

PETROLOGICKÝ PRŮZKUM PORTÁLU V JIŽNÍM PRŮČELÍ LODI KOSTELA SV. PROKOPA V ZÁBOŘÍ NAD LABEM

ZDENĚK ŠTAFEN

V letních měsících roku 2002 byl na základě požadavku akad. sochaře Jana Bradny proveden orientační petrologický průzkum, zaměřený na rozlišení litologických typů hornin použitých při výstavbě kostela sv. Prokopa v Záběří nad Labem. Pozornost byla věnována jak obvodovému zdivu, tak vlastnímu portálu, který je předmětem výzkumu. Z petrologického hlediska lze rozlišit v použitém kameni dva základní druhy hornin. Převládající skupinu tvoří sedimentární horniny zastoupené pískovci, prachovitými vápenci a příbojovými vápenci svrchní křídly spodního turonu a v menší míře arkózovými pískovci svrchního paleozoika (permu). Odlišným druhem jsou metamorfované horniny patrně kutnohorského krystalinika, které jsou zastoupeny různými typy rul a amfibolitů. Jsou použity v omezené míře především ve zdivu mladších přístaveb k původní lodi kostela. V největším rozsahu se objevují na přístavbě sakristie na jeho východní straně.

MATERIÁL ZDIVA KOSTELA

Horniny obvodového zdiva byly vizuálně posouzeny v první etapě průzkumu. Výsledky byly pro západní a severní stěnu kostela vyjádřeny graficky (viz obr. 1).

Kámen zdiva původní stavby kostela je tvořen výhradně sedimenty svrchní křídly. Výjimku tvoří rudohnědé arkóзовé pískovce na severozápadním nároží lodi, které jsou novodobou výpravou. Křídové horniny jsou



Obr. 1: Záběří nad Labem, kostel sv. Prokopa, materiálová skladba kamene západní stěny (všechny snímky autor, není-li uvedeno jinak).

 křemenný pískovec
 biotritický vápenec



Obr. 2: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, materiálová skladba kamene západní stěny.

▶ křemenný pískovec

▶ biodetritický vápenec

▶ arkózový pískovec

zastoupeny několika druhy **pískovců** a **biodetritickým vápencem**.

Původ vápencových bloků lze jednoznačně lokalizovat do pobřežního pásma mezozoického moře, které je charakterizováno tzv. příbojovou facií spodního turonu(?). Tyto horniny byly těženy v lomech a povrchových výchozech a v široké míře po staletí používány při výstavbě církevních i světských objektů na Kutnohorsku a Čáslavsku.

Lokalita těžby pískovcových bloků, použitých v obvodovém zdivu původního kostela, není jasná. Lze se oprávněně domnívat, že nejsou totožné s pískovci těženými na jižním a jihozápadním okraji města Kutné Hory. Je však zřejmé, že náleží k nejstaršímu svrchnokřídovému perucko-korycanskému souvrství (cenomanu). Jeho sedimenty lze nalézt na erozním okraji české křídové pánve jižně a jihozápadně od posuzované lokality. Makroskopicky lze obtížně rozlišit, zda se jedná o sedimenty mořské či sladkovodní. Očekávat lze převahu sladkovodní formy pískovců s psefitickou (šterkovitou) příměsí.

Zajímavým problémem při lokalizaci tohoto převažujícího typu kamene obvodového zdiva je jeho nápadná textura („žilnatý“ pískovec). V pozitivním reliéfu vystupující pevnější „žilky a žíly“ vznikly sekundárním proscením horni-

ny křemičitým tmelem, mobilizovaným z jemné křemenné klastické drti a šířícím se po systému druhotně vzniklých drobných tlakových puklin v pískovci. Tento jev nasvědčuje pozici těžené lokality v blízkosti tektonické (zlomové) linie. Takovouto poruchou by například mohl být železnohorský zlom. Lokalita původu tohoto pískovce nemusela být rozsáhlá, a je tak možné, že byla v minulosti vytěžena či opuštěna. Obdobný texturní typ pískovce nebyl na stavbách v okolí, ani v Kutné Hoře nalezen. Ve zdivu kostela byly identické bloky kamene (žilnatého křemenného pískovce) nalezeny v severní stěně jeho věže (4. a 5. řada zdiva od horního okraje západní stěny). V nezřetelných náznacích, setřených intenzivní korozi povrchu kamenných bloků, lze tuto texturu (žilkování) sledovat i na ostatních stěnách věže. Lze téměř s jistotou prohlásit, že pískovce věže jsou litologicky identickým typem s kvádry pískovců kostelní lodi. Problémem je vysvětlení rozdílu v pevnosti povrchu těchto kvádrů. Použitý stavební kámen (pískovec) věže, který byl kryt omítkou, je mechanicky více poškozen než kámen kostelní lodi, který je již dlouhodobě vystaven povětrnostním vlivům. Možným vysvětle-

ním mechanické destrukce pískovců věže je vliv požáru, který tyto bloky tepelně poškodil, nebo výrazná látková odlišnost vápenných omítek, aplikovaných na poškozený křemičitý (křemenný) podklad. Nejbližší bude pravděpodobně kombinace obojího. Sekundární vlivy vápenné omítky na křemenný podklad pískovce (přítomnost sádrovce) však nebyly mikroskopickým, ani rentgenovým studiem kamene identifikovány.

MATERIÁL PORTÁLU KOSTELA

Za účelem posouzení materiálové skladby použitých hornin bylo v ploše portálu odebráno celkem 17 horninových vzorků. Z nich byly zhotoveny mikroskopické výbrusy, které byly následně vyhodnoceny polarizačním mikroskopem. Mikroskopické studium umožnilo stanovit litologickou příslušnost hornin, použitých při výstavbě portálu. Většinu kamene lze označit nepřesným, avšak používaným termínem „opuka“. Na základě mineralogického vyhodnocení lze použitou horninu dále členit podle kvantitativního obsahu klastické (převážně křemenné) složky sedimentu a její zrnitosti na **vápenaté prachovce s jemnozrnnou písčitou příměsí** a **prachovité vápence** (kalovce).

Výjimku v použití opuky v ploše portálu tvoří horizontální pás odlišného, hrubě zrnitého, nevápnitého pískovce, ze kterého jsou vyrobeny bloky spočívající na základových deskách z amfibolitů kutnohorského krystalika.

Vápenaté prachovce jsou tvořeny obtížně rozlišitelnou, biotritickou karbonátovou hmotou s nápadně zvýšeným obsahem zachovalých schránek širokého spektra foraminifer (dírkovců). Vzájemný podíl mikritové (nerekrytalovaný karbonátový kal) a sparitové (rekrytalovaný karbonátový materiál) hmoty kolísá v závislosti na strukturálním vývoji sedimentu. S ohledem na nehomogenitu vzniklé při sedimentaci (střídání hruběji a jemněji zrnitých poloh), kolísá i míra rekrytalizace. Ke vzniku vyššího stupně tvorby rekrytalovaného kalcitu (sparitu) dochází přednostně v hruběji zrnitých polohách sedimentu. Známky intenzivní tvorby sekundárního kalcitu jeví také výplně schránek dírkovců (foraminifer).

Z biotritu se stavby horniny účastní rovněž fragmenty převážně kalcifikovaných jehlic (spikul) mořských hub (spongií – odtud název spongility). Ve srovnání s objemem schránek dírkovců však hrají druhořadou úlohu. Mimo uvedený biotrit se v karbonátovém materiálu sedimentu vyskytují neidentifikovatelná tělíska, tvořená rovněž kalcitem. Celkový objem karbonátové hmoty v hornině lze mikroskopicky odhadovat na 40 – 50 %.

