odpovědí na primární otázky
- definování míst odběru, počtu a velikosti vzorků (minimalizace zasahování do originálního objektu)
- výběr vhodných metod průzkumu
- zpřesnění délky trvání průzkumu
- zpřesnění finančních nákladů spojených z průzkumem
- větší soulad mezi očekávanými a výsledky – menší riziko zklamání

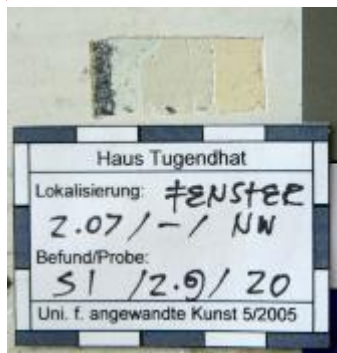
## Metody materiálového průzkumu – základní rozdělení z hlediska provedení ve vztahu ke zkoumanému objektu

- neinvazivní metody průzkumu
- invazivní metody (odběr vzorků)



Vizuální průzkum

Sondážní průzkum



Strategie odběru  
vzorků

(vytipování míst  
odběru)



Odběr vzorků



VYUŽITÍ PŘÍRODOVĚDNÝCH METOD PŘI KONCIPOVÁNÍ OBNOVY VILY TUGENDHAT V BRNĚ

*„Účel stavby jí dává vlastní smysl. (...) Obytný dům má sloužit pouze bydlení. Místo stavby, poloha ke slunci, prostorové rozvržení a **stavební** materiály jsou podstatné faktory pro tvorbu obytného domu. Z těchto podmínek je třeba skloubit stavební organismus.“*

(Ludwig Mies van der Rohe v roce 1924)



*„S výjimkou pochromovaných, poniklovaných částí [...] a onyxové stěny tu není možné spatřit žádné prvky v jejich původním vzhledu.“*

(Ivo Hammer, 1998)

2003-2005 interdisciplinární restaurátorské průzkumy pod vedením prof. Ivo Hammera

2010 Conservation Investigation Campaign (CIC)

Průzkumy zaměřeny na

identifikaci původních materiálů a jejich odlišení od materiálů použitých sekundárně  
určení technologie provedení a původního vzhledu povrchů použitých materiálů –  
kovu, kamene, dřeva a omítek

objasnění rozsahu dochování a stupně poškození původních povrchů

vypracování návrhů na jejich konzervaci, restaurování, případnou rekonstrukci a péči

7 vysokých škol ze tří evropských zemí

Vysoká škola užitých věd a umění v Hildesheimu, Fakulta péče o kulturní památky

Univerzita užitého umění ve Vídni, Institut konzervování a restaurování

Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování

Vysoká škola výtvarných umění v Drážďanech, studijní obor restaurování

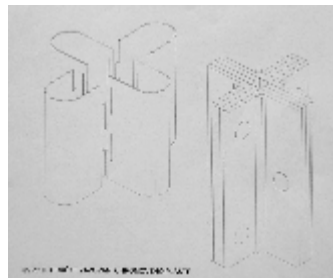
Vysoká škola v Kolíně nad Rýnem, Fakulta kulturních věd, Institut pro restaurátorskou a konzervátorskou vědu,

VŠCHT Praha, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství

VUT Brno, Fakulta architektury

v úzké spolupráci s Muzeem města Brna a Národním památkovým ústavem

## Způsob montáže opláštění – tzv. bajonetový systém





Nosný materiál – mosaz a bronz  
Technologie galvanického  
pokovování – pochromování  
nebo poniklování ?

Architektonický prvek	Nosný materiál mosaz	Poniklování	Pochromování
Opláštění vnitřních sloupů	+		+
Zábradlí, madla, trubka topení	+	+	+
Záclonová tyč původní	+		+
Záclonová tyč sekundární	+	+	
Kování dveří, panty	+	+	
Lampa, pokoj F. Tugendhata	+	+	

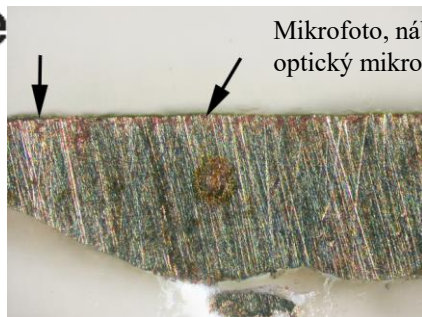
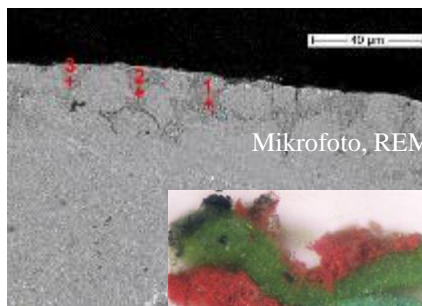
Velkoplošné galvanické pochromování – unikátní na svou dobu (uplatnění až po roce 1940)

Poškození způsobena kontinuální abrazí, mechanickými zásahy, nevhodnou údržbou, čištěním, vandalizmem, nebo působením příliš vysoké, nebo proměnlivé vzdušné vlhkosti

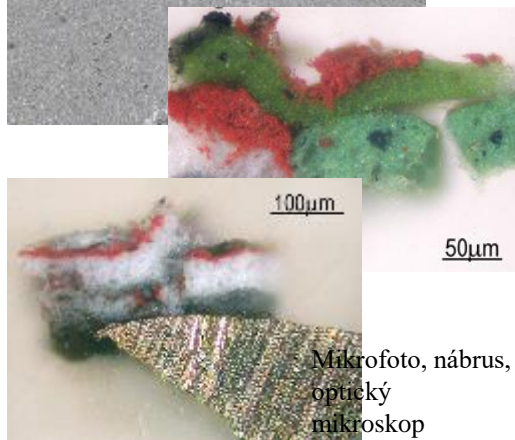


❓ Opláštění sloupů v exteriéru – původní vzhled ?




 Mikrofoto, nábrus povrchu kovu,  
optický mikroskop, odražené světlo


Mikrofoto, REM -BSE


 Mikrofoto, nábrus,  
optický mikroskop

Původní povrchová úprava obložení –  
bronzově hnědá barva povrchu kovu dosažena  
pomocí chemického oxidačního barvení  
mosazi

#### Výsledky semi-kvantitativní analýzy

Prvek	Kov - jádro		Kov - „korodovaný“ povrch	
	<i>Hm. %</i>	<i>Atom %</i>	<i>Hm. %</i>	<i>Atom %</i>
Mn	1,68	1,93	0,37	0,42
Fe	0,67	0,77	0,22	0,25
Cu	<b>57,15</b>	<b>57,62</b>	<b>82,07</b>	<b>81,12</b>
Zn	<b>40,50</b>	<b>39,68</b>	<b>15,72</b>	<b>15,10</b>
S	-	-	1,25	2,45
Cl	-	-	0,37	0,66
Spolu	100,00	100,00	100,00	100,00

▣ Barevně pojednané povrchové plochy kovů – v exteriér  
šedé nebo zelené ?



Kovové dveře, rámy oken a dveří, zábradlí, větrací mřížky (exteriér,  
interiér)



- 8- Grau
- 7- Rot
- 6- Dunkelgrau
- 5- Hellgrau
- 4- Blaugrau
- 3- Grün
- 2- Grau
- 1- Hellgrau
- 0- Eisen



- 8- Grau
- 7- Hellgrau
- 6- Weiss
- 5- Orange
- 4- Grau
- 3- Dunkelgrau
- 2- Weiss
- 1- Orange
- 0- Eisen

Exteriér

Původní barevnost kovových prvků - šedá

Původní úprava ve více vrstvách:

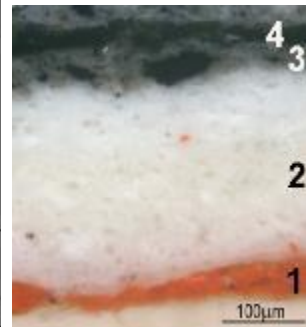
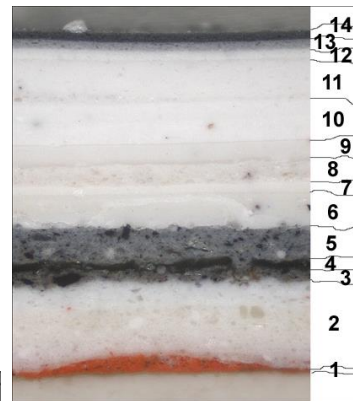
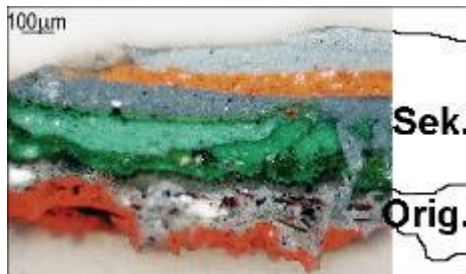
4- závěrečná laková vrstva

