

SÁDROVÉ ODLITKY

RESTAUROVÁNÍ A PÉČE
O UMĚLECKÁ DÍLA



Jakub Ďoubal
a kolektiv

SÁDROVÉ ODLITKY

RESTAUROVÁNÍ A PÉČE
O UMĚLECKÁ DÍLA

Jakub Ďoubal
a kolektiv

UNIVERZITA PARDUBICE 2020



SÁDROVÉ ODLITKY:
RESTAUROVÁNÍ A PÉČE O UMĚLECKÁ DÍLA

Autoři:

Jakub Ďoubal, Renata Tišlová, Petra Zítková, Pavel Mrovč,
Martin Kulhánek, Barbora Glombová, Petr Rejman, Aneta Kokstejnová.

© Univerzita Pardubice

Vydavatel:

Univerzita Pardubice
Studentská 95, Pardubice

Fotografie na obálce: přední strana a chlopeň – © Archiv Nadace Muzeum Stanislava Suchardy – Fotografie z ateliéru Stanislava Suchardy z roku 1907. Průběh odlévání částí Palackého pomníku; zadní strana – © O. Palán – Sádrový model pro plaketu Jaroslava Vrchlického ze sbírek Galerie Středočeského kraje. Autorem reliéfu je Ladislav Šaloun.

Odborný lektor: doc. Ing. Petr Kotlík, CSc.

ISBN 978-80-7560-301-2

Litomyšl 2020

Tato kniha vznikla jako jeden z výstupů projektu NAKI Ministerstva kultury České republiky — Stopy tvorby. Dědictví velkých sochařů první poloviny 20. století. Restaurování a péče o sochařské památky ze sádry (2016–2019), identifikační kód projektu: DG16P02B052.

Obsah

Předmluva	6
1 Úvod do problematiky sádrových odlitků	9
2 Stručná historie sádrových odlitků	15
3 Technologie zhotovení odlitků	25
4 Povrchové úpravy	31
5 Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry	35
5.1 Složení sádrového pojiva	35
5.2 Výroba rychle tuhnoucí sádry – historie a současnost	37
5.3 Tuhnutí štukatérské sádry	39
5.4 Vliv příměsí	40
5.5 Mikrostrukturní vlastnosti sádry	42
5.6 Adsorpční schopnost a hygroskopicitu sádry	45
5.7 Citlivost sádry na vysokou teplotu	47
5.8 Rozpustnost sádry	50
5.9 Mechanické vlastnosti sádry	51
6 Poškození sádrových odlitků	55
6.1 Mechanická poškození	55
6.2 Poškození vlivem vody, zvýšené vlhkosti a teploty	57
6.3 Degradace armatur a výztuží	60
6.4 Druhotné opravy a zásahy	62
6.5 Znečištění	62
6.6 Poškození povrchových úprav	64
7 Průzkum sádrových odlitků	67
7.1 Shromáždění informací o historii díla a ikonografických podkladů	67
7.2 Vizualní průzkum díla	69
7.3 Rozšířený chemicko-technologický průzkum	70
7.3.1 Průzkum povrchu díla	70
7.3.2 Průzkum stavu hmoty odlitku, strukturální poruchy	75
7.3.3 Identifikace armatur – průzkum vnitřní struktury odlitků	76

8 Restaurování sádrových odlitků	81
8.1 Úvod k problematice restaurování	81
8.2 Čištění sádry	88
8.2.1 Kritéria výběru metody čištění	90
8.2.2 Metody čištění	91
8.2.3 Případové studie čištění sádrových odlitků	95
8.2.4 Shrnutí	110
8.3 Konsolidace	112
8.3.1 Kritéria výběru konsolidačního prostředku	114
8.3.2 Materiály používané pro konsolidaci sádry	116
8.3.3 Způsoby a podmínky aplikace konsolidantů	127
8.3.4 Případové studie použití konsolidačních prostředků	129
8.3.5 Shrnutí	138
8.4 Lepení	141
8.4.1 Kritéria výběru adheziva	142
8.4.2 Adheziva používaná pro lepení	144
8.4.3 Případové studie lepení sádrových odlitků	156
8.4.4 Shrnutí	173
8.5 Plastické a barevné retuše	176
8.5.1 Plastické retuše	180
Kritéria výběru materiálu pro doplňování	180
Materiály používané pro doplňování sádry	181
8.5.2 Barevné retuše	188
8.5.3 Případové studie doplňování sádrových odlitků	191
8.5.4 Shrnutí	206
9 Podmínky pro uložení a transport sádrových odlitků	209
9.1 Podmínky uložení a prezentace	209
9.2 Manipulace sádrových odlitků a jejich transfery	212
10 Závěr	223
11 Přílohy	227
11.1 Příloha č. 1 Glossář poškození	227
11.2 Příloha č. 2 Historické receptury povrchových úprav odlitků	231
12 Literatura	237
13 Summary	261



0.1. Výstava STANISLAV SUCHARDA 1866–1916: TVŮRČÍ PROCES. Veletržní palác NG 15. 11. 2019–25. 10. 2020. Při přípravě výstavy bylo třeba zajistit restaurování rozsáhlé Suchardovy pozůstalosti, která se nacházela v dezolátním stavu. (foto: K. Hudačínová)

Předmluva

Kniha zaměřená na restaurování a péči o sádrové odlitky vznikla jako jeden z výstupů projektu NAKI Ministerstva kultury České republiky – „Stopy tvorby. Dědictví velkých sochařů první poloviny 20. století. Restaurování a péče o sochařské památky ze sádry (2016–2019)“. Jejím cílem je shrnout poznatky shromážděné v průběhu projektu i restaurátorské praxe autorů.

Předkládané poznatky vycházejí z dlouhodobé spolupráce s Nadací Muzeum Stanislava Suchardy, Galerií Středočeského kraje (GASK) a Národní galerií v Praze (NG). V součinnosti s těmito institucemi proběhlo jednak restaurování desítek vážně poškozených děl, ale také přípravy několika výstav, včetně transportů a adjustace uměleckých děl. Souběžně s těmito aktivitami byl konzultován způsob uložení sádrových odlitků v depozitářích a zásady preventivní konzervace. Text knihy vychází z publikovaných i nepublikovaných výzkumů prováděných v rámci výše zmíněného projektu, zaměřených zejména na stanovení vlastností sádry a degradační fenomény a testování prostředků pro restaurování sádry. Autorsky se na knize podíleli zaměstnanci a spolupracovníci Fakulty restaurování Univerzity Pardubice. Vedle autorů jednotlivých kapitol, kteří sestavovali text publikace, bychom rádi zmínili i další spolupracovníky, kteří větší či menší měrou přispěli k poznání problematiky, případně se podíleli na shromažďování podkladů pro tuto publikaci. Jmenovitě jde o doc. Jaroslava Alta, ak. mal., Ing. Karola Bayera, Ing. Petru Lesniakovou, Ph.D., MgA. Romana Koláře, PhDr. Martina Krummholze, Ph.D. a doc. Jiřího Novotného, ak. soch. Na restaurování děl, které jsou prezentovány jako případové studie, se dále podíleli studenti Fakulty restaurování Radka Zůfalá, Zuzana Auská, Kateřina Šibravová, Jiří Škarvada, Klára Teturová, Václav Douša, Peter Majoroš, Marek Laška, Adéla Machová a Stella Burghardtová.

