

# Zkušenosti s konsolidací kamene epoxidovými pryskyřicemi

Petr KOTLÍK

**ANOTACE:** Článek shrnuje na základu mnohaleté autorovy zkušenosti metodu impregnace epoxidovou pryskyřicí, které se využívá pro konsolidaci kamenných objektů. Autor se v článku snaží postihnout, jaká jsou kritéria pro odpovídající technologický postup a úspěšné využití impregnace epoxidovou pryskyřicí v památkové, respektive restaurátorské praxi. Uplatnění metody je doloženo na několika příkladech.

## Úvod

V současné době jsou pro konsolidaci kamenných objektů z polymerních konsolidantů nejčastěji používány estery kyseliny křemičité – organokřemičitany.<sup>1</sup> Mají řadu výhod – dobře penetrují do pórů kamene, jsou velice odolné vůči stárnutí, snadno se aplikují a výsledná zpevňující látka (modifikovaný gel oxidu křemičitého) je příbuzná přírodnímu křemenu, proto jsou také pracovníky památkové péče akceptovány jako vhodné konsolidační materiály. Někdy ovšem nemusí být jejich konsolidační účinek dostačující, a tak bývají kombinovány ještě s akryláty, případně s jinými polymery.<sup>2</sup> Z různých důvodů jsou však tyto systémy v praxi používány méně často.<sup>3</sup> Pro konsolidaci porézních kamenů byly ověřovány i možnosti využití jiných polymerních konsolidantů, např. polyakrylátů (roztoků Paraloidu B72, polymerace monomerního metakrylátu přímo v kameni) nebo polyizokyanátů (prostředky Raboseal).<sup>4</sup> Technologické obtíže při jejich aplikaci, horší penetrační vlastnosti nebo zvýšené riziko pro ošetřovaný kámen jsou v těchto případech zpravidla příčinou jejich omezeného využití.

V praxi některých restaurátorů našli uplatnění i další zástupci ze skupiny polymerů – epoxidové pryskyřice. Vynikají především výbornou adhezí k většině materiálů včetně silikátů. V památkové praxi se používají nejčastěji jako lepidla, od 70. let minulého století jako pojivo umělého kamene,<sup>5</sup> ale lze je použít také jako velmi účinný konsolidant porézních materiálů.<sup>6</sup> Na rozdíl od častěji používaných organokřemičitanů však běžné typy epoxidů méně odolávají UV záření a jejich aplikace je technologicky náročnější. Vytvrzování většiny epoxidových systémů je velmi citlivé na přítomnost vlhkosti a špatně probíhá i při teplotě pod 15 °C. Největším problémem při používání epoxidových pryskyřic pro konsolidaci porézních materiálů je však jejich vyšší viskozita a z toho plynoucí obtížná penetrace. Proto také počáteční zkušební konsolidace kamenných objektů epoxidovými pryskyřicemi skončily většinou neúspěš-

ně, což zmíněný typ zpevnění na delší dobu vyřadilo z restaurátorské praxe. Přesto na některých pracovištích výzkumné práce v tomto směru dále pokračovaly.<sup>7</sup>

## ■ Poznámky

**1** Autor děkuje restaurátorovi ak. sochaři Jarmilu Plachému za cenné informace o praktickém používání epoxidových pryskyřic pro zpevnění pískovců a poskytnutí dokumentačních materiálů.

**2** Jan Bárta – Jiří Rathouský, Historie českých organokřemičitých konzervantů, in: *Organokřemičitany v české památkové praxi*, Praha 2008, s. 21–27. George Wheeler, *Alkoxysilanes and the Consolidation of Stone*, Los Angeles 2005, s. 5, 70, online: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/alkoxysilanes\\_vl\\_opt.pdf](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/alkoxysilanes_vl_opt.pdf), vyhledáno 13. 12. 2019.