Klastická (úločkovitá) složka sedimentu je tvořena převážně křemenem prachové velikosti (pod hranici 0,063 mm). Ta je v menším kvantitativním zastoupení obvyklá rovněž v následující skupině kalových vápenců. V případě vápenatých prachovců je tato složka doplněna kolísajícím obsahem (v důsledku šmouhovitě textury sedimentu) velmi jemnozrnné písčité frakce (0,0630 – 0,125 mm), méně často jemnozrnné písčité frakce (0,125 – 0,25 mm). Zrna křemene jsou převážně subangulární až angulární. V místech jejich vzájemného kontaktu dochází k tvorbě autigenního křemene a lokální silicifikaci. Lze předpokládat, že v sedimentu druhotná silicifikace sehrává významnou roli při jeho zpevnění (diagenézi). Mikroskopicky však lze tuto domněnku obtížně doložit.

Z kvantitativně podřadných minerálů lze v sedimentu rozlišit dále glaukonit, slídu (muskovit), živce a těžké mi-



Obr. 3: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, pískovec křemenný, stejně zrnitý s příměsí hrubé klastiky, vrchní křída – cenoman (mořský?) (foto D. Smutek).



Obr. 4: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, pískovec křemenný, středně až jemnozrnný, sekundární zpevnění puklinového porušení, vrchní křída – cenoman (sladkovodní?) (foto D. Smutek).

nerály (rutil). Ze sekundárně vzniklých minerálů jsou významné oxidy Fe (hematit) vznikající z předchozího pyritu, který tvoří kuličkovité, gravitačně sedimentované agregáty. V mnoha případech přechází hematit v limonit. Minerály železa (Fe) jsou soustředěny především v mikritem tvořených částech sedimentu. Zde lze předpokládat rovněž zvýšený podíl jílových minerálů. Ty však nelze optickým mikroskopem kvantitativně stanovit. Významným sekundárním minerálem sedimentů této skupiny je rovněž sádrovec, který vzniká jak v povrchové zóně kamene, tak v menší míře uvnitř horniny.

Za hlavní diagenetický proces vápenatých prachovců lze považovat kalcifikaci sedimentu. Na základě korodovaných struktur kalcitu (především sparitu) lze uvažovat o spolupůsobení silicifikace, jejíž míru nelze v této fázi výzkumu



Obr. 5: Zábřeh nad Labem, kostel sv. Prokopa; a – destrukce prachovitých vápenců v nadloží pískovcových bloků západní strany; b – destrukce prachovitých vápenců v nadloží pískovcových bloků východní strany.

(optické studium výbrusů) exaktně stanovit, a bude proto předmětem dalšího petrologického vyhodnocení.

U druhé skupiny sedimentů – *prachovitých vápenců* (kalovců) dochází k výraznému zjemnění usazovaného materiálu, který je tvořen v opticky rozlišitelné části, převažující karbonátovou hmotou. U jemnozrnných kalových vápenců převažuje mikritová hmota nad sparitovou. Pravděpodobnou příčinou snížené míry rekrystalizace kalcitu je opticky neidentifikovatelná přítomnost jílových minerálů, kterých pravděpodobně přibývá s klesajícím průměrem zrn karbonátové hmoty sedimentu. Jejich kvantitativní obsah však zřejmě netvoří potřebný objem (20–30 %), na základě kterého by bylo možno tyto horniny označit jako slínovce (vápnité slínovce). Tento objem jílových minerálů vyžaduje kvantitativní definice mineralogického složení těchto sedimentů.

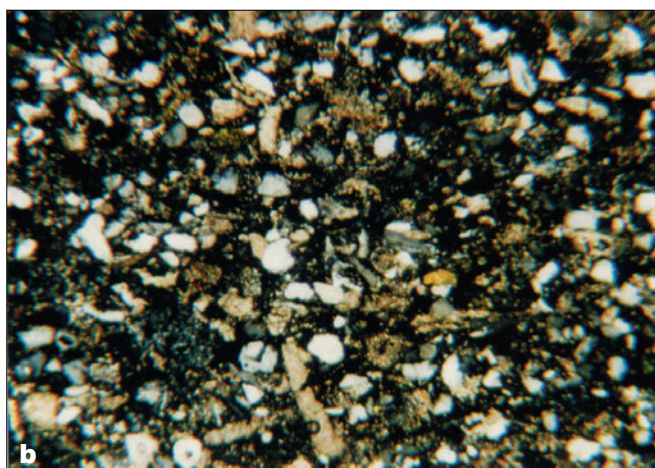
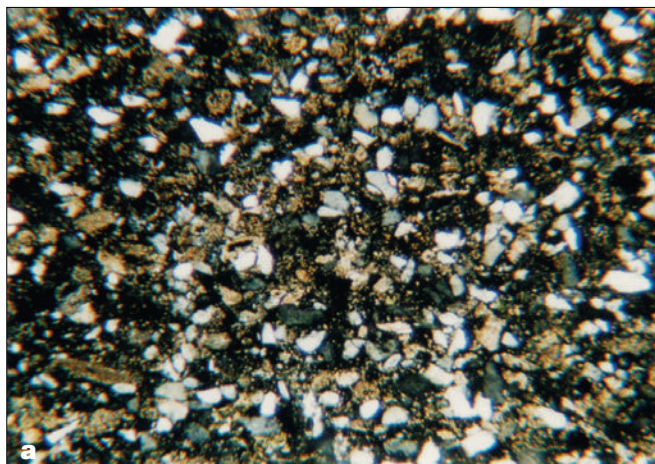
Při vyšším zvětšení lze v základní, mikritové hmotě sedimentu rozlišit dobře zachované schránky dírkovců (foraminifer). Ve srovnání s obdobnými sedimenty v české křídové pánvi je množství těchto schránek nezvykle vysoké. Stejně zvýšené kvantitativní zastoupení schránek dírkovců v základní hmotě sedimentů lze sledovat u vyhodnocených vzorků kamene („opuk“) z Anežského kláštera v Praze a sochy sv. Václava ve Svatovítské katedrále na Pražském hradě. Příčinou této shody horninového materiálu by mohla být společná lokalita jejich vzniku a těžby. Není vyloučeno, že tímto zdrojem mohou být sedimenty bělohorského souvrst-

ví těženého na historických lokalitách území Prahy a jejího okolí.

V místech nerovnoměrné distribuce prachové příměsi, tvořené klastickým křemenem odpovídající velikosti (pod hranici 0,063 mm), dochází k vývoji tzv. šmouhovitě textury, kde se střídají více prachovité a čistě karbonátové vrstvičky sedimentu. Na tuto strukturu sedimentu reaguje rekrystalizace mikritové (karbonátové – kalcitové) hmoty. V jemnozrnných polohách je rekrystalizace nezřetelná, obsah jílových minerálů je patrně vyšší (blokuje rekrystalizaci) a intenzivní tvorba pyritu a sekundárních oxidů Fe na rozhraní s prachovou příměsí. V prachovitých polohách (vrstvičkách) je rekrystalizace kalcitu (tvorba sparitu) intenzivnější. Tento proces lze sledovat především uvnitř komůrek schránek dírkovců a při kalcifikaci fragmentů jehlic (spikulů) mořských hub (spongií). Schránky dírkovců nad těmito fragmenty výrazně převažují. Objem křemenných klastických zrn prachové frakce se v sedimentech této skupiny pohybuje v rozmezí 5–10 % (max. do 20 %).