Jakub Ďoubal

Úvod do problematiky sádrových odlitků

J. Ďoubal

Ve sbírkotvorných institucích se můžeme setkat se dvěma základními typy sádrových odlitků. Prvním jsou autorská díla pocházející často z pozůstalosti významných umělců. Tato díla zachycují různé fáze tvůrčího procesu od skic přes pracovní varianty, modely pro reprodukci do jiného materiálu až po finální sádrová díla určená k prezentaci. Druhým typem odlitků jsou „kopie“^[1] historických uměleckých děl a architektonických prvků, které vznikly z dokumentačních nebo edukativních důvodů. Značnou část těchto sbírek tvoří reprodukce antických památek, ale můžeme se setkat i s odlitky románských, gotických, renesančních i barokních děl. Odlitky historických děl vznikaly většinou v době, kdy fotografie ani cestování nebyly běžné, a umožňovaly tak nejen učencům a umělcům, ale i široké veřejnosti seznámit se s kánonem mistrovských děl minulosti a obdivovat jejich krásu. Tuto funkci do určité míry plní dodnes, kdy navíc odlitky pořízené v minulosti na historicky významném objektu mohou sloužit jako reference pro sledování úbytku originálu nebo zprostředkovat bližší seznámení se s dílem, jež je v originále špatně přístupné, důsledkem poškození nečitelné^[2] nebo zcela zničené.^[3] Odlitky historických děl, zejména ty zhotovené v průběhu 19. století, jsou zároveň mimořádným dokladem řemeslné zručnosti tehdejších štukatérů.

-
- 1 Přesnější výraz označující odlitky historických děl by byl zřejmě „faksimile“ – přesná napodobenina památky či její části, s originálem shodná v tvaru a barvě, odlišná použitou technologií a materiálem. Faksimile zachycuje aktuální stav díla včetně stop jeho vývoje v čase (poškození apod.). Nicméně se pro potřeby tohoto textu přidržíme obecnějšího a častěji užívaného označení „kopie“.
 - 2 Například odlitek románského portálu z kostela sv. Prokopa v Záboří u Kolína, který je dnes vystaven v Lapidáriu Národního muzea, kde je tato mimořádná památka zachycena na odlitku v mnohem zachovalejší a úplnější podobě.
 - 3 Unikátní soubor odlitků sochařských detailů z 14., 15. i 19. století pořízených při dostavbě nebo konzervačních pracích na katedrále sv. Víta od konce 19. století, dnes ve sbírkách Pražského hradu.

Sádrové odlitky z dílen moderních sochařů byly historicky chápány jako čistě pracovní a sádra byla považována za podřadný sochařský materiál, který slouží pouze jako dočasný prostředek pro uchování tvaru před převodem umělecké formy do finální podoby v trvanlivém materiálu. Samotné pracovní odlitky pak často podléhaly postupné zkáze nebo cílenému ničení. I v případě, že byly pracovní odlitky uchovány, zacházelo se s nimi mnohdy dosti nešetrně a pro jejich opravy (pokud byly vůbec opravovány) se užívaly značně razantní a mnohdy čistě řemeslné postupy. Přitom právě v těchto pracovních materiálech je zachycen tvůrčí proces – hledání vhodné formy i obsahu, různé řešení daného zadání či autorovy vize.

Zatímco v podobě skic a modelů je přímo otištěn autorův umělecký rukopis, ve finálních monumentálních realizacích jsou jemné nuance sochařského mistrovství potlačeny řemeslným převodem. Na realizaci monumentálních pomníků či rozměrné architektonické plastiky, tedy na převedení autorova záměru do finálního materiálu (ať už kamene či bronzu), se podílela celá řada dalších osob a profesí. Sochař mnohdy zůstával v tomto procesu jen v pozici autorského dozoru. Z těchto důvodů se dnes stále větší pozornost věnuje přípravným modelům nesoucím stopy tvůrčího procesu a více se zkoumají technické a technologické možnosti jejich restaurování a prezentace. Sádrové odlitky mohou vyplnit mezery v širším historickém kontextu, neboť často dokumentují různé varianty řešení, případně zachycují díla v návrhu, který nedošel do fáze realizace. Proto se stále více vystavují skici, *modelleta* a přípravné studie, na kterých je možné sledovat složitou cestu od prvotního nápadu k finální realizaci.¹⁴ Díky těmto dokumentům máme jako diváci možnost setkat se s umělcem jinak a možná i autentičtěji.

Odlitky antických památek a jiných historických děl se dočkaly v minulosti větší péče, neboť od počátku byly, na rozdíl od odlitků z dílen moderních sochařů, považovány za předměty sběratelství. Mimořádnou oblibu sádrových odlitků historických děl v 18. a 19. století však vystřídal nezáměr až opovržení ve století následujícím.¹⁵ V Evropě byl od poloviny 20. století kladen důraz na vystavování originálů a v rámci těchto tendencí byla většina sádrových odlitků přesunuta do depozitářů¹⁶ či zničena¹⁷. Po letech opomíjení a zanedbávání je mnoho cenných děl poškozených či zne-



1.1. Příklad zcela nevhodného skladování cenných uměleckých děl z pozůstalosti významného sochaře Stanislava Suchardy. Díla byla až do nedávna ponechána postupnému zániku v prostorách původní sochařovy vily. (foto: M. Krumholz)

hodnocených natolik, že není možné je vystavit.¹⁸ Přesto, že většina původních sbírek sádrových odlitků byla zrušena během 20. století, stále v Evropě existuje několik institucí, kde jsou sbírky sádrových odlitků uchovávány ve své původní podobě, a například v Berlíně nebo v Bruselu jsou stále v provozu štukatérské dílny spravující desítky tisíc původních sádrových forem.

Zřejmě první mezinárodně orientované centrum zaměřené na výzkum a dokumentaci sádrových odlitků vzniklo v 80. letech ve Francii pod názvem Association Internationale pour la Conservation et la Promotion des Moulages a je pravidelným organizátorem konferencí na téma sádrových odlitků. Dalším důležitým centrem výzkumu i propagace péče o sádrové odlitky je Possagno, kde se nachází muzeum sádrových

4 Například výstava Ladislava Šalouna v Galerii Středočeského kraje, DOTEK OSUDU. 27. 10. 2018–24. 2. 2019 (ŠALOUN, Ladislav. *Šaloun: dotek osudu: sochařská pozůstalost Ladislava Šalouna ve sbírkách GASK*), nebo STANISLAV SUCHARDA 1866–1916: TVŮRČÍ PROCES. Veletržní palác NG 15. 11. 2019–25. 10. 2020.

5 ANTONINI, Laetitia. La fragilité immatérielle comme paramètre de la conservation préventive: l'exemple de la collection de moulages du musée des Monuments français.