**3** Nejčastěji byly zkoušeny kombinace organokřemičité sloučeniny s akrylátovými kopolymery. Existují také komerční prostředky tohoto typu. Jejich formulování naráží především na obtíže s výběrem vhodného rozpouštědla. Zatímco akrylát je dobře rozpustný např. v aromatických rozpouštědlech, organokřemičitan vyžaduje polárnější typ rozpouštědla, nejčastěji alkohol. Předpokládalo se, že dobře penetrující ester kyseliny křemičité pronikne do větší hloubky. Jeho zpevňující účinek je ve srovnání s akrylátem menší, avšak ve větší vzdálenosti od povrchu dostatečný. Naopak druhá složka – akrylát – má vyšší zpevňující účinek, který se však projeví především v povrchové vrstvě, protože penetrační schopnost polyakrylátu je ve srovnání s organokřemičitanem horší. Je zřejmé, že zpevňující schopnost takovýchto směsí ve větší hloubce od povrchu je tedy akrylátem ovlivněna zcela minimálně a blíží se účinku čistého organokřemičitanu.

**4** Zdena Šedivá – Petr Kotlík, Raboseal – nové konsolidanty pro kámen, *Kámen* 2, 1995, č. 2, s. 135–143.

**5** Jiří Rathouský – Oldřich Kruchňa, Příspěvek ke komplexnímu způsobu restaurování kamene, in: *Sborník semináře Koroze a konzervace kamenných objektů*, Praha 1978, s. 28–37. – Martina Hucková – Petr Kotlík, Umělý kámen s epoxidovým pojivem v památkové péči. Část 1 – stav a příčiny koroze objektů z umělého kamene. *Zprávy památkové péče* LXIX, 2009, č. 6, s. 458–464.



1

Obr. 1. Zkušební pískovcový blok impregnovaný epoxidovou pryskyřicí, Areál VŠCHT, Praha-Dejvice, stav 35 let po impregnaci. Foto: Petr Kotlík, 2019.

**6** Petr Kotlík – Jiří Zelinger, Možnosti využití epoxidových pryskyřic při konzervování a restaurování kamenných objektů, in: *Sborník VŠCHT Praha S10*, Praha 1983, s. 145–163.

**7** Petr Kotlík – Jiří Zelinger, Physical Properties of Sandstone on Impregnation with Organosilicon Consolidants and Epoxy Resin, in: *Sborník VŠCHT Praha S10*, Praha 1983, s. 129–143. – Petr Kotlík – Petr Justa – Jiří Zelinger, The Application of Epoxy Resins for the Consolidation of Porous Stone, *Studies in Conservation* 28, 1983, č. 2, s. 75–79. – Wiesław Domasłowski, Badania nad strukturalnym wzmocnieniem kamieni roztworami żywic epoksydowych, in: *Biblioteka muzealnictwa i ochrony zabytków*, seria B, tom 15, Varšava 1966. – Wiesław Domasłowski, L'Affermissement Structural des Pierres Avec des Solutions a Base de Resines Epoxydes, *Conservation of Stone and Wood Objects*, 1970, s. 85–101. – Charles Selwitz,