3- krycí nátěr

2- podkladový nátěr

1- protikorozní nátěr

5-14- sekundární nátěry

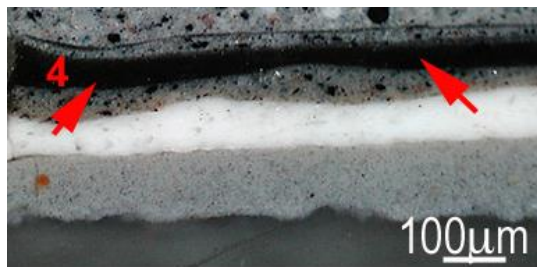


Mikrofoto, nábrusy, bílé odražené světlo, optický mikroskop

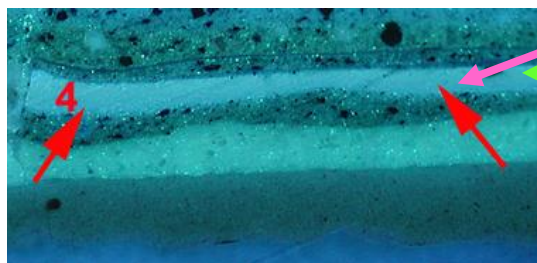
- 1- protikoroziční nátěr
  - oranžefarbig auf Mennigebasis
  - grau auf Zinkstaubbasis ; beide mit trocknendem Öl als Bindemittel
  
- 2- podkladový nátěr
  - in weißem Farbton; industrieller Ölanstrich mit Calciumcarbonat, Lithopone, Aluminiumoxid und Schwerspat als Pigmente, bzw. Füllstoffe
  
- 3- krycí nátěr
  - grauer Anstrich, ölgebunden mit Zinkweiß, Kohlenstoffschwarz, Knochenschwarz, Permanentweiß, Ocker und Titanweiß
  
- 4- závěrečná laková vrstva - auf Basis von synthetischen Harz,  
höchstwahrscheinlich ein Celluloseester

Odstín původní úpravy odpovídá nejbližší odstínu NCS S 7005-B20G (Farbsystem NCS – Natural Colour System), resp. RAL 7012 (RAL Colour System) – basaltová šed'





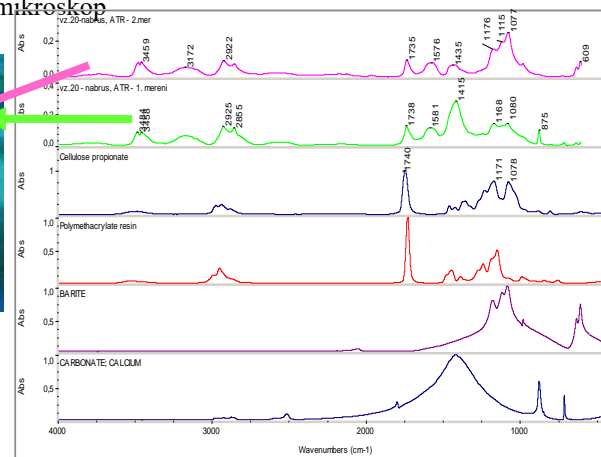
Mikrofoto, nábrus, bílé odražené světlo, optický mikroskop



Mikrofoto, nábrus po excitaci UV-světlem,  
optický mikroskop

„Recently, celluloseesters has become particularly important as an extender for metal effect finishes“

[Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Edition, 1985, pp 446f]



IR spektrum vzorku a spektra srovnávacích standardů

Původní barevnost kovových prvků –  
světlekrémová

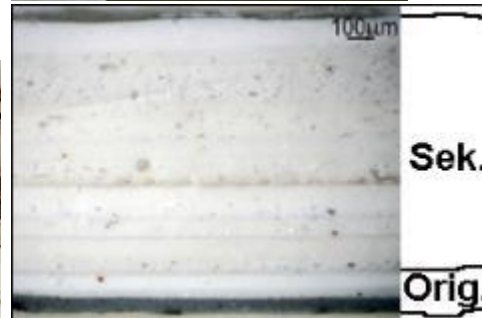
Původní úprava ve více vrstvách:

3- krycí nátěr

2- podkladový nátěr

1- protikorozní nátěr

5-10- sekundární nátěry



- 1- protikoroční nátěr
  - orangefarbig auf Mennigebasis
  - grau auf Zinkstaubbasis ; beide mit trocknendem Öl als Bindemittel
  
- 2- podkladový nátěr
  - in weißem Farbton; industrieller Ölanstrich industrieller Ölanstrich mit Calciumcarbonat, Lithopone, Zinkweiß und Schwerspat als Pigmente, bzw. Füllstoffe
  
- 3- krycí nátěr
  - weißer Anstrich, ölgebunden mit Zinkweiß pigmentiert

Odstín původní úpravy odpovídá nejbližší odstínu NCS S 0500-N (Farbsystem NCS – Natural Colour System), resp. RAL RAL 9001 (RAL Colour System) – krémová bílá



- ☐ Způsob montáže opláštění – tzv. bajonetový systém
- ☐ Nosný materiál kovových prvků – ocel, mosaz
- ☐ Technologie galvanického pokovování – pochromování i poniklování
- ☐ Velkoplošné galvanické pochromování vnitřních sloupů bez niklové mezivrstvy
- ☐ Sloupy v exteriéru nebyly původně opatřeny nátěrem, ale prezentovány v barvě patinované mosazi
- ☐ Barevně pojednané plochy kovů v exteriéru: původní barevnost – basaltová šed' (na prvcích na domě opatřeny lakovou vrstvou)
- ☐ Barevně pojednané plochy kovů v exteriéru: původní barevnost – krémově bílá

Exteriér schodiště



Exteriér terasa



Interiér vstupní hala



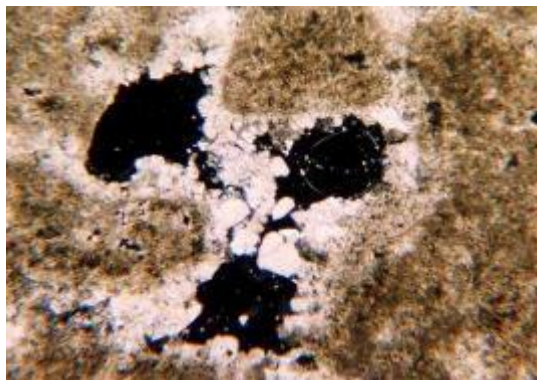
Interiér schodiště



Interiér zimní zahrada

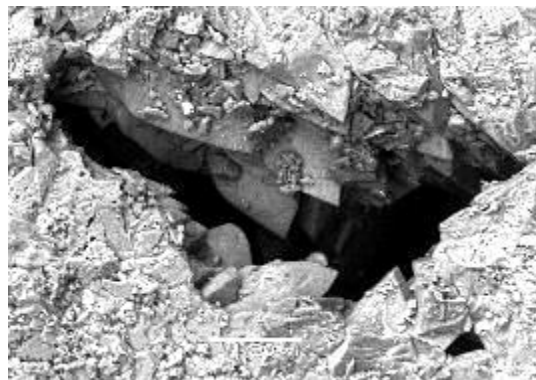


## Identifikace a studium vlastností použitých hornin



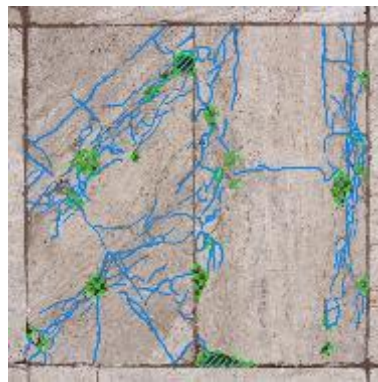
Mikrofoto výbrusu horniny použité na dlažbu v exteriéru (optický mikroskop, procházející polarizované světlo)
















Travertin – sladkovodní vápenec



Mikrofoto struktury horniny použité na dlažbu v exteriéru (rastrovací elektronový mikroskop, detektor odražených elektronů)

## Charakteristika a mapování poškození

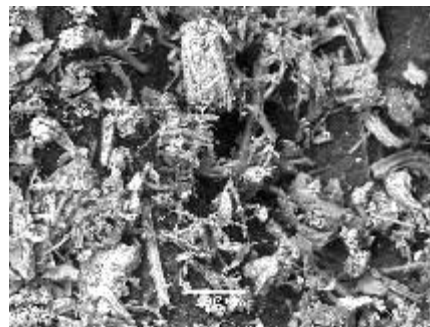


<b>POŠKOZENÍ</b>			
povrchové mechanické poškození		korozní produkty mědi (měděnka)	
chybějící materiál		vodní kámen a biologická napadení	
praskliny		vývěvy soli	
<b>ZNEČIŠTĚNÍ</b>		<b>MATERIÁLY OPRAV</b>	
zbytky lepidla / tmelu?		minerální tmel typu A	
póry ucpané mastičkou barvou		minerální tmel typu B	
korozní produkty kovů (rez)		minerální tmel typu C	
zbytky syntetického lepidla		tmel typu D	
		vápenná malta	

### Zjištění příčin poškození



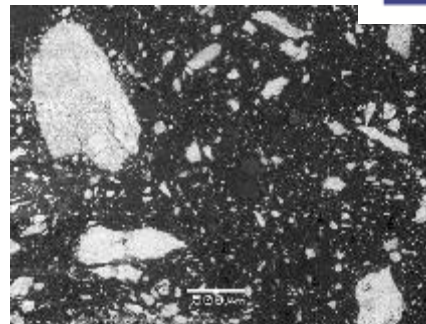
Jeden ze specifických typů  
poškození dlažby – výkvěty solí