6 CONNOR, Peter. Cast-collecting in the Nineteenth Century: Scholarship, Aesthetics, Connoisseurship.

7 LOWENTHAL, David. *The past is a foreign country*, s. 380.

8 NICHOLS, Marden. Museum Material? An Institution-Based Critique of the Historiography of Plaster Cast Sculpture.



1.2. Výstava STANISLAV SUCHARDA 1866–1916: TVŮRČÍ PROCES. Veletržní palác NG 15. 11. 2019–25. 10. 2020., kde byly sádrové modely a skici vystavovány společně s finálními díly jako plnohodnotné exponáty. (foto: K. Hudačtinová)

modelů Antonia Canovy a vznikla zde Fondazione Canova.^{19]} Ve Francii se zachovala pozoruhodná sbírka 1600 fotografií sádrových odlitků, které v roce 1910 vlastnilo Musée de sculpture comparée (dnes Musée des monuments français), které bylo otevřeno veřejnosti v Palais du Trocadéro v roce 1882 z iniciativy Viollet-le-Duca. Většina vystavovaných děl byla vytvořena během rekonstrukcí francouzských středověkých katedrál.^{10]} V současné době je možné sledovat stále větší zájem o problematiku péče o sádrové odlitky historických děl, o čemž svědčí řada publikací^{11]} stejně jako uspořádání několika mezinárodních konferencí (Göttingen – Archaeologisches Institut 2016, Brusel – KIK-IRPA 2017, Londýn – V&A Museum 2019).

Přestože jsou sádrové odlitky zastoupeny v mnoha významných světových institucích, není dodnes zpracována ucelená metodika jejich ochrany a v oblasti publikované odborné literatury zaměřené na restaurování se toto téma objevuje také spíše sporadicky.

9 GUDERZO, Mario. *Gipsoteche. Realtà e storia: Atti del Convegno Internazionale di Studi.*

10 LENDING, Mari. *Plaster monuments: architecture and the power of reproduction*, s. 5.

11 FREDERIKSEN, Rune a Eckart MARCHAND. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present.* BARTHE, Georges. *Le plâtre: l'art et la matière.*



1.3. Depozitář štukatérské dílny při Art and History museum v Bruselu nashromáždil v průběhu své stopadesátileté historie odlitky a formy více než 4000 uměleckých děl. (foto: J. Ďoubal)

Stručná historie sádrových odlitků

B. Glombová — J. Döubal

Sádra byla pro svou snadnou dostupnost a zpracovatelnost v umělecké tvorbě široce využívána a techniky jejího zpracování zůstávaly po staletí stejné. Informace o prvním užití sádrových odlitků se ztrácí v mlze uplynulých tisíciletí, nicméně za nejstarší doklad odlévání sádrových odlitků můžeme považovat artefakty z období raného starověku, konkrétně z doby starého Egypta.

Náhled do umělecké praxe starého Egypta nám poskytly vykopávky odhalující dílnu sochaře Tutmose at Amarna datované okolo roku 1350 před n. l., umístěné dnes převážně v berlínském Muzeu egyptského umění. Nálezy kromě slavné polychromované busty Nefertiti odhalily i množství sádrových odlitků (převážně hlavy a obličejů zhotovené do jednoduchých jednodílných a dvoudílných forem). Jednalo se zřejmě o pracovní odlitky vzniklé z hliněných a voskových modelů v průběhu pracovního procesu.^[12]

V sochařské produkci starověkého Řecka a Říma hrály sádrové odlitky zásadní roli. Existují písemné doklady, že v antice fungovaly sádrové odlitky jako pomocný prostředek při kopírování modelů a známých sochařských děl. Pliniův spis *Naturalis Historia* zmiňuje v této souvislosti Lysistrata, který využíval sádro k odlití lidské tváře jako základ pro další tvorbu.^[13] Zřejmě nejvýznamnějším dokladem využití sádrových odlitků jsou nálezy z doby raného římského císařství v městě Baia (asi 20 km od Neapole). Tento objev zahrnuje více jak 400 odlitků částí nejméně třiceti různých soch klasického Řecka a helénistické kultury, které patrně sloužily jako předlohy pro římské kopisty.^[14] Odlitky děl klasického Řecka byly dováženy do všech koutů Římské říše,

12 FREDERICKSEN, Rune. Plaster Cast in Antiquity.

13 PLINIUS, Gaius Secundus. *Naturalis Historia* XXXV, Kap. 44.

14 LANDWEHR, Christa a Walter-Herwig SCHUCHHARDT. *Die antiken Gipsabgüsse aus Baiae: griechische Bronzestatuen in Abgüssen römischer Zeit.*

o čemž svědčí nálezy sádrových fragmentů odlitků řeckých děl z Memfisu v Egyptě, Kara Tobe na Krymu nebo v afghánském Begramu.^[15] Přesto, že ve starověkém Římě byly ze sádry odlity kopie tisíců řeckých soch a technologie odlévání musela být tedy značně pokročilá, zachovalo se nám z této doby jen málo písemných pramenů.

S proměnou požadavků na umělecká díla v raném středověku se technika zhotovování odlitků z umělecké praxe vytrácí. Ačkoli existuje řada dokladů o užití sádry a sádrového štku k vytváření ornamentální a sochařské výzdoby (například sarkofág hraběte Lothara II. ve Walbeku datovaný do druhé poloviny 10. století, figurální výzdoba v kostele v Gernrode nebo náhrobky abatyší v klášterním kostele v Quedlinburgu z 12. století),^[16] vlastní technika odlévání do forem se zřejmě příliš neuzívala. Z tohoto hlediska je mimořádným nálezem množství sádrových sarkofágů ze 7.–9. století odlévaných do jednoduchých dřevěných forem objevených v Saint Denis.^[17] V některých lokalitách se setkáváme s užitím pomalu tuhnoucí (přepálené) sádry coby materiálu nahrazujícího kámen. Příkladem je oblast kolem Salzburgu, kde byl tento materiál využit pro tvorbu figurálních a dekorativních stavebních plastik v 15. století. Tyto sochy však byly pravděpodobně klasicky kamenicky zpracovány z odlitých bloků sádry, takže se nejednalo o odlitky do forem. Tato specifická zaalpská technika je tradičně nazývána „litý kámen“.^[18]

S postupným příklonem k realistickému zobrazování a s proměnou uměleckých forem ve vrcholné a pozdní gotice se zřejmě technika odlévání postupně do umělecké tvorby vrací. Hlavním pramenem pro pochopení uměleckořemeslné praxe období vrcholné a pozdní gotiky je *Il libro dell'arte* od Cennina Cenniniho z roku 1437.^[19] V traktátu můžeme najít popis i vyobrazení odlití celého lidského těla pomocí dělené sádrové formy po čtyřech částech včetně hlavy s využitím živého modelu. Dalším zdrojem, který nám přináší informace o technikách je spis humanisty a umělce Pomponia Gauricuse (1482–1530) *De scultura*, poprvé vydaný roku 1504 ve Florencii.^[20] Lze proto předpokládat, že v tomto období byly techniky práce se sádrrou všeobecně známé.

15 FREDERICKSEN, Rune. Plaster Cast in Antiquity.

16 RÜBER-SCHÜTTE, Elisabeth. Zum mittelalterlichen Stuck in Sachsen-Anhalt: Fragen der Bestandserfassung, Erforschung und Erhaltung.

17 WYSS, Michael. Les stucs du Haut Moyen Age découverts a Saint-Denis.

18 KOLLER, Manfred. Použití umělého kamene v pozdním středověku: Přehled vývoje odlévacích technik.

19 CENNINI, Cennino. *Il libro dell'arte della pittura : il manoscritto della Biblioteca nazionale centrale di Firenze, con integrazioni dal Codice riccardiano*.