Za hlavní *diagenetický proces* v této skupině sedimentů lze považovat kalcifikaci základní hmoty. Nelze vyloučit dosud neověřené *spolupůsobení silicifikace* (tvorby autigenního křemene – opálových mikroglobulí SiO_2). Nepatrný podíl na zpevnění (diagenezi) sedimentu může mít rovněž přítomnost jílových minerálů a druhotně vzniklých oxidů (z pyritu) Fe.

Pyritizace je charakteristickým procesem jak v této, tak v předchozí litologické skupině. Pyrit, který vznikl v re-

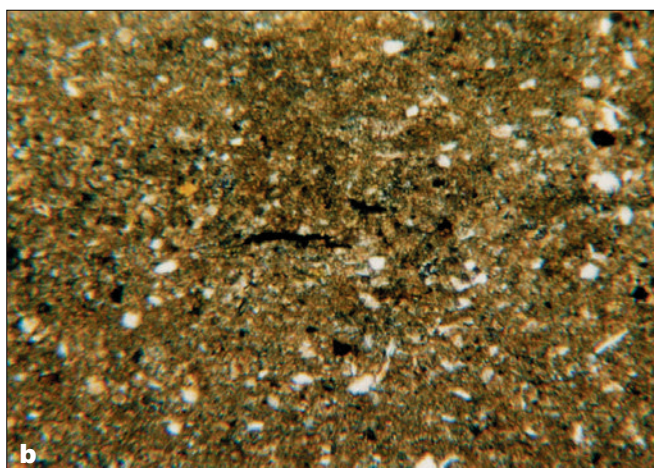
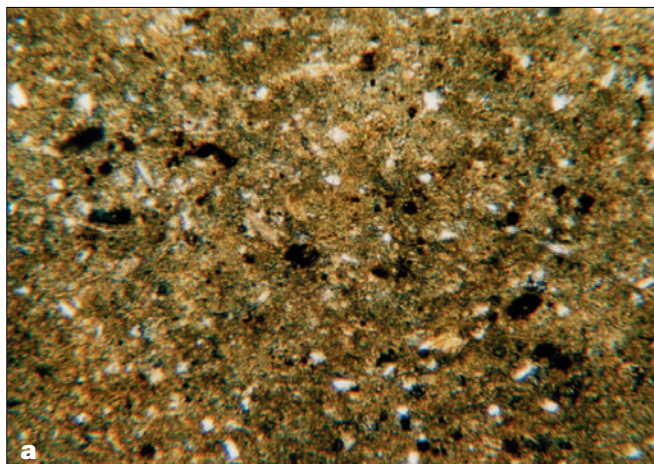


Obr. 6: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, struktura sedimentů, vápenatý prachovec, písčité: a – prachovec vápenatý s písčitou příměsí, ZB – 15, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, klastický křemen, biotit (kalcit); b – prachovec vápenatý s písčitou příměsí, ZB – 15, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, klastický křemen, biotit (kalcit).

dukčních podmínkách sedimentace, se vyskytuje v sedimentech ve dvojí podobě. V prvním případě tvořil nepravidelné impregnace na rozhraní jemnozrnného a hruběji zrnitého (prachovitého) sedimentu. Dnes jsou tyto impregnace změněny v oxidy Fe a dále sekundárně limonitizovány. V druhém případě se pyrit vyskytuje v kuličkovité podobě jako gravitačně ovlivněný sediment, vyplňující zpravidla komůrky schránek dírkovců. Rovněž zde je druhotně změněn ve směs oxidů Fe a limonitu.

Z ostatních minerálů byly v akcesorickém množství zastoupeny glaukonit, muskovit a zvýšené množství těžkých minerálů (rutil, méně zirkon). Je zajímavé, že obdobně zvýšený obsah těžkých minerálů (0,3 % rutil – anatas) byl identifikován rovněž ve „zlatých opukách“ z lokality Přední Kopanina, používaných při středověké výstavbě v Praze. Ze sekundárních minerálů je vedle oxidů Fe a z nich vznikajícího limonitu („rudní pigment“ – goethit) nejvíce zastoupen sádrovec. Jeho vznik je uvnitř sedimentu vázán na zvětvování pyritu, při němž se uvolňuje SO_2 , potřebný pro tvorbu sádrovce z karbonátového (kalcitového) materiálu. V povrchové zóně horniny dochází ke vzniku tohoto minerálu přínosem z atmosféry a srážkové vody.

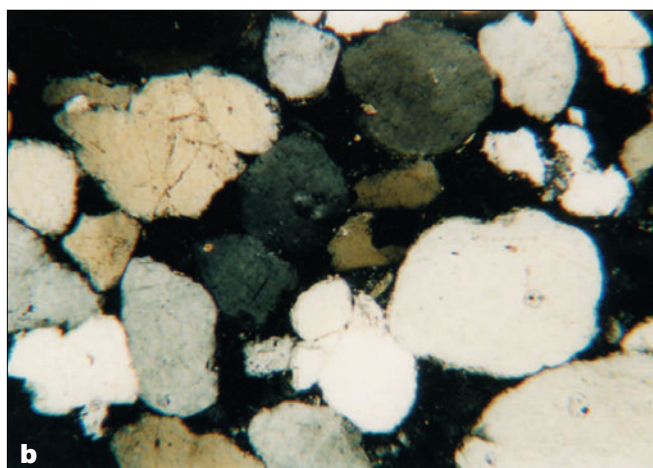
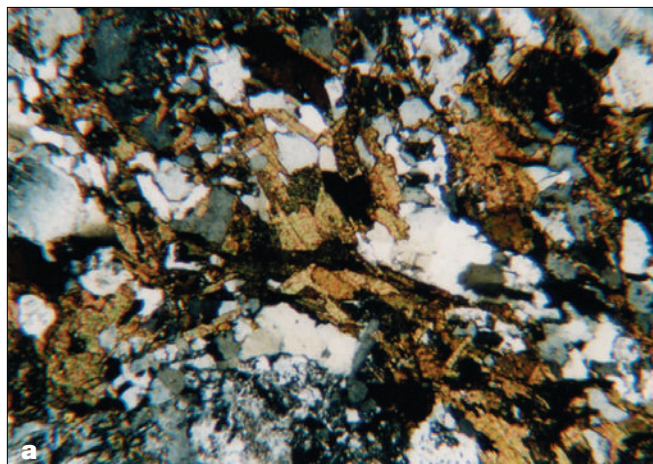
Za základní stavební složku obou popsanych litologických skupin křídových sedimentů lze oprávněně považovat minerály **kalcit** ve všech jeho účastnících se formách (mi-