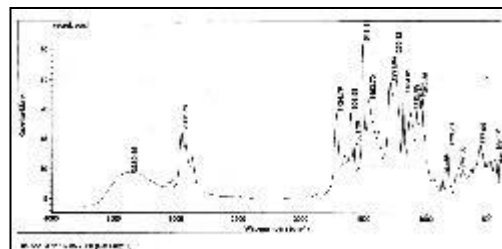
Mikrofoto výkvětu síranu  
sodného na dlažbě v exteriéru  
(rastrovací elektronový  
mikroskop, detektor odražených  
elektronů)



Nažloutlý tmel použitý při  
rekonstrukci vily v 80-tých letech  
20. století



Mikrofoto nábrusu nažloutlého tmelu na  
bázi epoxidové pryskyřice (rastrovací  
elektronový mikroskop, detektor  
odražených elektronů)

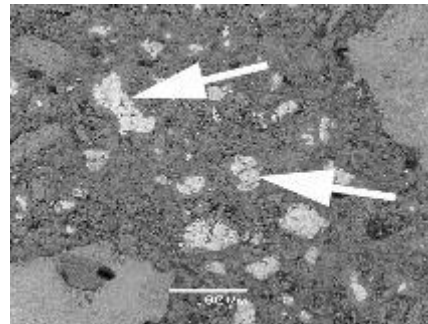


FTIR – spektrum základní hmoty (pojiva)  
nažloutlého tmelu – epoxidová pryskyřice

## Identifikace doplňovacích materiálů



Bílý tmel použitý na doplnění  
chybějících míst a na spárování



Mikrofoto nábrusu bílého tmelu na  
bázi bílého cementu s viditelnými  
slínkovými částicemi z cementového  
pojiva (rastrovací elektronový  
mikroskop, detektor odražených  
elektronů)

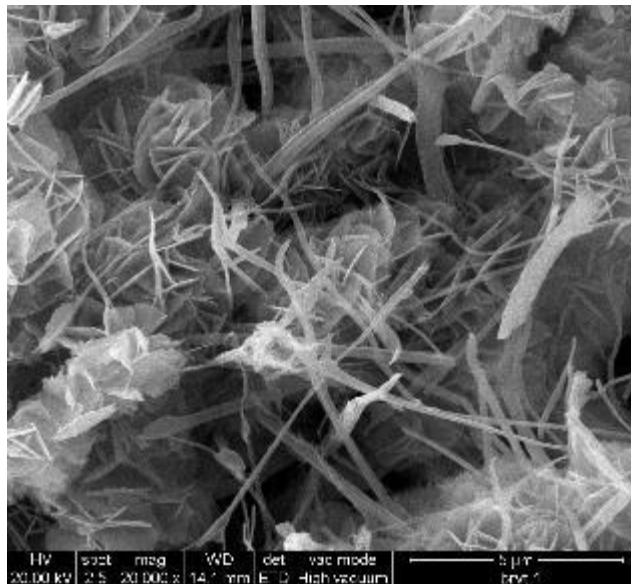
## Zkoušky restaurátorských postupů



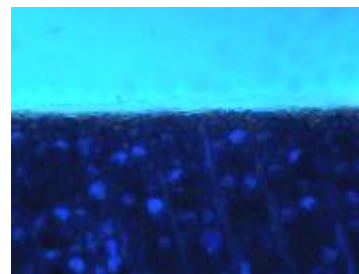
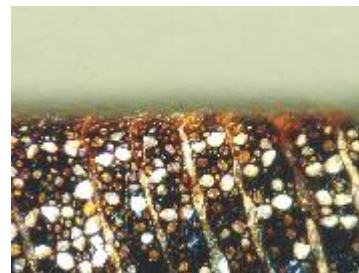
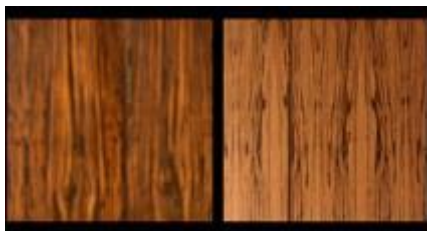
Test odstraňování nečistot z povrchu kamene pomocí tlakové páry



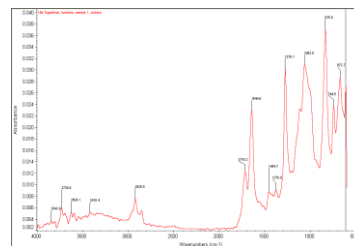
Test odstraňování nečistot z povrchu kamene pomocí obkladů



Mikrofoto struktury maltoviny (rastrovací elektronový mikroskop, detektor sekundárních elektronů)  
tzv. Sorelův cement s vláknitou mikrostrukturou – hořečnatá maltovina (bazické oxichloridy hořčíku), často používaná v první polovině 20. století na podlahy



Analýza  
lakových úprav  
na mobiliáři na  
jejich příčném  
řezu pomocí  
optické  
mikroskopie  
(bílé dopadající  
světlo a UV  
fluorescence)

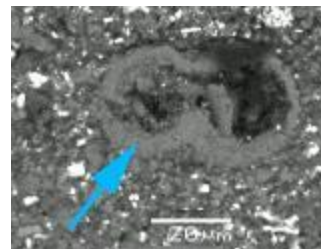
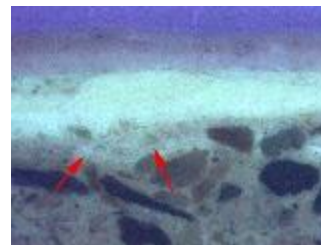
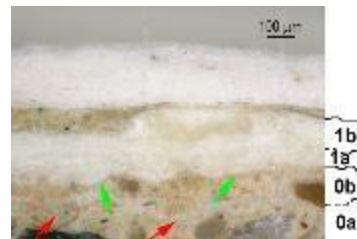


FTIR – spektrum  
lakových vrstev –  
nitroceluloseový lak



Sondáž povrchových úprav  
na interiérových omítkách

Původní úprava interiérových  
omítek – technika tzv. štukolustro  
ve světle krémové barevnosti  
(napodobení povrchu leštěného  
vápence)



Analýza nátěrů  
omítkových ploch  
v interiéru na jejich  
příčném řezu  
pomocí optické a  
elektronové  
mikroskopie,  
identifikace  
organických pojiv  
– mikrochemické  
reakce a GC-MS

**Využití analytických technik pro charakterizaci  
historických malt a studium nabatejských stavebních  
technologií**

# Projekt NAMO "Nabatejské malty – technologie a aplikace" (EU - projekt ICA3-2002-10038, 2002-2004)

Hlavní cíle:

1. průzkum referenčních objektů – hodnocení stavu; stavební materiály a techniky
2. vývoj nových malty pro konzervaci – vývoj, testování a optimalizace

Projektový tým:

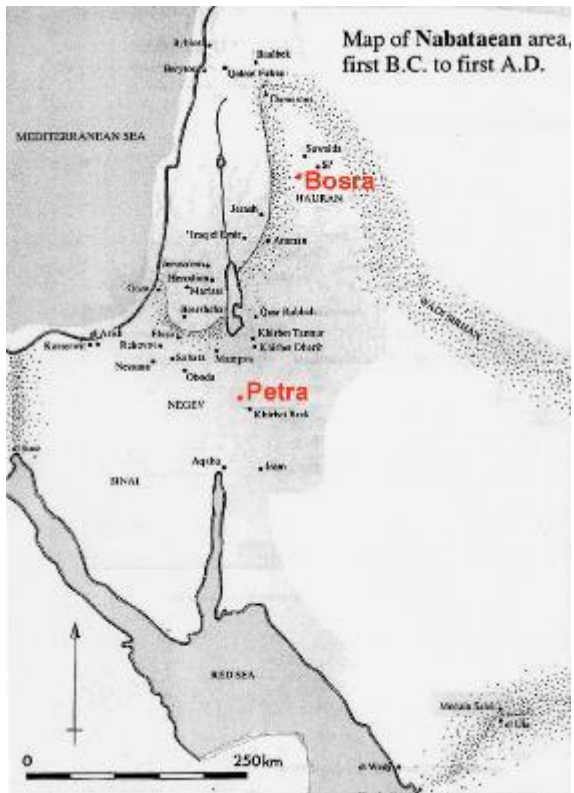
ARC Seibersdorf research GmbH, Rakousko (vedoucí partner)