20 GAURICO, Pomponio a Heinrich BROCKHAUS. *Pomponius Gauricus de Sculptura*.

S rozvojem sochařské tvorby v renesanci doznaly sádrové odlitky významného uplatnění, což souvisí i s novým zájmem o klasickou antiku a o reprodukce těchto děl.^[21] Odlitky antických děl byly žádány ve všech kulturních centrech tehdejší Evropy. Odlévací techniky se postupně zdokonalovaly s tím, jak se zdokonalovala technika lití bronzů. Postupně se vedle jednoduchých dvoudílných, nebo ztracených forem začínají používat i složitější formy klínové.^[22] Jako první popsal zhotovení rozložitelné sádrové formy, která může být využita k opakovanému odlévání, Benvenuto Cellini ve svém *Traktátu o sochařství*, který byl vydán roku 1568 ve Florencii.^[23] Odléváním celých antických soch se zabýval například Andrea Mantegna nebo další známý sochař Quattrocenta Andrea del Verrocchio, který používal podle Vasariho svědectví odlitky částí živých figur jako studijní materiál pro své sochy.^[24] Sádrové odlitky využívali ve své tvorbě i malíři (zřejmě v rámci výtvarné přípravy učňů či studia lidské anatomie). Například v pozůstalosti italského malíře vrcholné renesance Fra Bartolomea se zachovalo deset sádrových bust.^[25] V průběhu celého renesančního období vznikaly četné odlitky slavných antických soch. Zdokumentované jsou odlitky italského mistra Francesca Primaticcia, které vytvořil pro francouzské krále Františka I. a Jindřicha II.^[26] Primaticcio využil hotové formy i pro zhotovení sádrových odlitků pro Marii Habsburskou, místodržitelku Nizozemí, mecenášku a sběratelku umění.^[27] Sádrové formy a do nich provedené odlitky měly v tomto případě sloužit jako mezistupeň pro převod do trvanlivějšího materiálu – bronzu, k čemuž ale vlivem válečných okolností nedošlo.^[28] Další významné užití sádrových odlitků pro uměleckou praxi souviselo s oblibou náboženských reliéfů madony s dítětem zdobících interiéry měšťanských domů, kdy velká poptávka vedla ke snaze najít levný a snadno zpracovatelný materiál pro vytváření sériové výroby.^[29] Sádra odlévaná do forem tyto požadavky dobře splňovala. Odlitky ze sádry našly využití i jako dočasná a pomíjivá výzdoba v případech, kdy nebyl čas nebo důvod pro zhotovení sochařské výzdoby z trvanlivějšího materiálu. Příkladem je výzdoba dočasné fasády florentské katedrály objednaná pro triumfální vstup papeže Lea X. v roce 1515 nebo výzdoba katafalku pro Michelangelův pohřeb v bazilice San Lorenzo ve Florencii v roce 1564.^[30]

21 MARCHANT, Eckart. Plaster and Plaster Casts in Renaissance Italy.

22 Ibidem.

23 CELLINI, Benvenuto. *Opere de Benvenuto Cellini: Due Trattati ... Dell'oreficeria ... Della Scultura...*

24 VASARI, Giorgio. *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori / scritte da Giorgio Vasari, pittore aretino, con nuove annotazioni e commenti di Gaetano Milanesi*, s. 372.

25 KOLLER, Manfred. Použití umělého kamene v pozdním středověku: Přehled vývoje odlévacích technik.

26 CUPPERI, Walter. Giving away the moulds will cause no damage to his Majesty's casts – New Documents on the Vienna Jüngling and the Sixteenth-Century Dissemination of Casts after the Antique in the Holy Roman Empire.

27 HEČKOVÁ, Petra. „Copiare, contraffare, imitare“: Kopírování antických soch v renesanci.

28 BOUCHER, Bruce. Leone Leoni and Primaticcio's Moulds of Antique Sculpture.

29 MARCHANT, Eckart. Plaster and Plaster Casts in Renaissance Italy.

30 Ibidem.

Výrazný rozvoj v produkci odlitků a jejich rozšíření do celé Evropy byl zřejmě spojen i s „kavalírskými cestami“, ze kterých si šlechtici chtěli přivést do své vlasti „suvenýry“ z cest.^[31] Vzhledem k tomu, že většina originálů soch byla již v té době vázána v italských sbírkách, museli se zájemci většinou spokojit s odlitky a kopiemi. Významní panovníci a šlechtici pak cíleně shromažďovali odlitky a zdobili si s nimi svá sídla. Například v 17. století vyslal král Filip IV. svého dvorního malíře Diega Velázqueze do Říma, aby zde vybral reprezentativní odlitky do jeho paláce Alcázar. Dnes je kolekce těchto odlitků součástí sbírky madridské akademie umění.^[32] Postupně vznikaly i za Alpami sbírky reprodukcí antických soch jako součásti módních kunstkomor. Sádrové odlitky antických děl tak byly zásadní pro moderní vnímání klasické tradice za Alpami.

Historii sbírání sádrových odlitků v českých zemích datujeme od 16. století. Dokumentované jsou nákupy sádrových odlitků pro sbírku arcivévody Ferdinanda Tyrolského (1529–1595), která byla později přestěhována z Křivokláta do Ambrasu v Tyrolích. Zdokumentované máme také nákupy odlitků pro kunstkomoru císaře Rudolfa II. na Pražském hradě.^[33] V 16., 17. a 18. století se sádrové odlitky postupně rozšířily do sbírek umělců, humanistů, boháčů a aristokracie.

Sádrové odlitky antických děl hrály důležitou roli při školení nových umělců. Se vznikem velkých evropských akademií výtvarných umění v 17. a 18. století, které navázaly na tradici akademií italských, se kresba a modelování podle odlitků klasických děl stala základem výuky mladých umělců.^[34] Česká Královská vlastenecká společnost přátel umění pořídila v letech 1803–4 v Itálii sbírku antických odlitků, která sloužila na pražské Akademii jako studijní předloha a stala se povinnou součástí výuky.^[35]

Vedle edukativní funkce pramenil zájem širší veřejnosti o odlitky slavných děl i díky jejich nepopíratelným estetickým kvalitám. O reprodukce významných děl, jako například Laokoón, Herkules Farneský, Venuše Mélská a Niké Samothrácká, se zajímal poměrně široký okruh zájemců z řad intelektuálů, umělců, obchodníků a antikvářů.^[36] Zatímco původně bylo formování a odlévání výsledkem experimentování jednotlivých umělců, v 18. a v 19. století vedla zvýšená produkce sádrových odlitků ke specializaci řemeslníků – štukatérů. Vznikají i podrobnější návody na zhotovení forem. Příkladem je příručka italského sochaře a restaurátora Francesca Carradoriho (1802) poskytující popis a ilustrace procesu formování a odlévání.^[37]

31 KURTZ, Donna. *The reception of Classical art in Britain: An Oxford history of plaster casts from the Antique*, s. 123–126.