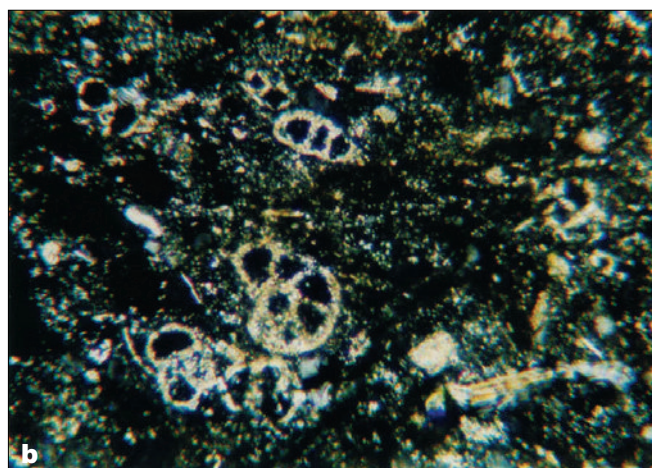
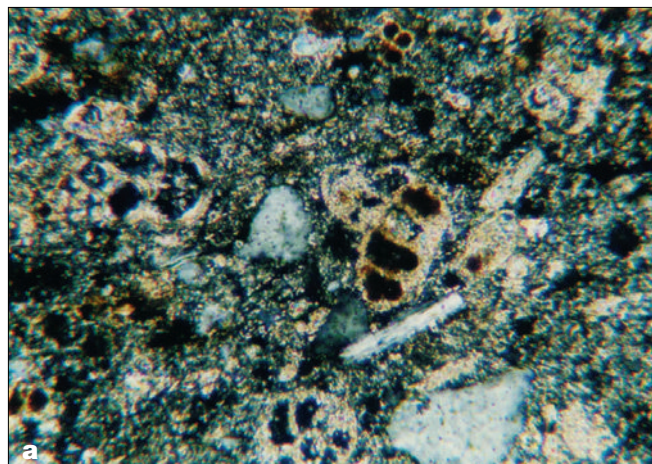
Obr. 7: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, struktura sedimentů, prachovitý vápenec – kalovec: a – prachovitý vápenec, ZB – 17, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, struktura sedimentu, pyritizace, prachová příměs; b – prachovitý vápenec, usměrněná textura, ZB – 17, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, struktura sedimentu, pyritizace, prachová příměs.

krit – sparit) a **křemen** ve formě klastické a chemogenní (diagenetické). Vedlejší podíl mohou tvořit **jílové minerály** (především kaolinit, illit, v omezené míře I-M struktury). Ostatní minerály jsou zastoupeny zpravidla v akcesorickém množství (pod 2 %).

Za účelem stanovení příslušnosti odebraných opukových hornin k bělohorskému souvrství (spodnímu turonu) české křídové pánve bylo provedeno vyhodnocení metodou **rentgenové difrakce** (XRD) v Ústavu nerostných surovin Kutná Hora – Výzkum, s. r. o. Cílem tohoto vyhodnocení bylo porovnání mineralogického složení hodnocených vzorků a databáze mineralogických vyhodnocení sedimentů bělohorského souvrství české křídové pánve (autorův archiv). Pro horniny tohoto souvrství je **charakteristická jednoduchá asociace minerálů**, tvořících jeho sedimenty. Základními minerály jsou zde **křemen** a **kalcit**, jejichž kvantitativně převažující zastoupení doplňují **živce** (ortoklas, plagioklas), **slídy** (muskovit) a **kaolinit**. U mladších souvrství křídové pánve je tato asociace minerálů výrazně složitější, především v zastoupení jílových minerálů a dalších forem křemene a slíd. Odebrané horniny („opuky“) byly pro vyhodnocení rentgenovou difrakční metodou rozděleny na vzorek **zvětralého povrchu portálu** („stará opuka“) a **neporušené horniny** („nová opuka“) v podloží sejmutých omítek.



Obr. 8: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, struktura hornin: a – amfibolit, kutnohorské krystalinikum?, ZB – 1, ZB – 13, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, křemeno-živcový materiál, amfibol, pyroxen; b – pískovec křemenný, silicifikovaný, středně až hrubě zrnitý, ZB – 9, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, struktura sedimentu, srůsty zrn.



Obr. 9: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, struktura sedimentů, bioderit: a – prachovitý vápenec, ZB – 14, zvětšení 126 ×, nikoly X, AMPLIVAL, schránky dírkovců (foraminifer), mikrit, křemenná zrna; b – prachovitý vápenec, ZB – 8, 126 ×, nikoly X, AMPLIVAL, schránky dírkovců (foraminifer), mikrit, křemenná zrna.

V roce 1987 a 1993 publikoval J. Konta analýzy vzorků „zlaté opuky“ z lokality Přední Kopanina u Prahy za účelem srovnání gotické Piety z Bernu. Získané výsledky rozboru tohoto charakteristického kamene českého středověkého stavitelství jeví výraznou shodu s hodnocenými vzorky odebranými z portálu kostela sv. Prokopa v Záboří nad Labem.

Výsledky rentgenografické difrakční analýzy vykazují ve srovnání s mikroskopickým studiem významně vyšší hodnoty obsahu křemene. Tento rozdíl lze vysvětlit optickou nerozlišitelností jeho jemné frakce, tvořené převážně mikro-zrnitým klastickým křemenem (křemenným kalem) a křemenem vzniklým nedokonalou rekrystalizací amorfní hmoty SiO₂ biogenního původu (primární hmoty jehlic hub). Na mikroskopických snímcích tak barevně a strukturně vý-

razný kalcit (okrově žlutý) vytváří zdánlivou kvantitativní převahu nad opticky rozlišitelnými úlomky klastického křemene prachové velikosti. Mikro-zrnitý a nedokonale krystalovaný autigenní křemen se stává „opticky průhlednou“ součástí základní hmoty (matrix) v nerozlišitelné – lutitické frakci.

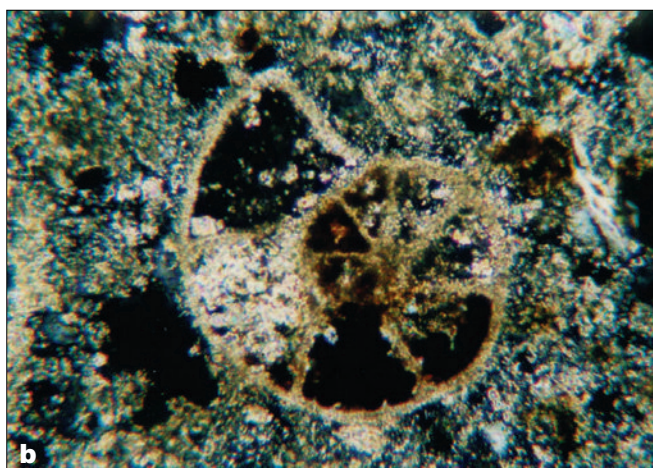
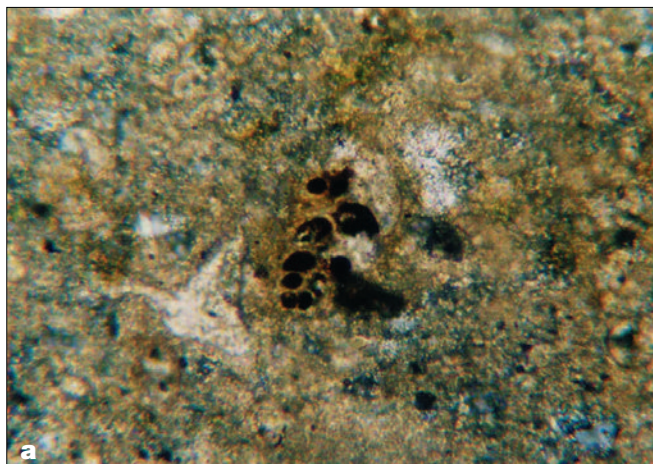
Na mikroskopických snímcích struktury sedimentů bělohorského souvrství se tento proces postupné silicifikace původně karbonátového materiálu bioderitického původu projevuje tzv. „řidnutím kalcitových struktur“ (termín autorův). Příznačným jevem je mizení kalcitu (sparitu) vzniklého při zpevnění (diagenézi) v komůrkách dírkovců (foraminifer) a jinde v intergranulárním prostoru mezi křemennými úlomky (klasty). Na mikroskopických snímcích se