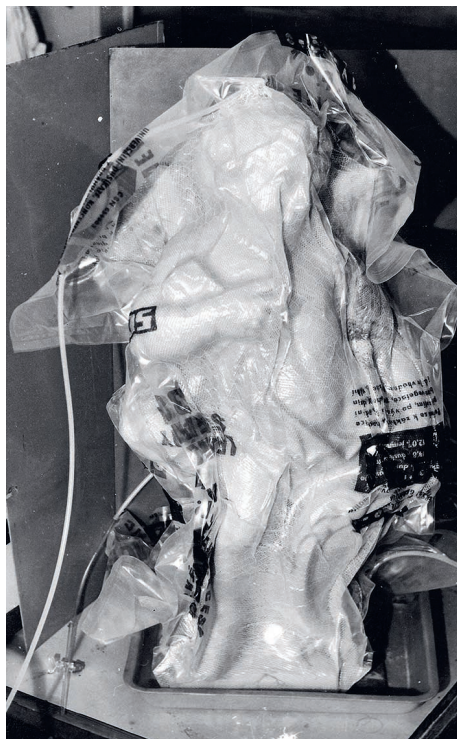




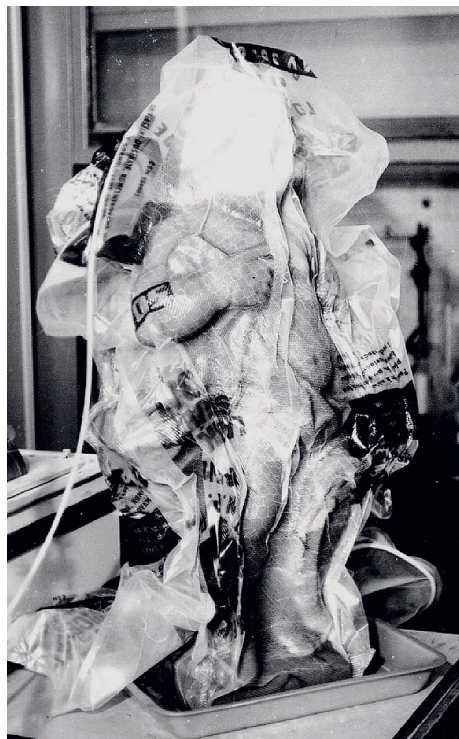
2



3



4



5

Obr. 2. Pískovcová kopie barokní sochy anděla z morového sloupu v Jablonném v Podještědí, stav před impregnací. Foto: Petr Kotlík, 1981.

Obr. 3. Pískovcová kopie sochy anděla zabalená v polyetylenové síti. Foto: Petr Kotlík, 1981.

Obr. 4. Pískovcová kopie sochy anděla při odsávání vzduchu z plastového obalu. Foto: Petr Kotlík, 1981.

Obr. 5. Pískovcová kopie sochy anděla v průběhu vakuové impregnace, kapalina dosahuje ke krku sochy. Foto: Petr Kotlík, 1981.

#### Některé případy penetrace epoxidovými pryskyřicemi

Pro úspěšnou konsolidaci epoxidovými pryskyřicemi je nutno vyřešit především jejich hlavní problém – nižší penetrační schopnost, která, jak bylo uvedeno, je důsledkem vyšší viskozity výchozího produktu. Rizikem je v takovém případě vznik velmi zpevněné povrchové vrstvy s vlastnostmi výrazně odlišnými od zbytku zpevňované hmoty. Přídavkem vhodného rozpouštědla lze však počáteční viskozitu epoxidu dostatečně snížit a tím jeho penetrační schopnost zlepšit. Takzvaná reaktivní rozpouštědla (např. lineární nízkomolekulární epoxidové pryskyřice typu butanediol diglycidyl ether) zůstávají po vytvrzení zabudovaná v polymerní síti pryskyřice a z produktu neodcházejí. Běžná organická rozpouštědla se po impregnaci a vytvrzení pryskyřice odpařují, což do značné míry zaručuje zachování možnosti průchodu plynů a par zpevněnou vrstvou kamene.

Konečnou pevnost získají epoxidové pryskyřice vytvrzením, tj. reakcí s vhodným tvrdidlem. Experimenty ukázaly, že průběh vytvrzování i kvalitu výsledného produktu ovlivňuje typ a množství rozpouštědla. Ze zkoumaných rozpouštědel (což jsou například aromatické uhlovodíky toluen a xylen, dále aceton, alkoholy metanol a etanol, chlorované uhlovodíky jako např. chloroform, případně směsi uvedených látek) se nejlépe osvědčily směsi aromatického uhlovodíku (zpravidla toluenu) a alkoholu (obvykle etanolu). Poměrem těchto složek je možno v určitém rozsahu ovlivňovat rychlost vytvrzování, což v praxi může být užitečné.<sup>8</sup>

Další podmínkou pro zajištění dostatečné hloubky penetrace epoxidů je použití účinné aplikační metody. Zkušenosti ukázaly, že běžné způsoby nanášení štětcem či postřikem jsou v případě kamene málo účinné, při jejich použi-

#### ■ Poznámky

Epoxy Resins in Stone Conservation: Research in Conservation 7, Marina del Rey 1992, online: <http://d2aohiyo3d3idm.cloudfront.net/publications/virtuallibrary/0892362383.pdf>, vyhledáno 13. 12. 2019. – William S. Ginnell – Petr Kotlík – Charles Selwitz – George Wheeler, Recent Developments in the Use of Epoxy Resins for Stone Consolidation, in: Pamela B. Vandiver (ed.), *Symposium – Materials Issues in Art and Archaeology IV: symposium held May 16–21, 1994, Cancun, Mexico*, s. 823–829, Pittsburgh 1995. – María José Varas-Muriel et al., Effect of conservation treatments on heritage stone: Characterisation of decay processes in a case study, *Construction and Building Materials*, 2015, č. 95, s. 611–622. – Petr Kotlík – Ivana Picková – Jiří Zelinger, Sítování epoxidových pryskyřic v přítomnosti rozpouštědel, in: *Sborník VŠCHT Praha S6*, Praha 1981, s. 87–109.