Institut restaurování a konzervačních technik, Česká republika

Royal Scientific Society - Building Research Center, Jordan

Directorate Generale of Antiquities and Museums, Syria





## Referenční objekty

**Qasr al Bint, Petra, Jordánsko**

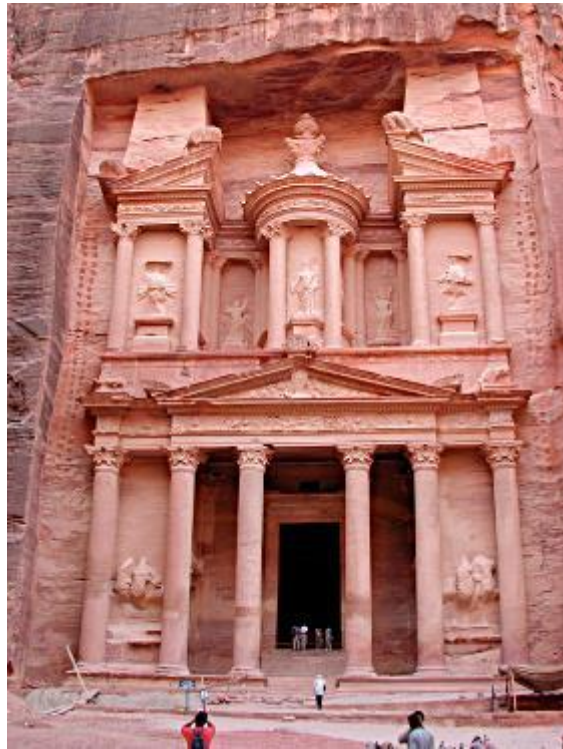
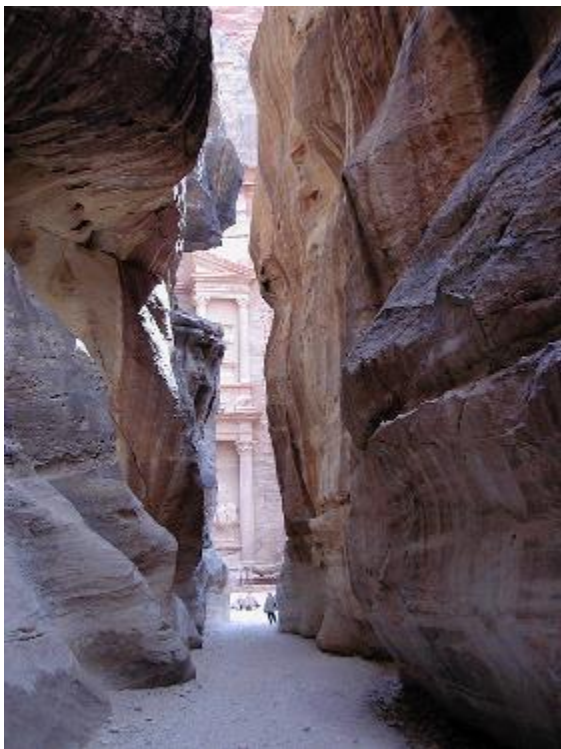