Vzorek druhotně porušené horniny atmosférickými vlivy („stará opuka“)

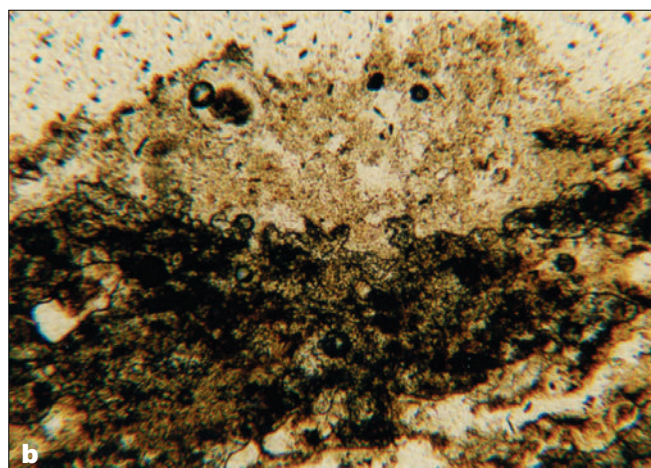
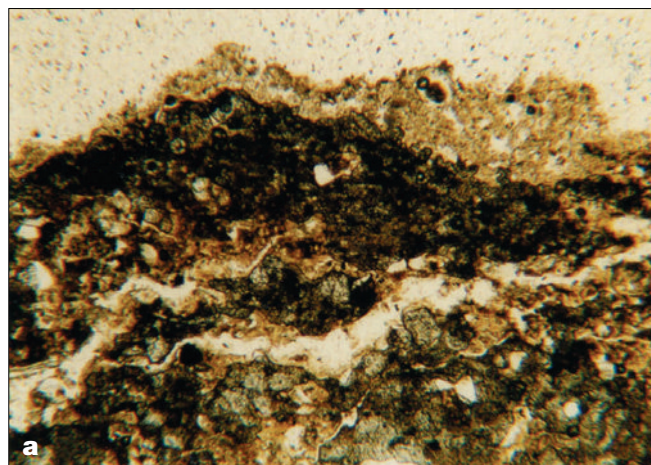
Kvalitativní mineralogické vyhodnocení:	Semikvantitativní mineralogické vyšetření:
křemen	54 %
kalcit	16 %
kaolinit	5 %
K-živce	6 %
slída (přev. muskovit)	3 %

Vzorek neporušené horniny atmosférickými vlivy („nová opuka“)

Kvalitativní mineralogické vyhodnocení:	Semikvantitativní mineralogické vyšetření:
křemen	50 %
kalcit	20 %
kaolinit	15 %
K-živce	6 %
slída (přev. muskovit)	4 %



Obr. 10: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, látkové složení sedimentů, pyritizace: a – prachovitý vápenec, ZB – 17, zvětšení 126 ×, nikoly X, AMPLIVAL, gravitační pyritizace komůrek dírkovců, mikrit; b – prachovitý vápenec, ZB – 6, zvětšení 126 ×, nikoly X, AMPLIVAL, gravitační pyritizace komůrek foraminifer, kulčkový pyrit.



Obr. 11: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, destrukce povrchové vrstvy horniny, fyzikálně-mechanické poškození: a – vápenatý prachovec s písčitou příměsí, ZB – 5, zvětšení 32 × nikoly II, AMPLIVAL, struktura povrchové vrstvy, zněčištění, dilatace; b – vápenatý prachovec s písčitou příměsí, ZB – 5, zvětšení – 63 × nikoly II, AMPLIVAL, struktura povrchové vrstvy, zněčištění, dilatace.

objevují tmavá (načernalá) místa vlivem průchodu polarizovaného světla materiálem horniny, u níž mizí charakteristická okrová barva kalcitu. Lokálně vznikají již opticky rozlišitelná silicifikační centra, tvořená zrnitým až paprscitě vláknitým chalcedonem.

Makroskopicky se projevuje výše popsaná silicifikace snížením objemové hmotnosti horniny (J. Konta uvádí $1,97 \text{ g.cm}^{-3}$ pro zlatou opuku) často popisované jako „odvápnění“. Hornina je nápadně lehká a porézní. Měřená porozita dosahuje až 25 % (J. Konta – 25,2 %). Nápadné je rovněž laboratorně zjistitelné snižování specifické hmotnosti z okolí $2,71 \text{ g.cm}^{-3}$ (vápenatý prachovec – kalovce) na hodnoty v okolí $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (silicifikované „opuky“).

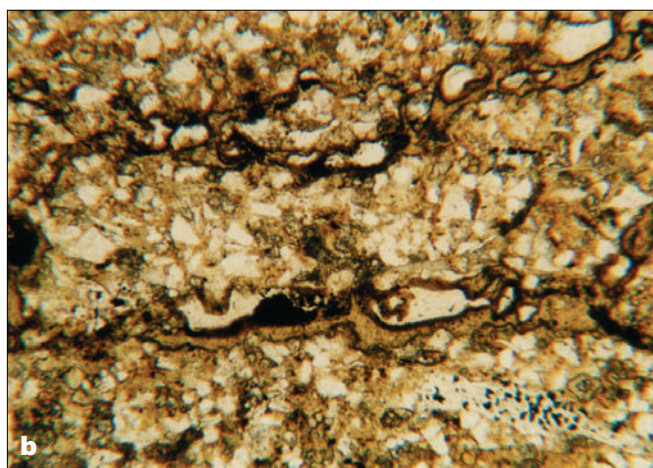
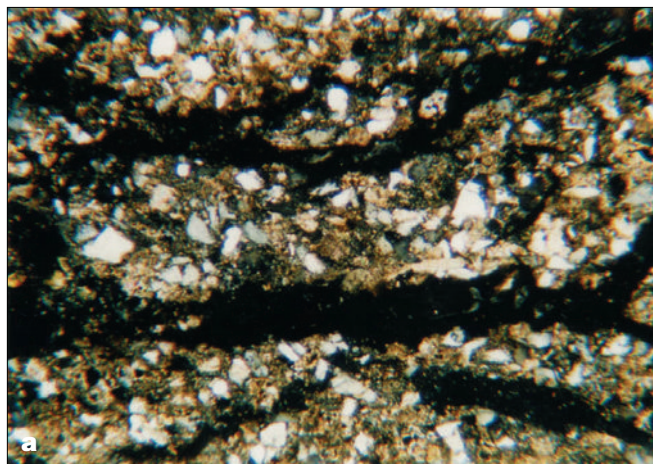
Semikvantitativní mineralogické vyhodnocení vzorků

	Záboří nad Labem		Přední Kopanina
	„stará opuka“	„nová opuka“	
křemen	54 %	50 %	50,3 %
kalcit	16 %	20 %	28,1 %
kaolinit	5 %	15 %	8,8 %
K-živec	6 %	6 %	akcesorický
slída	3 %	4 %	11,2 %
			(illit + glaukonit)