32 PAYNE, Emma M. *The Conservation of Plaster Casts in the Nineteenth Century*.

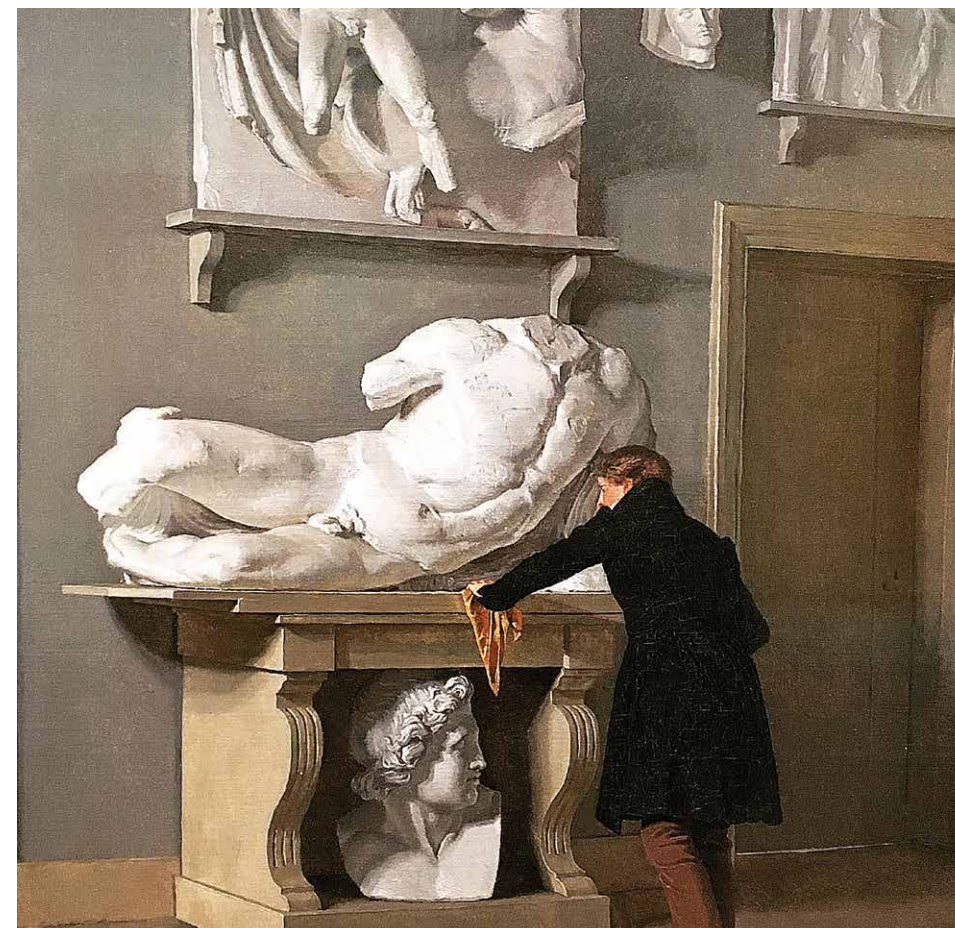
33 STEHLÍKOVÁ, Dana. *More Valuable than Originals*.

34 GODIN, Frederick T. J. *Antiquity in plaster: production, reception and destruction of plaster copies from the Athenian Agora to Felix Meritis in Amsterdam*.

35 CARRADORI, Francesco a Matti AUVINEN. *Elementary instructions for students of sculpture*.

36 MARCHAND, Suzanne L. *Down from Olympus: Archaeology and Philhellenism in Germany*. s. 67.

37 CARRADORI, Francesco a Matti AUVINEN. *Elementary instructions for students of sculpture*.



2.1. Malba zobrazující pohled do sbírky odlitků v Charlottenborg Palace. (autor: Christen Købke, 1830, olej na plátně)

Velké objevy v italských městech Herculaneum, Pompéjích a Stabii odstartovaly éru vědecké terénní archeologie a podnítlý zájem poučených amatérů o tuto oblast. V průběhu 18. a 19. století se postupně stalo centrem studií klasické antiky a archeologie Německo. V šedesátých letech 18. století vznikla na univerzitě v Göttingenu^[38] jako první v Evropě katedra klasické archeologie, která v období neoklasicismu vlastnila jednu z největších sbírek sádrových odlitků na německém území (2000 kusů). Další německá univerzitní sbírka byla založena v roce 1820 na Univerzitě v Bonnu. Významná sbírka sádrových odlitků vznikla v 19. století v Berlíně, který byl v té době hlavním centrem archeologického bádání v Německu. Velká část této sbírky byla bohužel zničena během 2. světové války.^[39]

38 GRAEPLER, Daniel. *A Dactyliothea by James Tussie and Other Collections of Gem Impressions*.

39 SEDLARZ, Claudia. *Incorporating Antiquity: The Berlin Academy of Arts' Plaster Cast Collection from 1786 until 1815*.

S rozvojem terénní archeologie je spojená i potřeba dokumentace archeologických nalezišť a objevů. Sádrové odlitky sloužily jako cenný dokumentační nástroj zejména v případě děl, která byla těžko transportovatelná nebo složitě přístupná. Tímto způsobem byly zdokumentovány například hrobky vytesané do kamene v Turecké Lýkii.^[40] Podobnou funkci plnily odlitky i třeba v paleontologii 19. století, kde odlitky kosterních nálezů sloužily pro dokumentaci a šíření poznatků.^[41]

V průběhu 18. a 19. století mnoho muzeí, galerií a univerzit nakoupilo množství odlitků sloužících pro výstavní a studijní účely. Jednalo se většinou o odlitky skulptur ze starého Řecka a Říma, ale také z Egypta a Asýrie nebo ukázky evropské gotiky a renesance.^[42] Tyto odlitky byly produkovány dílnami sídlícími ve velkých muzeích (například v Louvru, Britském muzeu, v muzeu v Neapoli nebo Státním muzeu v Berlíně), ale i komerčními subjekty jako Martinelli v Athénách^[43], Malpieri v Římě, Geiler v Mnichově, Sturm ve Vídni, Gerber v Kolíně nad Rýnem^[44] a Hennecke ve Wisconsinu^[45].

Vedle již zmiňovaného Musée de sculpture comparée (dnes Musée des monuments français) patří mezi nejznámější muzea vlastníci rozsáhlou sbírku sádrových odlitků Victoria and Albert Museum v Londýně (dříve South Kensington Museum) a Royal Scottish Museum v Edinburghu.^[46] Významná sbírka odlitků se nachází v ruském muzeu, které dnes nese název „Vzdělávací muzeum Ivana Cvetajeva“.^[47] Pozoruhodná sbírka odlitků architektury – Museum of Art vznikla na začátku 20. století na popud ocelového magnáta Andrewa Carnegieho v americkém Pittsburghu. Carnegie byl inspirován světovou výstavou v Paříži, kde měl možnost vidět více než sto monumentálních sádrových odlitků architektury.^[48] Na této výstavě také vznikla dohoda pro propagaci reprodukcí uměleckých děl na podporu muzeí celého světa podepsaná v roce 1867, což byla klíčová iniciativa pro distribuci sádrových monumentů.^[49]

40 SMITH, Arthur H. *A Catalogue of Sculpture in the Department of Greek and Roman Antiquities*, s. 57.

41 RIEPPEL, Lukas. Plaster cast publishing in nineteenth-century paleontology.

42 K tématu provádění, uchovávání a historii dokumentačních odlitků viz TOCHA, Veronika. *Near Life: The Gipsformerei – 200 Years of Casting Plaster*.