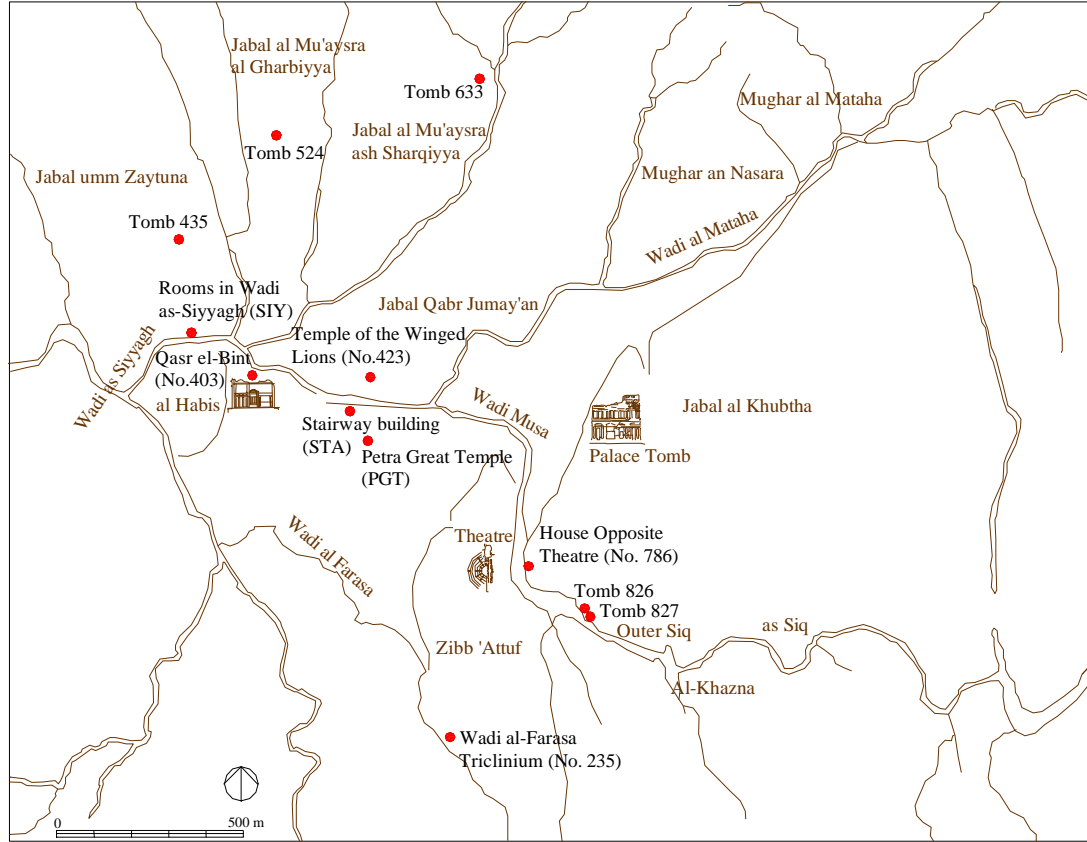
**Great Cathedral, Bosra, Sýrie**



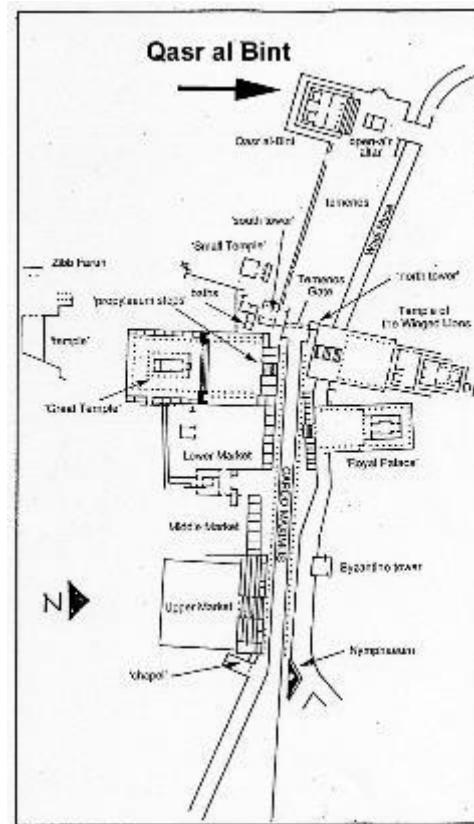
**Qasr al Bint, Petra, Jordan**







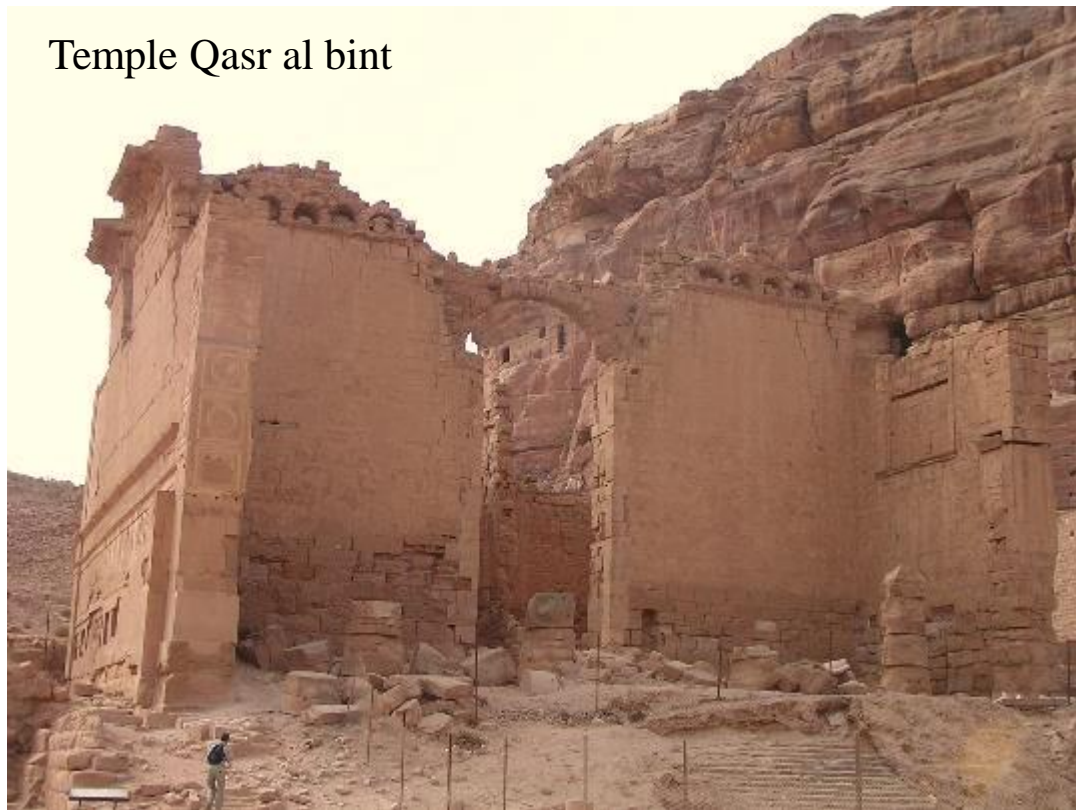
## Qasr al bint / Petra



Cardo maximus



Temple Qasr al bint



Mortar  
types

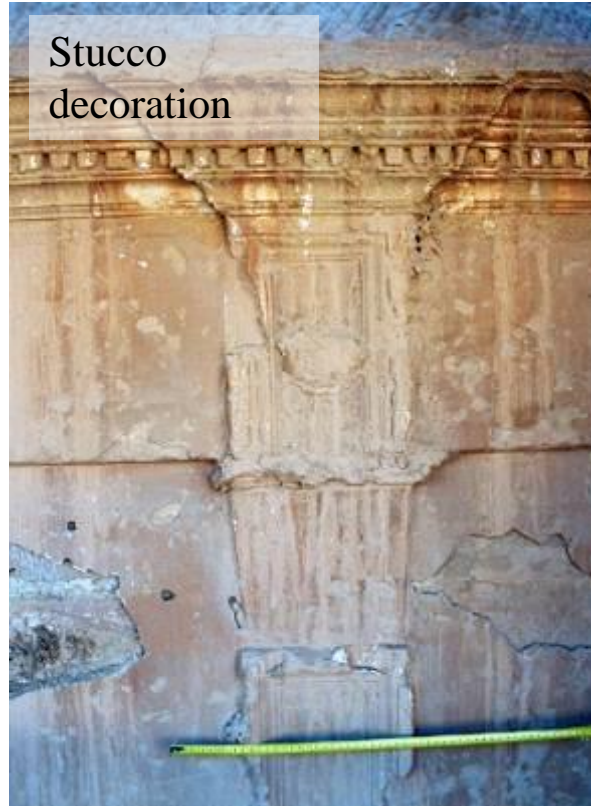
Masonry  
mortar



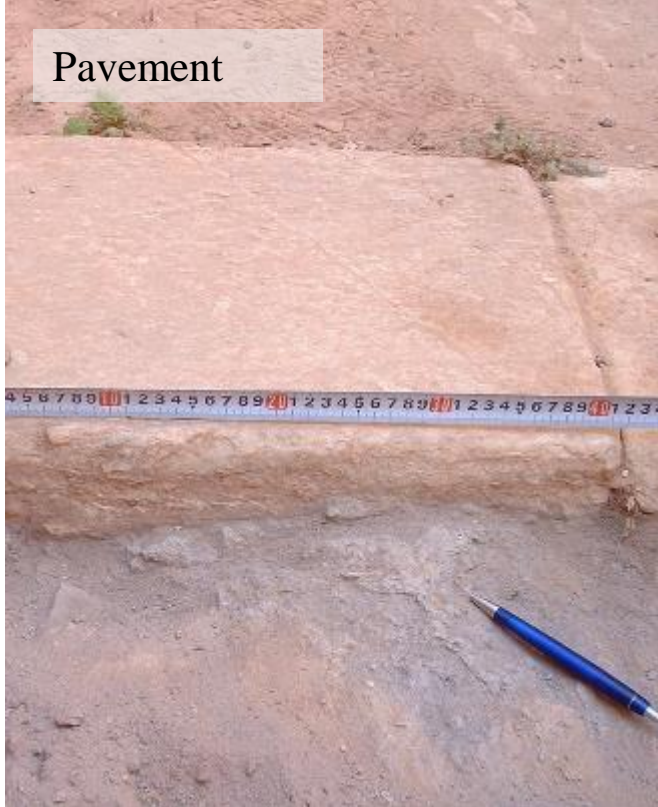
Plaster



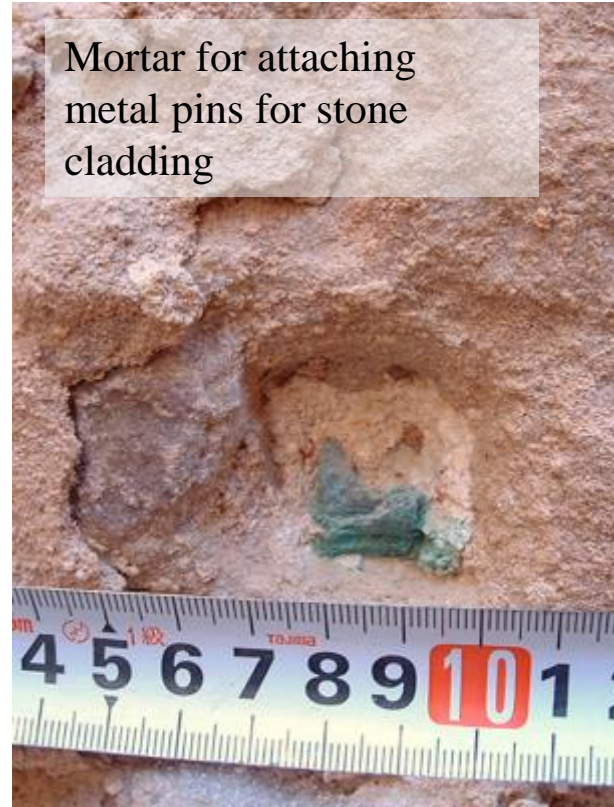
Mortar  
types



Pavement



Mortar for attaching  
metal pins for stone  
cladding



## Průzkum malt

### Cíl analýzy/průzkumu:

- složení a pracovní techniky
- základ pro vývoj restaurátorských / doplňovacích malt

### Hlavní typy vzorků malt:

- omítky (z větší části z vnější východní fasády)
- štuky (z vnější východní fasády)
- spárovací malty (jak z vnější, východní fasády, tak z vnitřních stěn)

### Metody průzkumu:

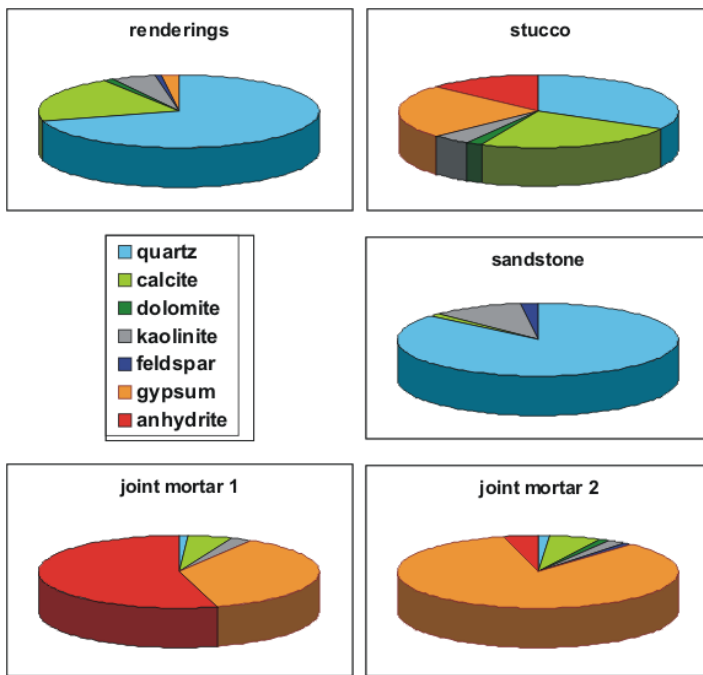
mineralogické a chemické složení: rentgenová fluorescence (XRF)  
rentgenová difrakce (XRD)  
diferenciální termická analýza (DTA/TG)

studium mikrostruktury a složení: optická polarizační mikroskopie (OM)  
rastrovací elektronová mikroskopie s energo-

disperzní

analýzou (SEM/EDAX)

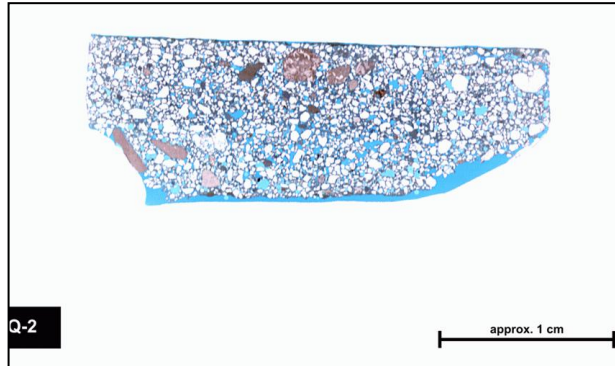
## Mineralogické složení (XRF, XRD, DTA-TG)



## Omítky / exteriér

Charakteristika:

- vápenné malty
- vypočtený poměr pojivo/kamenivo cca 1 : 5
- distribuce velikosti částic je 0-2 mm
- kamenivo – lokální písek vzniklý erozí pískovce, tvořený hlavně zrny křemene
- malá příměs karbonátového plniva (s některými zkamenělinami)
- tloušťka omítek ve většině případů 1 až 1,5 cm