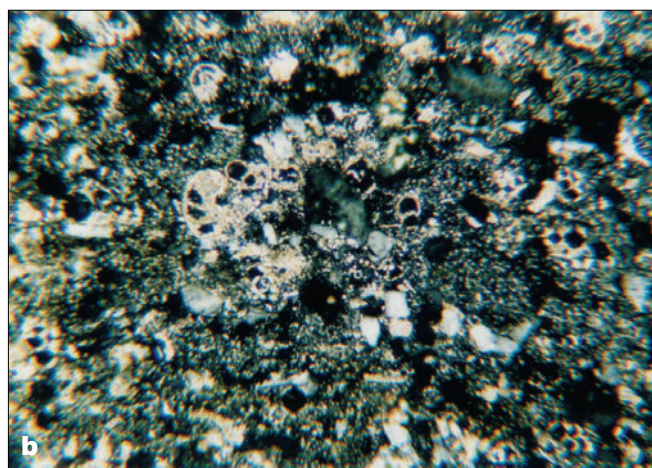
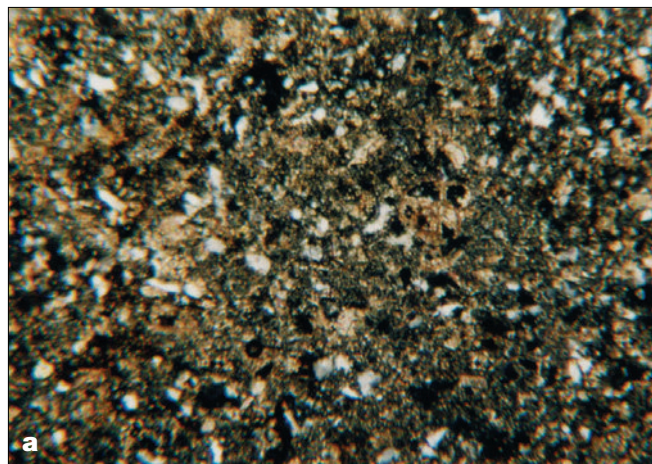
Z ostatních litologicky odlišných hornin, použitých při stavbě portálu, byly zjištěny **amfibolity** pravděpodobně kutnohorského krystalinika, ze kterých byly zhotoveny základové desky a kvádry **hrubozrnného křemenného písčovce**, tvořící horizontální řadu pod vápencovými bloky patek sloupků. Historicky byly tyto bloky „využity“ k symbolickému broušení ostří zbraní (zářezy v kameni). Původ těchto čistě křemenných, silicifikovaných písčovců není znám. Jednoznačně převažujícím typem použitých hornin při konstrukci portálu jsou však **prachovité vápence** a **vápenné prachovce s písčitou příměsí** svrchnokřídového původu.

DESTRUKCE POUŽITÝCH HORNIN (KAMENE)

Mikroskopicky sledovatelné poruchy hodnocených sedimentárních hornin lze rozdělit do dvou odlišných kategorií. První kategorií jsou poruchy fyzikálně-mechanické, druhou kategorií je proces vzniku depozitů sekundárních minerálů ve struktuře sedimentů. Tato kategorie se však v konečném dopadu vlivu na vlastnosti horniny stýká s kategorií první, neboť vznikající minerály zpravidla negativně ovlivňují její fyzikálně-mechanické parametry.



Obr. 12: Záboří nad Labem, kostel sv. Prokopa, portál, destrukce povrchové vrstvy horniny, povrchové úpravy: a – vápnitý prachovec s písčitou příměsí, ZB – 7, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, pronik impregnační látky do dilatačních trhlin; b – vápnitý prachovec s písčitou příměsí, ZB – 7, zvětšení 32 ×, nikoly II, AMPLIVAL, pronik impregnační látky do dilatačních trhlin.



Obr. 13: Praha, Anežský klášter, „opukový“ kámen, srovnávací materiál: vápenatý prachovec – prachovitý vápenec, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, struktura sedimentu, prachová klastika, kalcit (mikrit, sparit); b – vápenatý prachovec – prachovitý vápenec, zvětšení 63 ×, nikoly X, AMPLIVAL, zvýšený obsah zachovaných schránek dírkovců.

FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÉ PORUCHY POUŽITÝCH HORNIN

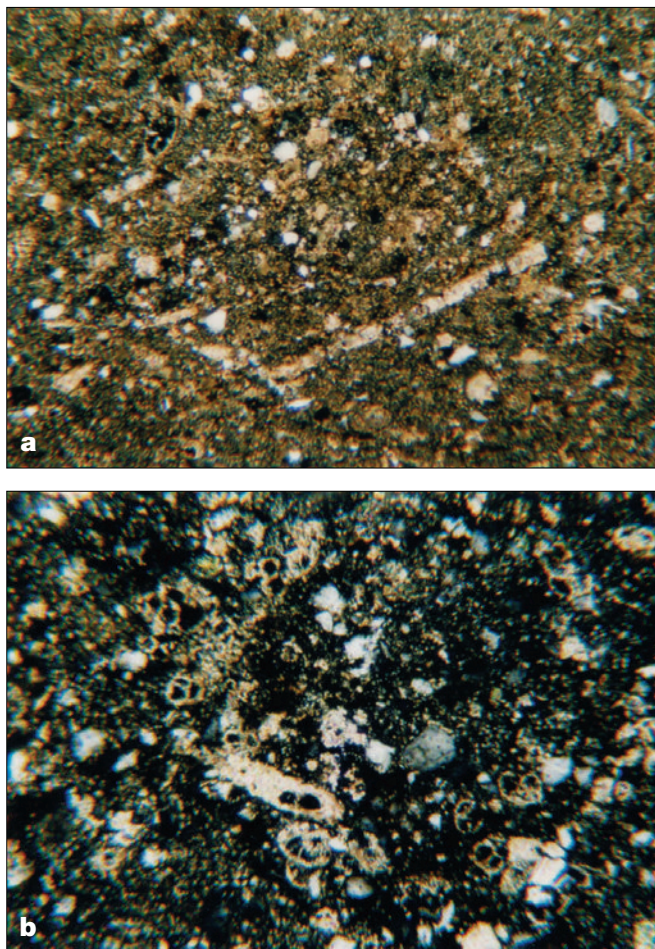
Tato kategorie poruch se zpravidla projevuje vznikem dilatačních trhlin subparalelních s povrchem kamene. Jejich délka a oddálení stěn jsou různé. Vzniklý prostor je buď volný, nebo je zčásti zaplněn sekundárními depozity nečistot a sádrovcových agregátů. Při hodnocení odebraných vzorků vzniká dojem, že méně výrazné jsou dilatační systémy v prachovitých vápencích, kde v okolí jejich průběhu nabývá převahy chemické zvětrávání horniny. U prachovitých forem sedimentu (vápnitých prachovců) je mechanické porušení horniny výraznější, avšak chemické procesy méně intenzivní. Tento závěr je však nutno ověřit na větším počtu vzorků. V několika případech lze sledovat použití neznámé, amorfni konzervační či hydrofobizační látky. Na řadě vzorků jsou pozůstatky maltových směsí různého složení a původu.

VZNIK DEPOZITŮ SEKUNDÁRNÍCH MINERÁLŮ

V této kategorii je základním sekundárním minerálem především sádrovec v různých krystalizačních formách (zrnitý, vláknitý) a v různé pozici vzhledem k povrchu použitého kamene. Zrnitá forma sádrovce je charakteristická pro

povrchové krusty a výplně dilatačních trhlin v přípovrchové zóně. Radiálně paprscitá či vláknitá forma je naopak příznačná pro vznik sádrovcových krystalizačních center uvnitř sedimentu (mimo atmosférické vlivy). U této formy je nutno upozornit na její genetické sepejetí s přítomností zvýšené míry pyritizace a jejich sekundárních produktů (oxidů Fe, limonitu). Sádrovcové agregáty uvnitř horniny tlačují mikritovou, ale především sparitovou karbonátovou hmotu, ve víceméně kulovitých (sférických) útvarech. Charakteristické, avšak méně časté, jsou zrnité, sádrovcové výplně v komůrkách schránek přítomných dírkovců (foraminifer).