<sup>8</sup> Kotlík – Picková – Zelinger (pozn. 7).





6

tí je hloubka penetrace velice malá. Nejúspěšnějším způsobem impregnace (a v případě epoxidových pryskyřic prakticky jediným použitelným) je ponoření impregnovaného objektu do konsolidačního roztoku za současného snížení tlaku nad hladinou (metoda zjednodušeně nazývaná jako vakuová impregnace).<sup>9</sup> V některých případech může být rovněž úspěšná beztlaková impregnace pomocí obkladů, jimiž konsolidant „cestuje“ z horního zásobníku do spodní zachytivé nádoby a zároveň jeho část penetruje z obkladu do povrchové vrstvy konsolidovaného objektu pod obkladem. Podmínkou úspěšnosti je v tomto případě dokonalý kontakt obkladu se zpevněným povrchem. To je však obvykle u členitých povrchů obtížně dosažitelné.

Úspěšná konsolidace porézního kamene epoxidovou pryskyřicí tedy vyžaduje volbu nízkomolekulárního epoxidu, vhodného tvrdidla, vhodného rozpouštědlového systému a účinné metody impregnace. Opomenout nelze ani pečlivé dodržování technologického postupu při míchání pryskyřice a tvrdidla (je třeba přesně dodržovat výrobcem doporučený poměr obou složek). Negativní vliv vlhkosti na vytvrzování epoxidů vyžaduje, aby konsolidovaný objekt byl dostatečně vyschlý. Přítomnost většího množství vody v porézním systému kamene nejen zhoršuje penetraci konsolidantu, ale při použití běžných tvrdidel může výrazně zpomalit síťování pryskyřice. Vliv vlhkosti impregnovaného materiálu na vytvrzovací reakci pryskyřice lze omezit použitím speciálních tvrdidel, určených pro vytvrzování epoxidů v přítomnosti vody.<sup>10</sup> Obdobně je třeba zajistit potřebnou teplotu kamene. Obvykle se předpokládá teplota vyšší než dříve zmíněných 15 °C.

Kámen impregnovaný epoxidovou pryskyřicí je do určité míry vodoodpudivý, což ovlivňuje

možnost např. barevné retuše vodnými systémy. Pro úplnost je třeba uvést i fakt, že vytvrzenou epoxidovou pryskyřicí není možno jako sesítovaný polymer znovu rozpustit, a tedy z porézního systému kamene odstranit. To ovšem platí pro všechny typy síťujících polymerů, včetně organokřemičitých konsolidantů.

Použitelnost epoxidové pryskyřice pro konsolidaci kamene byla v někdejší Laboratoři chemie restaurování uměleckých děl Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (dále jen VŠCHT) ověřena např. zpevněním bloku hořického pískovce o velikosti 10 × 10 × 50 cm. Pro tento pokus byl použit roztok nízkomolekulární pryskyřice CHS EPOXY 15 s tvrdidlem P1 (dietylentetraamin – DETA) ve směsi rozpouštědel toluen/etanol v objemovém poměru 2,5 : 1. Koncentrace roztoku byla 35 % hm. Impregnace byla v tomto případě provedena ponořením kamene do roztoku za sníženého tlaku, kamenný blok následně přijal impregnační 1 700 g roztoku. Impregnovaný blok pískovce je více jak 35 let vystaven přirozenému stárnutí, částečně zapuštěný pod úroveň terénu na volném prostředí dvoru areálu VŠCHT, bez jakýchkoliv známek zhoršení stavu kamene, např. vzniku prasklin, odrolování povrchu apod. (obr. 1)