43 MARTINELLI, Napoleone F. *Catalogue of Casts in Gypsum, Taken Direct from the Masterpieces of Greek Sculpture Existing in Athens and Other Places in Greece ...: On Sale by Napoleone F. Martinelli, Athens*.

44 GERBER, August. *Reproduktionen Klassischer Bildwerke aus der Kunstanstalt August Gerber*.

45 PAYNE, Emma M. *The Conservation of Plaster Casts in the Nineteenth Century*.

46 BILBEY, Diane a Marjorie TRUSTED. "The Question of Casts" – Collecting and Later Reassessment of the Cast Collections at South Kensington.

47 BRUG, Tobias. *Building a Small Albertinum in Moscow: the Correspondence between Georg Treu and Ivan Tsvetaev*.

48 LENDING, Mari. *Plaster monuments: architecture and the power of reproduction*, s. 5.

49 Ibidem, s. 21–24.

Sádrové odlitky významných historických děl pro domácí i zahraniční muzea byly požízovány i v českých zemích. V 60. letech 19. století vytvořil sochař Jindřich Čapek odlitky unikátních bronzových a slonovinových objektů z českých soukromých sbírek pro Národní muzeum a další významná evropská muzea. Dalším příkladem je sádrová patinovaná kopie bronzové gotické sochy sv. Jiří z Pražského hradu, kterou vytvořil v roce 1864 pro londýnské South Kensington Museum (dnes Victoria and Albert Museum) Giovanni Pellegrini.^[50] V roce 1844 byla založena Společnost pro dostavbu katedrály. Součástí její náplně byla organizace systematického kopírování soch pomocí sádrových odlitků. Repliky soch byly následně prodávány důležitým osobnostem nebo soukromým sběratelům a využívány pro studijní účely.^[51] V roce 1891 bylo třicet nejvýznamnějších monumentálních modelů soch a staveb zakoupeno nebo půjčeno na světovou výstavu na Výstavišti v Praze. O čtrnáct let později byla otevřena stálá expozice lapidária Národního muzea. Nejstarší odlitky ve sbírkách muzea jsou zřejmě sádrové kopie bust z triforia chrámu sv. Víta na Pražském hradě, které spolu s dalšími sochami z katedrály kopíroval Giovanni Pellegrini v letech 1848–1862.^[52] Mezi pozoruhodné exempláře patří též několik technicky dokonalých a dokumentárně nesmírně cenných odlitků pořízených z detailů románských a gotických staveb již na konci 19. století, jako například odlitek tympanonu z Týnského chrámu na Staroměstském náměstí a portál kláštera karmelitánek Panny Marie Sněžné na Novém Městě pražském.^[53]

V první polovině 19. století se sbírky sádrových odlitků staly mezinárodním fenoménem a nacházely se ve všech hlavních evropských městech. Obliba antiky byla stále velmi živá, neboť více a více lidí v tradici „kavalířských cest“ cestovalo do Itálie. Stavba železniční sítě, která propojila velkou část Evropy, umožnila cestovat rychleji a pohodlněji. To, co kdysi bývalo výsadou elity, se nyní stalo dostupné i pro střední třídu. K popularitě sádrových soch, zejména soch převzatých ze soch klasického starověku, do značné míry přispělo to, že školy (gymnázia) je stále více začleňovaly do svých učebních osnov. Sádrové sochy se staly široce dostupné, protože specializované dílny je produkovaly v průmyslovém měřítku. Odlitky si tak našly cestu nejen do uměleckých akademií, muzeí a soukromých domů učenců, ale také do domovů širší veřejnosti, která měla zájem o starověk.^[54]

50 STEHLÍKOVÁ, Dana. *More Valuable than Originals*.

51 HLOBIL, Ivo a Petr CHOTĚBOR. *Odlitky skulptur z katedrály sv. Víta v Praze*.

52 STEHLÍKOVÁ, Dana. *More Valuable than Originals*.

53 Ibidem.

54 GODIN, Frederick T. J. *Antiquity in plaster: production, reception and destruction of plaster copies from the Athenian Agora to Felix Meritis in Amsterdam*, s. 186.



2.2. Fotografie z ateliéru Stanislava Suchardy. Průběh vytváření modelu pro pomník Františka Palackého. Hotové části jsou postupně odlévány v sádře, zatímco na dalších ještě probíhá práce v hlíně. (zdroj: archiv Nadace Muzeum Stanislava Suchardy)



2.3. Podobizna Vlasty Zindlové od Stanislava Suchardy ve třech variantách materiálů. Výstava STANISLAV SUCHARDA 1866–1916: TVŮRČÍ PROCES. Veletržní palác NG 15. 11. 2019–25. 10. 2020. (foto: J. Dóubal)

Zvýšení poptávky po sádrových odlitcích se projevilo i v českých zemích. V letech 1786–1845 byly na území Prahy dvě až tři dílny se specializací na sádrové odlitky monumentálních soch. Po roce 1847 se produkce sádrových odlitků mnohonásobně zvětšila, přičemž v padesátých letech počet dílen stoupl na dvanáct a v sedmdesátých letech už bylo dílen bezmála dvacet.^[55]

Vedle odlitků sochařských děl minulosti měla sádra a sádrové odlitky důležitou roli i ve vlastní tvorbě umělců. Zejména v 19. století bylo běžnou sochařskou praxí vytvářet přesné sádrové modely před finální realizací. Vedle těchto „finálních modelů“ vznikaly v sochařských dílnách i pracovní, variantní modely a skici, které se nám dochovaly v pozůstalosti vynikajících českých sochařů moderny (Stanislav Sucharda^[56], Ladislav Šaloun^[57], Josef Mařatka^[58] aj.). Právě u moderních sochařů, například u Augusta Rodina, se v některých dílech objevuje proces tvorby jako součást uměleckého vyjádření.^[59] Jako finální umělecká díla jsou vystavovány i neretušované sádrové odlitky. V Čechách vytvořil v sádře množství plastik sochař Otto Gutfreund.^[60] Jeho sádrové plastiky z období první republiky byly vyhotoveny jako plnohodnotná umělecká díla, přičemž část z nich byla opatřena polychromií. Přes tyto výjimky zůstala sádra v sochařském procesu spíše jako pracovní materiál při přípravě finální realizace. Odlitky sloužily umělcům převážně pro zachycení nápadu, pracovní varianty, jako menší modely pro velké realizace, případně jako mezistupeň pro převod do „hodnotnějšího“ materiálu jakým byl kámen nebo bronz. Tyto pracovní varianty poté, co splnily svůj účel, zůstávaly v ateliérech a depozitářích umělců a jejich další osud byl často velmi tristní. Jedním ze zdokumentovaných příkladů je soubor sádrových plastik provedených A. Rodinem, který byl v 50. letech 20. století doslova pohřben v zahradě vily Meudon.^[61]

55 STEHLÍKOVÁ, Dana. More Valuable than Originals.

56 Velkou sbírku nacházející se v Suchardově vile v Praze spravuje Nadace Muzeum Stanislava Suchardy.

57 Značná část se nachází v Galerii Středočeského kraje (dříve Středočeská galerie).

58 Velkou část pozůstalosti spravuje Horácká galerie v Novém Městě na Moravě.

59 LANGLOIS, Juliette, GUYLAINE MARY, HÉLÈNE BLUZAT, AGNÈS CASCIO, NATHALIE BALCAR, YANNICK VANDENBERGHE a MARINE COTTE. Analysis and conservation of modern modeling materials found in Auguste Rodin's sculptures.