Sádrovcová křusta na povrchu kamene má charakteristický vývoj. Její kontakt se „zdravou“ horninou je buď pozvolný (difúzní), nebo ostře ohraničený jak látkově, tak barevně. Tento vývoj je charakteristický více pro vápnité prachovce. Zvláštní formou zastižené chemické destrukce struktury kamene je proces koroze karbonátové hmoty v přípovrchové zóně prachovitého vápence, kdy je karbonátová hmota kamene silně porézní, avšak není zaplněna sekundárními depozity (nečistotami, sádrovcem). Je otázkou, zda nebyly v předchozí etapě látkového vývoje přípovrchové zóny kamene rozpuštěny (vymyty) atmosférickou vodou.



Obr. 14: Praha, katedrála sv. Víta, socha sv. Václava, „opukový“ kámen, srovnávací materiál: a – vápenatý prachovec – prachovitý vápenec, zvětšení 32 ×, nikoly X, AMPLIVAL, struktura kamene, prachové klasty, mikrit, kalcif, jehlice; b – vápenatý prachovec – prachovitý vápenec, zvětšení 63 ×, nikoly X, AMPLIVAL, zvýšený obsah zachovaných schránek dírkovců.

ZÁVĚR

V souvislosti s probíhajícími restaurátorskými pracemi na portálu kostela sv. Prokopa v Záboří nad Labem byl proveden petrologický průzkum kamene. Posuzován byl především horninový materiál portálu. Neomítnuté zdivo kostelní lodi umožnilo rovněž petrologické posouzení této části stavby.

V původním zdivu kostela převažují kvádry křemenných pískovců s proměnlivou zrnitostí a charakteristickou žilnatou texturou. Stratigraficky je lze s vysokou mírou pravděpodobnosti přiřadit k sedimentům perucko-korycanského souvrství svrchní křídly. Lokalita jejich těžby nebyla dosud nalezena. Na základě intenzivního puklinového poškození lze předpokládat, že zdroj kamene ležel v blízkosti

tektonického pásma (železnohorský zlom?). Silně poškozené kvádry téhož pískovce byly nalezeny rovněž v konstrukci věže.

V menší míře se ve zdivu kostela uplatňují kvádry biotritických písčitých vápenců. Největší rozsah jejich použití lze sledovat na západní stěně, kde tvoří podezdívku stavby a konstrukčně zajímavou souvislou vrstvu vápenců na výšku jedné řady kamene. Je možné předpokládat, že tato vrstva má při vysoké porositě kamene a velikosti pórů funkci přerušení vzlinání vlhkosti zdiva. Ojedinelé použití biotritického vápence bylo zjištěno po sejmutí omítek také na věži kostela. Vápence pocházejí z příbojové facie bělohorského souvrství svrchní křídly patrně z okolí Kutné Hory.

Mladší dostavby k lodi kostela (sakristie) a zazdívký ve věži jsou z hornin nedalekého krystalinika (ruly, migmatity, amfibolity).

Portál kostela je postaven převážně z opuk. Restaurátorské práce umožnily odebrat vzorky jak odkryté, neporušené horniny ve vnitřní části kostela, tak horniny navětralé z exponovaného povrchu portálu. Posouzen byl rovněž materiál dřiků sloupů a hlavic ve vnitřní části předsíně kostela. Horniny („opuky“) portálu jsou tvořeny vápenatými prachovci s písčitou příměsí a prachovitými vápenci (kalovci). Charakteristická okrová barva, nízká hmotnost, zvýšená pevnost, miskovitý lom a další pozorované vlastnosti sedimentů vedou k závěru, že materiálem použitým k výstavbě portálu jsou opuky pražského regionu („zlaté opuky“?) či horniny jim litologicky velmi blízké. O příslušnosti k sedimentům bělohorského souvrství nasvědčuje též jejich specifické mineralogické složení, zjištěné rentgenovou difrakční analýzou a porovnané s archivními výsledky pražských opuk (Anežský klášter, sv. Václav v katedrále sv. Víta, klášter sv. Tomáše a j.). Pro import materiálu portálu též svědčí fakt, že v okolí posuzované lokality nejsou známy lomy, v nichž by byl téžen litologicky identický materiál.

Destrukce horniny probíhá subparalelně s povrchem, který je často totožný s usměrněním struktury a textury sedimentu. V důsledku vzniku mikroskopických dilatačních ploch, predisponovaných nahromaděním kalové složky sedimentu s vyšším obsahem jílových minerálů (přev. kaolinitu), dochází k šupinatému (lístkovitému) rozpadu povrchu kamene. Příčinou nižšího stupně pevnosti kalových lamin v sedimentu jsou primárně snížené účinky zpevnění (diagenese) v důsledku přítomnosti jílových minerálů ve struktuře horniny. Vzniklých nehomogenit povrchu kamene využívají sekundární minerály (převážně sádrovec) a zasakující nečistoty spolu s atmosférickou vodou. Destrukce povrchu je tak kombinací fyzikálně mechanického a chemického zvětrávání.

DIE GESTEINSKUNDEUNTERSUCHUNG DES SÜDPORTALS VOM SCHIFF DER KIRCHE DES HL. PROKOP IN ZÁBOŘÍ AN DER ELBE

Im Zusammenhang mit den Restaurierungsarbeiten am Portal der Hl. Prokopkirche in Zábory (Zabory) a. d. Elbe (Kreis Mittelböhmen, Bez. Kutná Hora [Kuttenberg]) wurde der Stein auch der Gesteinskundeuntersuchung unterworfen. Man untersuchte vor allem das Gestein des Portals. Das rohe Kirchenschiffsmauerwerk ermöglichte auch die Gesteinsanalyse dieses Kirchenteils.

Im ursprünglichen Mauerwerk der Kirche überwiegen die Quader vom Quarzsandstein mit veränderlicher Korngröße und der charakteristischen adrigen Textur. Stratigrafisch sind sie mit hoher Wahrscheinlichkeit den Sedimenten der Peruc-Korycaner Oberkreideschichten zuzuordnen. Ihre Herkunft ist bislang noch nicht erklärt. Mit Rücksicht zur intensiven Rissbeschädigung lässt es sich vermuten, dass der Stein in der Nähe einer tektonischen Zone (wohl der Störung vom Eisengebirge?) seinen Ursprung nahm. Stark beschädigte Quader vom selben Sandstein befanden sich auch in der Turmkonstruktion.

Im geringeren Maß kommen im Mauerwerk der Kirche auch die Quader von biodetritischen Kalksteinarten zur Geltung. Das größte Ausmaß ihrer Anwendung lässt sich an der Westseite betrachten, wo sie die Grundmauer und eine vom Konstruktionsgesichtspunkt interessante, diese Schicht möge bei der hohen Steinporosität und Porengröße den Abbruch der Kapillarattraktion der Mauerwerksfeuchtigkeit als Funktion haben. Die vereinzelt biodetritischen Kalksteinblöcke stellte man auch nach der Putzentfernung am Kirchturm fest. Der Kalkstein stammt wohl aus der Brandfazie von Weißberg-(Peruc-Korycaner?)-Oberkreideschichten vielleicht aus der Umgebung Kuttenbergs.

Die späteren Zubauten zum Kirchenschiff (Sakristei) und Plomben im Turminnen sind aus den Gesteinen vom unweiten Krystallinikum (Gneis, Migmatit, Amphibolit).