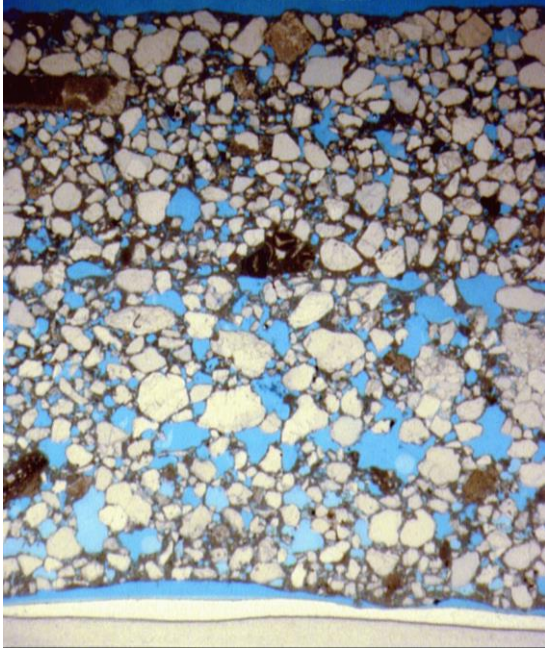


Optical microscopy, thin section (exterior east facade)

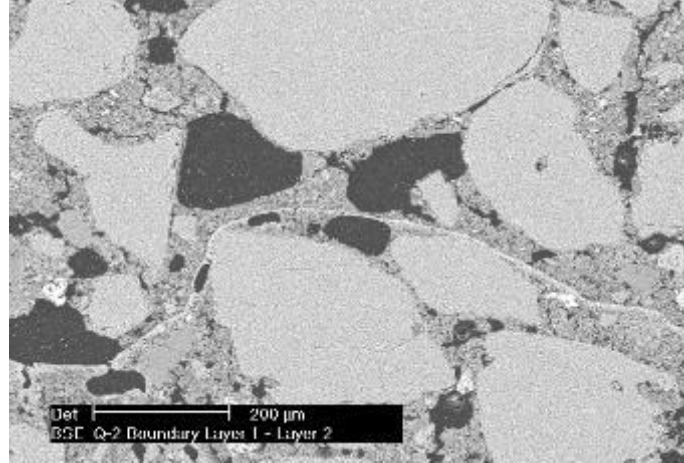


Rendering, exterior east facade

## Exteriérové omítky



Optical microscopy, thin section, layered structure  
(exterior east facade)

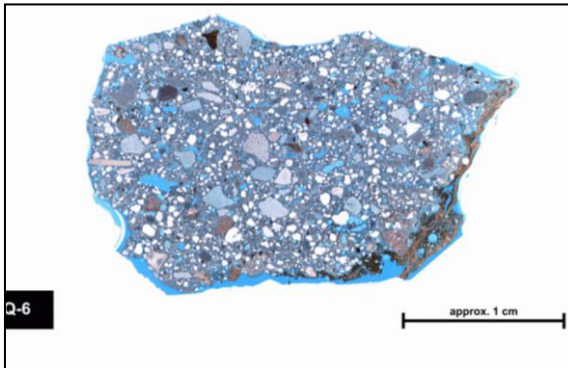


SEM / BSE, thin section, calcitic thickening separating  
(exterior east facade)

# Štukové malty

Charakteristika:

- pojivo - směs vápna a sádry (~ 1: 1)
- převážně křemenné kamenivo (monokrystalické a jemnozrnné) s malým podílem drobných částic vápence (s mikrosfosíliemi)
- větší částice anhydritu - sádrovce (méně než ~ 10 % celkového kameniva)
- v matrix oválné póry a částice vápna
- relativně bohatá na pojivo, vypočítaný poměr pojivo/kamenivo ca. 1 : 2

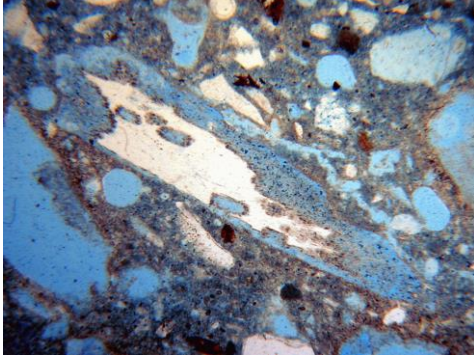


Optical microscopy, thin section (exterior east facade)

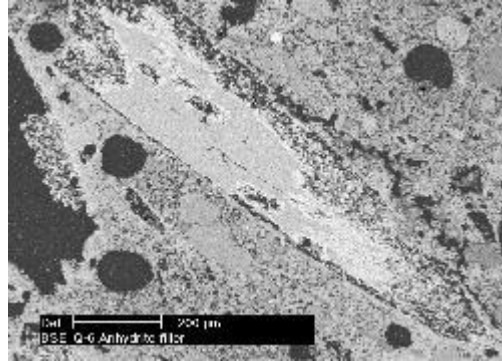


Stucco, exterior east facade

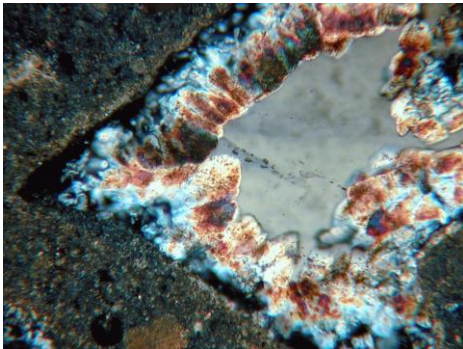
## Štuková malta



Optical microscopy, thin section, ); anhydrite - gypsum particle (exterior east facade)



SEM / BSE, thin section, ); anhydrite - gypsum particle (exterior east facade)



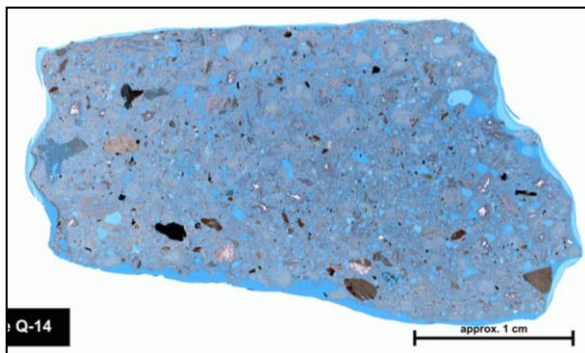
Optical microscopy, thin section, ); anhydrite - gypsum particle (exterior east facade)

Částice anhydritu / sádrovce – vysoko pálená sádra

## Spárová malta typ 1

Charakteristika:

- anhydrit je dominantní minerální fáze (50 - 60 W-%)
- pojivo vysoce spálená sádra
- jemnozrnný a hrubozrnný anhydrit a sádrovec-anhydritové částice
- ostatní příměsi jen stopové (kalcit do 5 W-%)
- vysoká pórovitost (včetně větších oválných pórů)

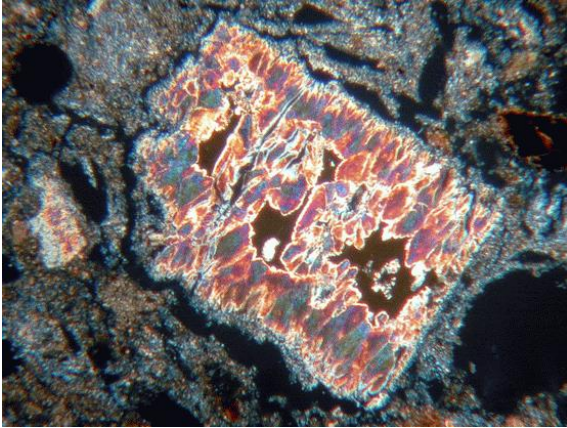


Optical microscopy, thin section, high porosity and anhydrite aggregates (exterior east facade)

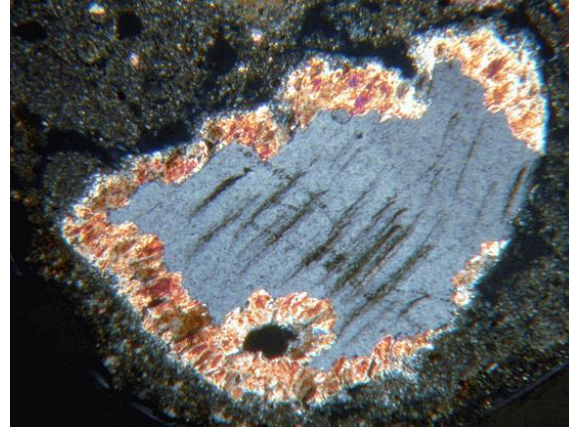


Joint mortar, exterior east facade

## Spárová malta typ 1



Optical microscopy, thin section; anhydrite – aggregate with gypsum-relics in the core