60 ŠETLÍK, Jiří. *Otto Gutfreund: cesta ke kubismu*.

61 PIOZZOLI, Christian. Une intervention archéologique au musée Rodin de Meudon.

Technologie zhotovení odlitků

M. Kulhánek — J. Ďoubal

V umělecké a uměleckořemeslné praxi se nejčastěji setkáváme s využitím sádry ve formě odlitků prováděných do různých typů forem. Volba konkrétního postupu závisí na účelu odlitku a požadovaném výsledku, jak kvantitativním (některé typy forem umožňují zhotovení pouze jednoho odlitku, jiné naopak více), tak kvalitativním (odlití skici, pracovního modelu k dalšímu využití či definitivního díla). V závislosti na náročnosti realizace a také historickém období, byly odlitky prováděny buď přímo autory, nebo specializovanými řemeslníky – štukatéry.^{62]}

V procesu sochařské tvorby je nejčastěji užívaným a zároveň také nejjednodušším typem formy tzv. ztracená či slepá forma (lidově též zvaná „blindka“). Jedná se o tradiční historicky hojně užívaný postup snímání formy z hlíněného modelu. Model je pokryt nejprve vrstvou sádry, probarvenou pomocí práškového barviva, nejčastěji hlinek. Následuje druhá vrstva bílé sádry, na níž jsou po zatvrdnutí přichyceny armovací dráty pomocí mírně zatuhlé sádry. Následně je nanesena poslední vrstva sádry. Pro zvýšení pevnosti formy je možné použít jutu, která zároveň umožňuje snížení hmotnosti formy. Po vytvrdnutí sádry je forma sejmuta, hlína se vydlabe a po vymytí a separaci negativu se do formy vlije sádra. K separování formy od odlitku je možné použít například rozvažené mýdlo s olejem.^{63]} Poté je forma opatrně odsekána, tedy ztracena (odtud název formy), přičemž probarvená vrstvička sádry upozorňuje na to, že už se blížíme povrchu originálu. Tento pracovní postup je vhodný pro odlévání skic či pracovních modelů, kde není požadováno více odlitků či zachování formovaného modelu.

62 Návody na odlévání viz: ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění* nebo ze zahraničních FREDERICK, Frank Forrest. *Plaster Casts and How They are Made: A Manual for Art Students and Amateurs*.

63 Postup je popsán ve starší literatuře, např. JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*, z novějších příruček např. LOSOS, Ludvík a Miloš GAVENDA. *Štukatéřství*.



3.1. Pohled do štukatérské dílny s vyobrazením různých fází zhotovení formy (zdroj: CARRADORI, Francesco a Matti AUVIENEN. Elementary instructions for students of sculpture)

- | | |
|---|--|
| A. Zhotovení klínové formy ze sochy | L. Džbán s vodou |
| B. První část formy | M. Dokončená část formy |
| C. Segment formy dělaný postupně ze sádry | N. Štětec na aplikaci oleje před odléváním |
| D. Ocelová špachtle na dělení klínů | O. Forma na ruku, která je již odlita a připravená k vyjmutí z formy |
| E. Malá nádobka na sádro | P. Nádoby s olejem |
| F. Sádrový klín, který je upravován nožem | Q. Smotek železného drátu |
| G. Kád' na skladování práškové sádry | R. Kleště, špachtle a štětce |
| H. Pytel se sádro | S. Forma, do které je nalévána sádra |
| I. Stoličky s otočnou vrchní částí | T. Kozy poskytující mobilní stůl |
| K. Nádoba na míchání sádry pro odlévání | V. Palice pro různé potřeby |

Tradiční technikou odlévání je provádění klínových forem, které bylo používáno v minulosti na formování složitějších tvarů tam, kde bylo třeba zachovat model či zhotovit větší množství odlitků (**obr. 3.1**). Model je postupně pokryt sádrovými kónickými klíny vytvářejícími samotnou formu, tedy negativ snímaného modelu. Jednotlivé klíny jsou drženy pohromadě pláštěm (kadlubem), který je podle náročnosti modelu rozdělen na jednotlivé segmenty. Dělení pláště odpovídá pracovnímu postupu odlévání výsledného díla. Formu je možné používat vícekrát, nicméně při opakovaném rozebírání může docházet k postupnému opotřebení hran styčných ploch klínů. Pro opakované použití formy je nutné jednotlivé klíny separovat, a to jak v ploše negativu, tak vzájemně mezi sebou. Pro separaci se užívalo šelaku, který uzavřel povrch sádry a následně rozvařeného mýdla s olejem. Po opotřebení byly jednotlivé části formy průběžně opravovány.



3.2. Želatinová forma umožňovala formování jemných detailů či zhotovení více odlitků z jedné formy. (foto: P. Zítková)

Dnes již málo používanou formou je forma želatinová nebo klišová, která se také používala pro případ nutnosti zhotovení většího množství odlitků, případně při formování jemných detailů (**obr. 3.2**).⁶⁴ Model je nejprve pokryt vrstvou hlíny, jejíž síla určuje tloušťku samotné formy. Na vrchu modelu se rovněž z hlíny vytvoří silná zátka, která vytvoří zalévací otvor. Povrch modelu je pokryt kónickými trny z hlíny, které budou sloužit jako odvětrávací otvory eliminující tvorbu vzduchových bublin. Na hlínu je pak nanesen sádrový kadlub. Díly kadlubu jsou spojeny pomocí vyřezaných spojů, tzv. marek. Pro spojení dílů ze želatiny slouží tzv. *pasr*, který se vytvoří pomocí tenkého pásu hlíny s drážkou. Po rozebrání kadlubu je hlína odstraněna a vzniklý prostor vyplněn rozehrátou tekutou želatinou. V místě vyznačeného dělení se pak díly želatiny oddělí řezem. Želatinová forma sice umožňovala opakované odlévání, ale její životnost byla velmi malá, neboť želatina poměrně rychle ztrácí pružnost.

V současné době jsou k odlévání nejen do sádry používány většinou formy silikonové. Výhodou silikonů oproti dříve používané želatině je především snadnější aplikace, vyšší životnost a možnost zhotovení velkého množství odlitků.

Zhruba od sedmdesátých let se pro výrobu forem používá silikonový kaučuk (například *Lukopren 1522* nebo *Lukopren 1725*), v posledních letech se rozšiřuje použití adičních silikonů s vyšší pružností. Na model je nanášena vrstva silikonu, která snímá

64 Postup je podrobně popsán například zde: ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, s. 43.

negativ modelu (**obr. 3.3**). Protitvary⁶⁵ jsou vyplněny kónickými sádrovými klíny, drženy v sádrovém plášti, který opět může být z více částí jako v případě formy klínové. Klíny musí být tvarovány tak, aby bylo možné formu po jednotlivých částech rozebrat. Oproti čistě sádrové klínové formě je výhodou větší otiskovací schopnost silikonu a možnost zalití drobnějších protitvarů silikonem, tedy zmenšení počtu sádrových klínů.