Das Kirchenportal ist überwiegend aus Pläner gemeißelt. Die Restaurierungsarbeiten ermöglichten die Proben sowohl vom freigelegten unbeschädigten Stein im Kircheninneren als auch vom verwitterten Material aus der Außenseite zu entnehmen. Man untersuchte auch das Material der Säulenschäfte und -kapitelle in den inneren Partien der Kirchenvorhalle. Die Gesteine (Pläner) am Portal bestehen aus kalkhaltigem Schluffstein mit beigemischtem Sand und feinkristallinem Kalkstein (Schlammkalkstein). Die charakteristische Ockerfarbe, niedriges Gewicht, erhöhte Festigkeit, Schalenbruch und weitere beobachtete Eigenschaften der Sedimente führen zum Schluss, das verwendete Material zum Bau des Portals wären die Pläner aus der Prager Region (Goldpläner?) oder das lithologisch sehr nahe Gestein. Die Angehörigkeit zu den Sedimenten der Weißberg-Oberkreideschichten bezeugt auch ihre mittels der Roentgen-Diffraktionsanalyse festgestellte und mit den Archivergebnissen der Prager Plänerproben (aus dem Kloster der hl. Agnes, der Statue hl. Wenzels im St. Veitsdom, dem Kloster zum hl. Thomas u. a.) verglichene spezifische mineralogische Konstitution. Die Möglichkeit der Zufuhr des Materials fürs Portal unterstützt auch die Tatsache, dass in der Umgebung der untersuchten Ortschaft keine Brüche zum Abbau des lithologisch identischen Gesteins bekannt sind.

Die Gesteinsdestruktion verläuft subparallel mit der Oberfläche, die oft mit der Orientierung der Sedimentsstruktur und -textur identisch ist. Infolge der Entstehung mikroskopischer Dillatationsflächen durch Häufung des Schlammanteils vom Sediment mit höherem Inhalt von Mergelmineralien (überwiegend vom Kaolinit) kommt es zum schuppenartigen (blattartigen) Zerfall der Steinoberfläche. Die Ursache der niedrigeren Festigkeitsstufe der Schlamm lamini im Sediment bilden die primär reduzierten Verfestigungswirkungen (Diagenesis) in Konsequenz des Mergelmineralieninhaltes in der Gesteinsstruktur. Die entstandenen Unhomogenitäten der Oberfläche nutzen Sekundärmineralien (vor allem der Gipsstein) und die zusammen mit dem Niederschlagswasser einsickernden Verunreinigungen aus. Die Oberflächendestruktion stellt somit eine Kombination der physikalisch-mechanischen und chemischen Verwitterung dar.

ABBILDUNGEN

Abb. 1: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche. Materialstruktur des Gesteins an der Westwand der Kirche (alle Fotos des Autors, sonst angegeben).

Abb. 2: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche. Materialstruktur des Gesteins an der Westwand der Kirche.

Abb. 3: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche. Quarzsandstein, gleichmäßig körnig, mit Zusatz von Grobklastik, Oberkreide – (Meeres-?) Zänoman (Foto D. Smutek).

Abb. 4: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche. Quarzsandstein, mittel- bis feinkörnig, sekundäre Verfestigung der Beschädigung durch Risse, Oberkreide – (Süßwasser-?) Zänoman (Foto D. Smutek).

Abb. 5: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche: a – Destruktion schluffiger Kalksteine als Decke der Sandsteinblöcke; b – Destruktion schluffiger Kalksteine als Decke der Sandsteinblöcke.

Abb. 6: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche. Zusammensetzung der Sedimente, kalkhaltige Schluffsteine, sandig: a – kalkhaltige Grauwacke mit sandiger Zumischung, ZB – 17, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, klassischer Quarz, Biodetrit (Kalzit); b – Schluffstein mit sandiger Zumischung, ZB – 17, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, klassischer Quarz, Biodetrit (Kalzit).

Abb. 7: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Zusammensetzung der Sedimente, feinkristalline Kalksteine – Schlammkalksteine: a – Schlammkalkstein, ZB – 17, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Zusammensetzung des Sedimentes, Pyritisation, Staubzumischung; b – Schlammkalkstein, gerichtete Textur, ZB – 17, Nikole X, AMPLIVAL, Struktur des Sedimentes, Pyritisation, Staubzumischung.

Abb. 8: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Zusammensetzung der Sedimente: a – Amphibolit, Kuttenberger Krystallinikum?, ZB – 1, ZB – 13, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Quarz-Spatmaterial, Amphibol, Pyroxen; b – Quarzsandstein silifiziert, mittel- bis grobkörnig, ZB – 9, Vergrößerung, Nikole X, AMPLIVAL, Sedimentsstruktur, Kornadhäsionen.

Abb. 9: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Zusammensetzung der Sedimente, Biodetrit: a – Schlammkalkstein, ZB – 14, Vergrößerung, Nikole X, AMPLIVAL, Schalen der Kammerlinge (Foraminiferen), Mikrit, Quarzkörner; b – Schlammkalkstein, ZB – 8, Vergrößerung 126 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Kammerlings- (Foraminiferen-) Schalen, Mikrit, Quarzkörner.

Abb. 10: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Stoffzusammensetzung der Sedimente, Pyritisation: a – schluffiger Kalkstein, ZB – 17, Vergrößerung 126 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Gravitationspyritisation der Kammerlingskammern, Mikrit; b – schluffiger Kalkstein, ZB – 6, Vergrößerung 126 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Gravitationspyritisation der Foraminiferenkammern, Kugelpyrit.

Abb. 11: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Destruktion der Gesteinsoberfläche, physikalisch-mechanische Beschädigung: a – schluffiger Kalkstein mit sandiger Zumischung, ZB – 5, Vergrößerung 32 ×, Nikole II, AMPLIVAL, Struktur der Oberfläche, Verunreinigung, Dilatationen; b – schluffiger Kalkstein mit sandiger Zumischung, ZB – 5, Vergrößerung – 63 ×, Nikole II, AMPLIVAL, Struktur der Oberfläche, Verunreinigung, Dilatationen.

Abb. 12: Zábory a. d. Elbe, Hl. Prokopikirche, Portal, Destruktion der Gesteinsoberfläche, Oberflächeneingriffe: a – schluffiger Kalkstein mit sandiger Zumischung, ZB – 7, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Penetration des Imprägnierungsstoffes in die Dilatationsrisse; b – schluffiger Kalkstein mit sandiger Zumischung, ZB – 7, Vergrößerung 32 ×, Nikole II, AMPLIVAL, Penetration des Imprägnierungsstoffes in die Dilatationsrisse.

Abb. 13: Prag, Hl. Agneskloster, „Pläner“ als Vergleichsmaterial: schluffiger Kalkstein – Schlammkalkstein, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Sedimentsstruktur, Staubklastik, Kalzit, (Mikrit, Spatit); b – schluffiger Kalkstein – Schlammkalkstein, Vergrößerung 63 ×, Nikole X, AMPLIVAL, erhöhter Inhalt der erhaltenen Foraminiferenschalen.

Abb. 14: Prag, St. Veitsdom, Skulptur des hl. Wenzel, „Pläner“ als Vergleichsmaterial: a – schluffiger Kalkstein – Schlammkalkstein, Vergrößerung 32 ×, Nikole X, AMPLIVAL, Steinstruktur, Staubklast, Mikrit, Kalzit, Nadeln; b – schluffiger Kalkstein – Schlammkalkstein, Vergrößerung 63 ×, Nikole X, AMPLIVAL, erhöhter Inhalt der erhaltenen Foraminiferenschalen.

(Übersetzung J. Noll)