Se zkušenostmi získanými řadou laboratorních zkoušek byla v roce 1981 jako jeden z prvních reálných objektů impregnována roztokem epoxidové pryskyřice kopie barokního andělka vytvořená z hořického pískovce (obr. 2). Restaurátor – autor kopie – chtěl zlepšit vlastnosti použitého kamene a požádal tehdejší laboratoř chemie restaurování uměleckých děl při VŠCHT o pomoc. Jednalo se o jednoho ze čtyř andělků z balustrády morového sloupu v Jablonném v Podještědí. Originál pocházel z roku 1860 a kopie byla vytvořena jako náhrada pů-

Obr. 6. Pískovcová kopie sochy anděla v průběhu vysychání. Foto: Petr Kotlík, 1981.

vodní sochy, poškozené při autohavárii. Po předchozích zkouškách byla jako konsolidant, podobně jako v předchozím případě, zvolena nízkomolekulární pryskyřice dianového typu CHS EPOXY 15 s příslušným množstvím tvrdidla P1, ředěná směsí rozpouštědel toluen/etanol v objemovém poměru 2,5 : 1. Předběžná zkouška impregnace úlomku totožného kamene (hmotnost cca 3 000 g) za sníženého tlaku ve skleněném exsikátoru ukázala hloubku průniku epoxidu až 3 cm, nejmenší byla v místech pod velmi kompaktní vrstvou s vysokým obsahem železitých složek. Takováto vrstva se na povrchu sochy neobjevovala.

Po rozhodnutí použít stejný konsolidační systém i u vlastní kopie bylo nutno vyřešit způsob aplikace roztoku pryskyřice na sochu o výšce cca 120 cm a hmotnosti několika desítek kilogramů. Po řadě laboratorních zkoušek byla vypracována metoda využívající obal ze silnější polyetylenové fólie, který umožňoval odsátí části vzduchu z porézního systému kamene a jeho postupnou náhradu roztokem pryskyřice. Podrobný popis tohoto postupu byl uveden v dřívějších pracích autora tohoto článku.<sup>11</sup>

Celková doba zásahu trvala 6 hodin, první polovinu doby byla socha, zabalená do polyetylenové sítě (obr. 3) a fólie, vakuována „v suchém stavu“ – bez přítomnosti konsolidačního roztoku (obr. 4), další tři hodiny (s opakovaným uvolňováním podtlaku) byl kámen zcela zalitý roztokem pryskyřice nasávaným do plastového vaku (obr. 5). Celkově bylo použito 12,12 kg roztoku pryskyřice s původní koncentrací 35 % hm. Po odečtení nespotebovaného zbytku roztoku bylo zřejmé, že impregnační bylo spotřebováno 8,63 kg roztoku epoxidu. Po skončení impregnace byla socha zabalena po dobu tří dnů v tenké polyetylenové fólii, aby se zabránilo odpařování rozpouštědla před sesítováním pryskyřice. Po rozbalení byla impregnovaná kamenná kopie ponechána volně na vzduchu vysychat. Odpařování rozpouštědel trvalo několik měsíců.

#### ■ Poznámky

<sup>9</sup> Kotlík – Justa – Zelinger (pozn. 7). – Petr Kotlík – Jiří Zelinger, Jednoduchá metoda impregnace za sníženého tlaku, *Pamiatky a príroda* 13, 1982, č. 3, s. 14–16. – Petr Kotlík, Impregnation under low pressure, *Studies in Conservation* 43, 1998, č. 1, s. 42–48.

<sup>10</sup> Martina Hucková – Petr Kotlík, Umělý kámen s epoxidovým pojivem v památkové péči. Část 2 – možnosti konzervace objektů z umělého kamene, *Zprávy památkové péče* LXX, 2010, č. 1, s. 31–40.

<sup>11</sup> Kotlík – Zelinger (pozn. 9). – Kotlík (pozn. 9).



7

Obr. 7. Socha sv. Václava v Čestlicích – stav poškození. Foto: Jarmil Plachý, 1993.

Obr. 8. Vakuová impregnace částí sochy sv. Václava z Čestlic. Foto: Jarmil Plachý, 1993.

Obr. 9. Socha sv. Václava v průběhu lepení jednotlivých částí. Foto: Jarmil Plachý, 1993.