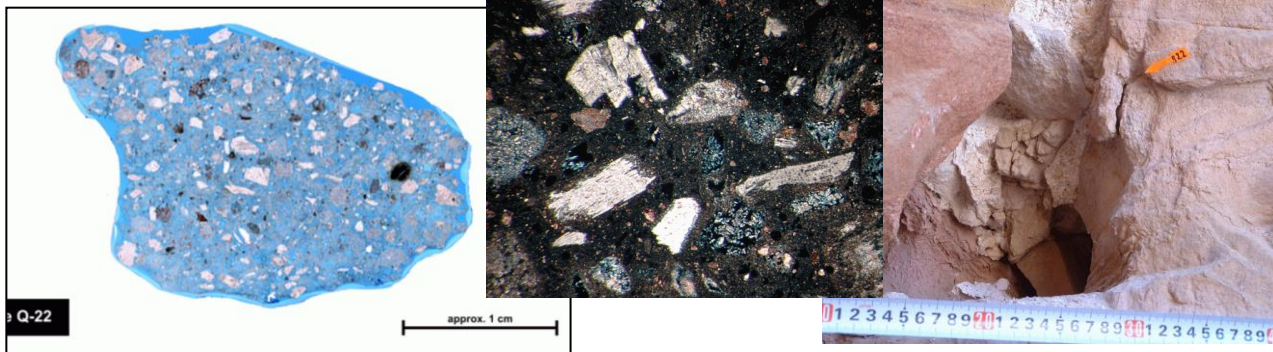


Optical microscopy, thin section; gypsum - anhydrite – aggregate with gypsum-rim

## Spárová malta typ 2

Charakteristika:

- více - méně čisté sádrové malty s obsahem anhydritu nižším než 5 % a kalcit (asi 5 %)
- pojivo nízko pálená sádra
- hrubozrnné sádrovcové částice (do 2 mm)
- vysoká pórovitost



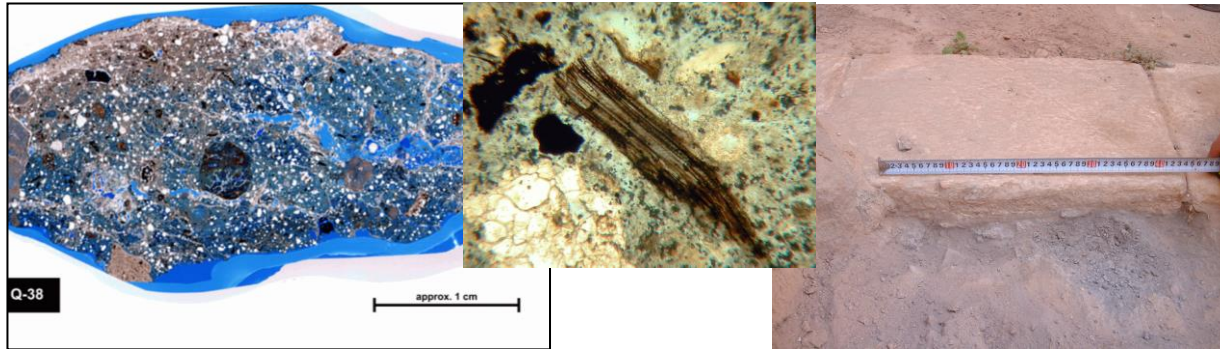
Optical microscopy, thin section, with coarse grained gypsum aggregates, interior, central adyton

Joint mortar, interior, central adyton

## Mortars with charcoal admixture

Characteristics:

- not a uniform group but common feature is charcoal admixture
- probably altered lime mortars
- high content of charcoal admixture
- quartz and limestone aggregate
- in areas affected by rising damp



Optical microscopy, thin section, charcoal admixture, altered by moisture, corridor of eastern adytum

Floor screed mortar below a marble flooring tile

## Qasr al Bint samples - mineralogical analysis (XRF, XRD, DTA-TG)

	group A: renderings	group B: stucco	group C: joint mortar 1	group D: joint mortar 2	Petra sandstone
quartz	71	32	tr	tr	86
calcite	20	23	5	6	tr
dolomite	tr	<5	-	tr	-
kaolinite	5	<5	<5	<5	11
feldspar	tr	-	-	tr	tr
gypsum	tr	24	37	84	-
anhydrite	-	13	54	<5	-



Lime  
mortar



Gypsum -  
lime -  
mortar



Gypsum  
-  
anhydrite -  
mortar



Gypsum  
mortar

# Qasr al Bint mortar samples - Summary

⇒ large variety of different mortars dependant on function / building situation

## Group A : renderings

- **binding medium is a lime** , B/A - ratio ~ 1 : 5
- **sandstone aggregate** 0/2 mm
- layered structure of equal thickness (~ 0,5 mm each)  
no finishing layer

## Group B : stucco

- **binding medium is a lime - gypsum mixture** (~ 1 : 1)
- **predominantly sandstone aggregate** but low portion of calcite / dolomite
- larger particles of anhydrite - gypsum (up to 2 mm)
- rich in binder

## Group C : joint mortar 1

- **high burned gypsum binder**
- anhydrite - gypsum mortars (50 - 60 w-% anhydrite)
- sometimes with coarse anhydrite aggregate
- other admixtures just in traces (calcite up to 5 w-%)
- high porosity

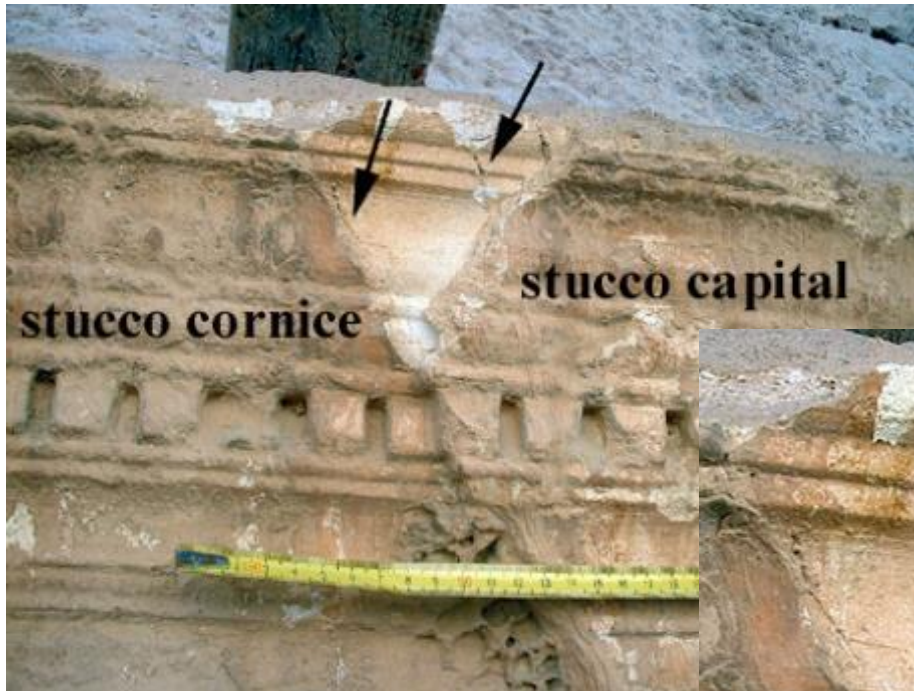
## Group D : joint mortar 2

- **low burned gypsum binder**
- more or less pure gypsum binder (< 5 w-% anhydrite)
- sometimes with coarse gypsum aggregate (up to 2 mm)
- high porosity but

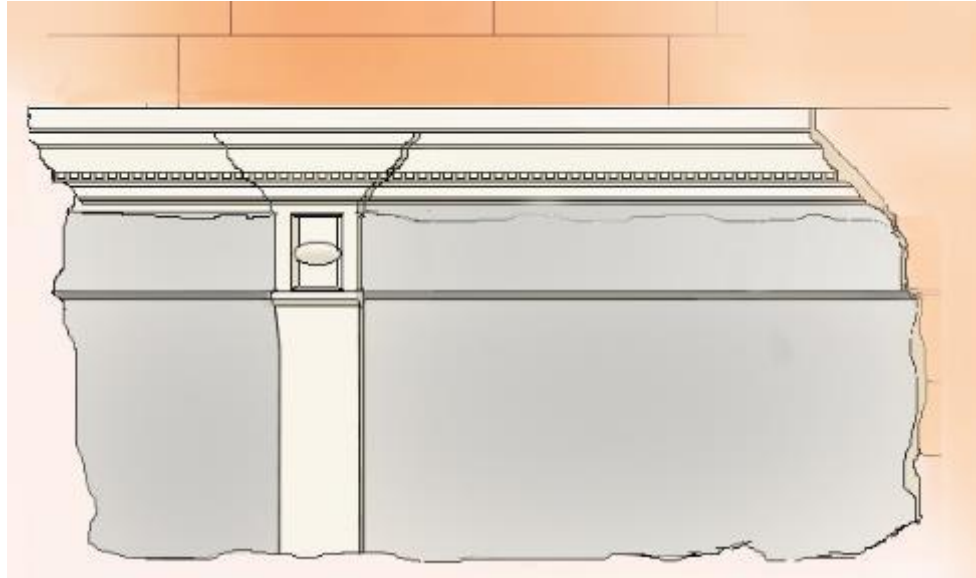
## Group E : mortars with charcoal addition

- heavily altered by weathering (crystallization of gypsum, halite, niter)
- **probably altered lime mortars**
- high content in charcoal / opaque admixtures
- **sandstone and limestone aggregate**
- **in lower parts of the building affected by rising damp**