8



9

Po impregnaci se ztmavlý povrch kamene při vysychání rozpouštědel postupně vracel k původní barvě (obr. 6).

Po několika měsících byla impregnovaná kopie osazena na balustrádu sloupu. Její stav byl v občasných intervalech restaurátory kontrolován, při tom nebyly zaznamenány žádné poruchy ani vady, socha nevyžadovala žádný „opravný“ zásah. Její současný stav, bohužel, ale není možno posoudit, protože restaurovaná socha byla na podzim roku 2002 spolu se sousedním andílkem a několika vězami z balustrády neznámým vandalem odcizena.<sup>12</sup>

Úspěšnou metodu impregnace epoxidovou pryskyřicí začali následně ve vybraných případech využívat ve své praxi někteří restaurátoři. Názorným příkladem použití uvedené metody je restaurování barokní sochy sv. Václava z druhé čtvrtiny 18. století, dnes stojící na návsi obce Čestlice nedaleko Prahy.<sup>13</sup> Její stav v roce 1992 byl žalostný. Socha se rozpadla na řadu různě velkých kusů, kámen byl drobný, ve velmi špatném stavu, část hmoty sochy pak zcela chyběla (obr. 7). Pro její záchranu bylo nutné nejen zpevnit zachovalé části plastiky, ale i slepit jednotlivé kusy do jednoho celku a doplnit chybějící hmotu pískovce. Po zvážení všech výhod a rizik se restaurátoři ve shodě s investorem rozhodli pro rekonstrukci sochy s využitím epoxidové pryskyřice ke všem třem výše zmíněným účelům. Nejprve (po očištění a vyschnu-

tí) byly jednotlivé zachovalé díly konsolidovány roztokem epoxidové pryskyřice o koncentraci 28 % (v obalu z plastu za sníženého tlaku – obr. 8), následně byly zpevněné díly pomocí epoxidové pryskyřice slepeny (obr. 9) a nakonec byly chybějící části plastiky doplněny umělým kamenem, pojeným epoxidovou pryskyřicí (obr. 10). Tyto doplňky prošly po vytvrdnutí pryskyřice ještě jemným kamenickým opracováním.<sup>14</sup> Po barevné retuši byla restaurovaná socha umístěna zpět na náves, kde stojí dodnes, stále ve velmi dobrém stavu (až na poslední barevnou úpravu). Je zřejmé, že by se alternativní způsob záchranu tohoto objektu (bez použití epoxidové pryskyřice) hledal pouze velmi obtížně. Náhrada originálu sekanou kopií by byla v tomto případě finančně náročnější a vyžadovala by uložení originálu na vhodném místě. Vzhledem k tomu, že by při takovém řešení byly doplňky chybějících částí sochy provedeny pravděpodobně sádkou, bylo by nutno originál uložit v interiéru.

Příkladem pískovcových soch, které byly úspěšně napuštěny roztokem epoxidové pryskyřice a zůstávají i po více jak 20 letech ve velmi dobrém stavu, aniž by vyžadovaly dodatečnou konsolidaci, existuje více. Zmínit lze například sousoší sv. Ludmily a sv. Václava (obr. 11) a sochu sv. Jana Křtitele (obr. 12) ve Středoklukách. Obě sochařská díla byla impregnována v roce 1992 a dodnes žádný z uvedených objektů –

bez dalšího zpevňování – nejeví známky poškození (vznik puchýřů, odlupování či sprášování povrchových vrstev, vznik prasklin apod.). Pro impregnaci sousoší sv. Ludmily a sv. Václava bylo připraveno přibližně 65 litrů impregnačního roztoku obsahujícího 12,75 kg epoxidové pryskyřice ve směsi etanolu a acetonu. Sousoší přijalo cca 63 litrů roztoku.<sup>15</sup>

Epoxidovou pryskyřicí byla na přelomu let 1992–1993 impregnována také socha sv. Jana Nepomuckého v Kněževsi, dodnes ve velmi dobrém stavu, bez známek poškození, a tedy bez nutnosti revize zásahu (obr. 13). Za další, dnes již „historický“ příklad může posloužit sousoší Kalvárie v Dobřichovicích, impregno-

#### ■ Poznámky

**12** K opakovaným vandalským zásahům na morovém sloupu a jeho současné situaci viz <https://www.jablon-nevp.cz/morovy-slop/os-1016/p1=5867>, vyhledáno 11. 4. 2019. Je však zřejmé, že „technický stav“ odcizených děl (tedy i impregnované kopie) byl pravděpodobně „dobrý“, jinak by nejspíše ukradeny nebyly.