## Making of Stucco



## Making of Stucco



**Qasr al Bint building technology** – summary based on survey and literature research

- Rubble fill masonry
- External walls – 1.3 -1.9 m wide (north wall 2.7 m)
- Wooden beams placed in the walls - strengthening the structure, measures against earthquakes
- Roof – wooden structure
- External and internal walls plastered, lower parts stone in the interior cladding (marble)
- Stucco decoration
- Paving - stone (marble)
- Binding media for mortar – aerial lime; mixture of aerial lime and high burned gypsum; low burned gypsum; high burned gypsum
- Aggregate – quartz sand; gypsum; anhydrite

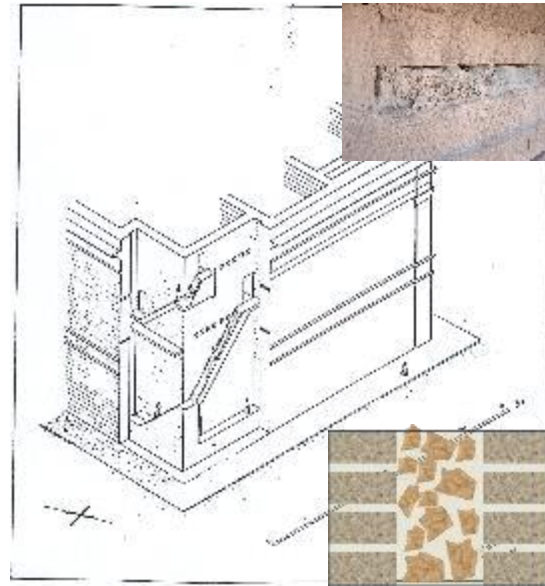
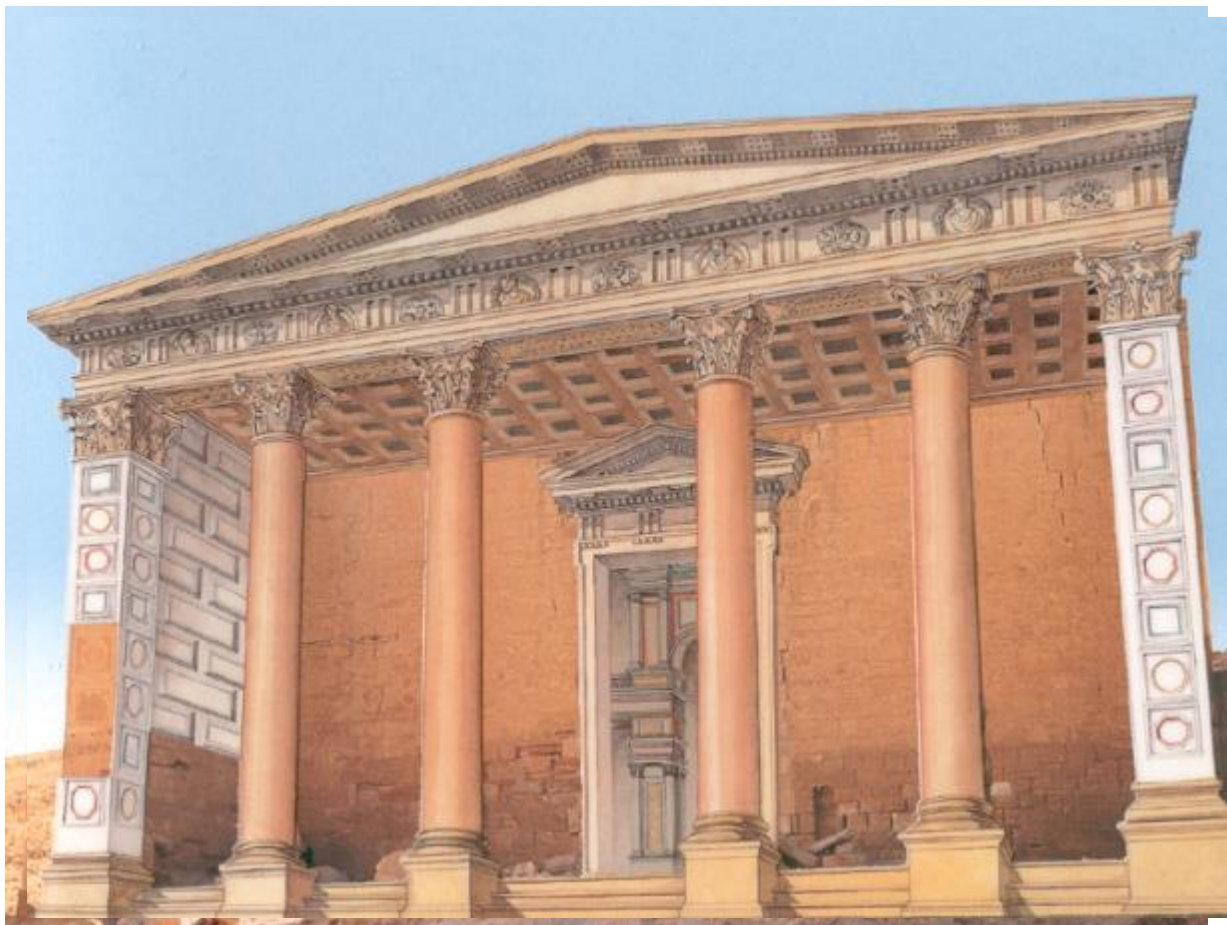


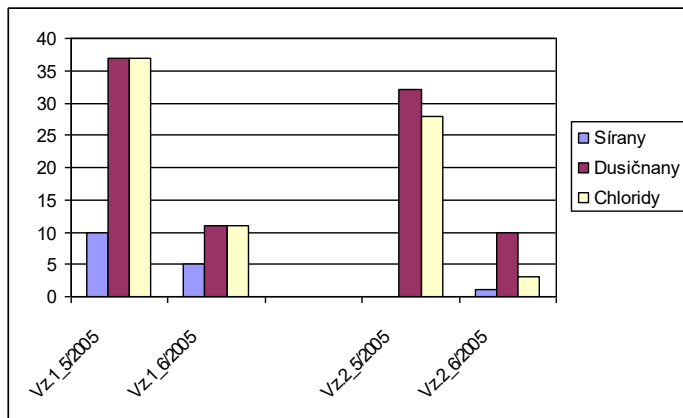
Figure 8. Isometric of S.W. Angle of W. Adyton Showing Cavity Walls and Ascent to Balcony & Roof (Source: Ref. [15])



## Zjištění stavu objektu z hlediska obsahu vodorozpustných solí – průzkum

- **Koncentrace** vodorozpustných solí (nejčastěji aniony – sírany, chloridy, dusičnany)
- **Distribuce** vodorozpustných solí – rozdělení koncentrace v hloubkovém profilu
- Přesná **identifikace** solí
- Vlastnosti zasoleného materiálu – hygroskopická nasákavost, sorpční izoterma,...)

## Stanovení vodorozpustných solí na fasádách zámku Kratochvíle u Netolic



## Sochařská výzdoba mostu ve Žďáru nad Sázavou

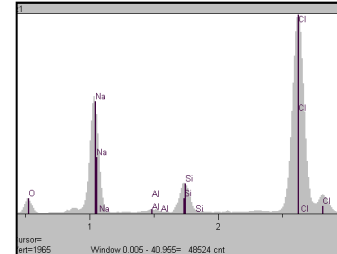
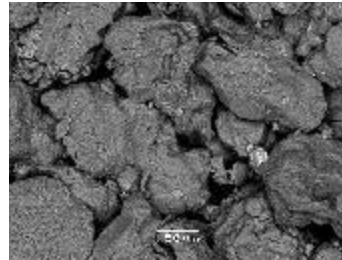
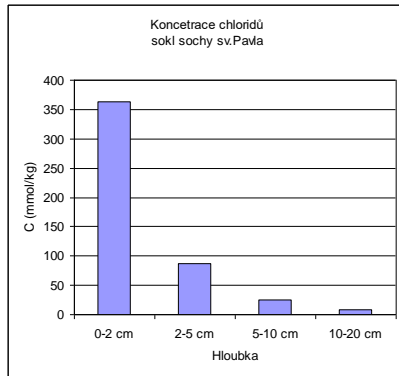
Sumarizace výsledků přírodovědného průzkumu

- Barokní sochařská výzdoba mostu, který je součástí komunikace s vysokou hustotou provozu
- problém: masivní poškození spodní části výzdoby,
- poslední restaurování 1994-1998



## Stanovení obsahu solí

- místa s destruovaným povrchem a místa bez viditelného poškození.
- **hlavně chloridy** (chlorid sodný, NaCl).
- **obsah solí koreluje s mírou poškození pískovce - nejvyšší koncentrace jsou v místech s vyšší mírou poškození.**



## Ultrazvuková transmise

- výrazný pokles rychlosti UZ signálu směrem k spodní části soklů.
- rychlost UZ koresponduje s pevností daného materiálu, lze v daném směru přepokládat i pokles pevnosti pískovce
- pokles s velkou pravděpodobností souvisí s distribucí solí v kameni.





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union