**13** Kulturní památka rejst. č. ÚSKP 34838/2-2310 – sousoší sv. Ludmily a sv. Václava. Viz <https://pamatkovykatalog.cz/sousosi-sv-ludmily-a-sv-vaclava-14463749>, vyhledáno 27. 3. 2020.

**14** Jarmil Plachý, ústní sdělení, 2018.

**15** Jarmil Plachý – Jan Schlitz, Restaurátorská zpráva Středokluky – sousoší sv. Ludmily a sv. Václava, 1990.





10



11



12



13

Obr. 10. Socha sv. Václava v Čestlicích s doplňky z umělého kamene (světlé plochy). Foto: Jarmil Plachý, 1993.

Obr. 11. Sousoší sv. Ludmily a sv. Václava ve Středoklukách, stav 28 let po impregnaci. Foto: Petr Kotlík, 2019.

Obr. 12. Socha sv. Jana Křtitele ve Středoklukách, stav 26 let po impregnaci. Foto: Petr Kotlík, 2019.

Obr. 13. Socha sv. Jana Nepomuckého v Kněževesi, stav 25 let po impregnaci. Foto: Petr Kotlík, 2019.

vané roztokem epoxidové pryskyřice v roce 1992. Také v tomto případě lze konstatovat, že stav sochařského díla, které neprošlo už žádným dalším zpevněním, se jeví jako uspokojivý, bez známek poškození, povrchové degradace apod.<sup>16</sup>

#### Závěr

Z uvedených příkladů je zřejmé, že epoxidové pryskyřice je možné úspěšně použít jako konsolidanty poréznych kamenů. Jejich výhodou je výborná adheze k většině jiných materiálů, a tedy výborný zpevňující účinek. Nevýhodou je naopak relativně vysoká viskozita běžných typů pryskyřic, která je příčinou horší penetrační schopnosti tohoto konsolidantu. Tu lze zlepšit snížením viskozity systému přidáním určitého množství vhodného rozpouštědla a použitím účinné aplikační metody – zpravidla ponořením objektu do konsolidantu za současného snížení tlaku. Tuto impregnaci je možno provést i v plastovém obalu, bez použití pevné nádoby.<sup>17</sup> Nižší odolnost běžných typů epoxidových pryskyřic proti UV záření obvykle nepředstavuje závažný problém, neboť toto záření proniká pouze do velmi malé hloubky pod povrch kamene a polymerní konsolidant je tak ve hmotě kamene chráněn. Tam, kde by citlivost sesítovaného epoxidu vůči UV záření snižovala dlouhodobý účinek konsolidace, je možné použít speciální typ pryskyřice, který je proti UV záření odolnější. Určitou nevýhodou běžných epoxidových pryskyřic je rovněž citlivost vytvrzování epoxidů k nižší teplotě a přítomnosti vody. Jejich menší penetrační schopnost (ve srovnání např. s organokřemičitany) také omezuje jejich použití pro konsolidaci materiálů s jemnými póry, naopak, jak bylo ukázáno výše, u pískovců s většími póry lze dosáhnout dobrých výsledků.

Použití epoxidů jako konsolidantů poréznych kamenů je v památkové péči svým způsobem krajní metoda, která má své opodstatnění tam, kde jiný způsob restaurování (náhrada originálu kopíí a uložení originálu v interiéru, použití jiného konsolidantu apod.) není možný nebo dostatečně účinný. Z textu je zřejmé, že úspěšná aplikace epoxidových pryskyřic pro konsolidaci vyžaduje pečlivou přípravu objektu, dostatečné technologické znalosti a zkušenosti a přesné dodržování jednotlivých technologických kroků. V opačném případě hrozí nevratné poškození kamenného objektu.

#### ■ Poznámky

<sup>16</sup> Jarmil Plachý, ústní sdělení, 2018.

<sup>17</sup> Kotlík – Zelinger (pozn. 8).