Vlastní odlití do sádry je možné provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je vytáčení spojené formy, druhým pak kašírování. Vytáčení se hodí pro menší objekty, kdy je možné s formou pohybovat tak, aby sádra zatekla do všech částí formy. V případě větších objektů je nutné provedení odlitku kašírováním. Tento postup spočívá v proházení jednotlivých dílů formy řidší sádrov, aby došlo k vyplnění všech detailů a následně je pak stěna odlitku zesílena položením juty prosycené sádrov. Po přiložení následného dílu formy je nutné vzniklou spáru opět proházet řidkou sádrov a spoj zpevnit jutou. Subtilnější části je nutné armovat přísádrováním kovových prutů. Takto je možné provedení i velmi tenkostěnných odlitků. U větších sochařských děl se pro zpevnění takto odlitých dutých skořepin užívá celá řada materiálů. Dříve používané kované ocelové armatury nahradily v současnosti pruty z armovací oceli. Běžné je i užití dřevěných latí či prken, které jsou sádrov a jutou spojeny vzájemně mezi sebou i s odlitkem a vytvářejí tak vnitřní nosnou konstrukci.

Důležitým faktorem utváření výsledných vlastností odlitků i forem je samotná příprava sádry. Sádrov vždy rozmícháváme přidáváním sypké sádry do vody a to postupně, dokud voda sádrov přijímá. Přidávání sádry ukončíme v momentě, kdy usazená pevná složka směsi je mírně pod hladinou vody. Následně necháme chvíli odstát a poté celou směs promícháme do hladka. Takto připravená sádra je připravená pro odlévání do formy. Sádrov je třeba lít ve správný moment, tedy ve chvíli, kdy v sádre začíná proces tuhnutí. „*Sádra připravená k lití musí být asi hustoty smetany, a táhne-li se po jejím povrchu konec lžice, nechává za sebou rýhu, nad níž se hladina pomalu zavírá.*“⁶⁶ Pro konstrukční práce, nanášení házení či modelování je třeba počkat déle, dokud sádra nemá krémovou konsistenci. Při zpracování většího množství se sádra promíchává po částech, zcela promíchaná sádra bude k použití připravena dříve, ne zcela promíchaná sádra bude tuhnout pomaleji. Urychlení tuhnutí lze docílit dobou a rychlostí míchání rozdělané sádry. Míchání by mělo být v rozmezí 20–40 sekund, a nikoliv příliš silné, aby ve směsi nevznikaly hrudky nebo vehnané vzduchové bubliny. Dlouhé míchání může mít za následek nedostatečnou krystalizaci, respektive omezení tvorby a vzájemného propojení jehličkovitých krystalů.⁶⁷ Dobu zpracovatelnosti ovlivňuje

65 Prototvary = Tvary zabíhající za okraje modelace, jdoucí proti kónickému tvaru klínu.

66 ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, s. 39.

67 SCHULZE, Walter a Vladimír LACH. *Necementové malty a betony*, s. 80.



3.3. Průběh práce na silikonové formě. Na model je nanášena vrstva pružného silikonu a protitvary jsou postupně zaplňovány sádrovými klíny. Po uzavření všech protitvarů je celá strana překryta sádrovým kadlubem. (foto: M. Kulhánek)

i teplota vody, u chladné vody je tuhnutí pozvolnější, s vyšší teplotou vody se doba tuhnutí naopak zkracuje. Dobu zpracování lze rovněž prodloužit například přidáním klišu.⁶⁸ Pro kvalitní odlitek je zásadní používat sádrov čerstvou, neboť dlouhodobým skladováním může dojít k navlhnutí a začne u ní docházet k hydrataci. Odlitky zhotovené ze staré, již částečně hydratované sádry, mají mnohem menší pevnost a celkově horší fyzikálně-mechanické vlastnosti.

Všechny výše uvedené postupy pro zhotovení forem a odlitků je možné vzájemně kombinovat dle potřeb konkrétního úkolu. Vždy však platí poučka Stáni Matějčka otištěná v jeho příručce *Plastika*, že: „*Špěch a nervosa jest tu největším nepřítelem zdaru.*“⁶⁹

68 JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů*, s. 407.

69 MATĚJČEK, Stanislav. *Plastika*, s. 26.

Povrchové úpravy

B. Glombová — J. Ďoubal

V závislosti na účelu sádrového odlitku v tvůrčím procesu či záměru autora byla sochařská díla buď ponechána v bílé sádře, nebo byla dále povrchově upravována. Pracovní modely, které sloužily pro lití kovů či reprodukci do kamene a nepočítalo se s jejich dlouhodobým uchováním, se většinou ponechávaly bez barevných úprav (i když se u nich setkáváme s úpravami, které mají za cíl uzavřít či zpevnit povrch).

Samotná sádra působí „tupým“ dojmem, pohlcuje světlo, snižuje kontrasty, potlačuje plasticitu a výraz sochařského díla, proto byla díla, u kterých záleželo na jejich vzhledu, opatřována povrchovou úpravou. Cílem povrchových úprav bylo pomocí barevných valérů, kontrastů světel a stínů, matných a lesklých povrchů vtisknout povrchům schopnost vykreslit plně plastický, esteticky účinný tvar. Autoři poměrně často modely a skici, které předcházely realizaci v trvanlivém materiálu, barevně upravovali imitací finálního materiálu pro představu o konečné podobě díla. U odlitků „kopií“ historických děl povrchová úprava většinou také napodobuje původní materiál a napomáhá tak primárnímu účelu těchto odlitků – tedy zprostředkování trojrozměrného obrazu díla starých mistrů.

Povrchové úpravy lze rozdělit podle jejich funkce na konzervační – ochranné (používané ke zvýšení odolnosti sádry proti mechanickému poškození a znečištění),^[70] separační úpravy (sloužící k uzavření povrchu pro další technologické procesy – například odlévání do bronzu),^[71] barevné patiny (imitující jiný materiál nebo patinu stáří)^[72] a polychromii (kompletní barevnou úpravu srovnatelnou s polychromií na kamenných nebo dřevěných plastikách).^[73]

70 Například bělený šelak, mléko/kasein, Iněný olej, včelí vosk, klič, glycerin viz: FREDERICK, Frank Forrest. *Plaster Casts and How They are Made: A Manual for Art Students and Amateurs*.

71 Například šelak (nebělený), stearin, vodní sklo. U separačních povrchových úprav nebyl, na rozdíl od ochranných vrstev, většinou brán zřetel na estetické měřítko.

72 CHEVILLOT, Catherine. La question des revêtements de surface de plâtres du XIXe siècle.

73 KOLLER, Manfred. Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur.

Z vyjmenovaných typů povrchových úprav se na sádrových odlitcích nejčastěji setkáváme s různými druhy patin. Barevné patiny se prováděly s cílem imitovat vzhled ušlechtilých materiálů jako je slonovina, mramor, bronz, ale i pálená hlína a jiné. Pro tyto účely se používaly zejména zemité práškové pigmenty (okry, sieny, umbry, země zelené) pojené širokou škálou přírodních pojiv (arabská guma, olej, klič, tempera, šelak). Podkladová vrstva se upravovala nejčastěji šelakem. Pokud chtěl autor docílit vysokého lesku, nanesl na závěr vrstvu včelího vosku rozpuštěného v benzínu a tu následně mechanicky leštil. Někdy bylo naopak cílem dosáhnout spíše matnějšího vzhledu, v tom případě se povrch odlitku poprášil pomocí suchého štětce práškovým pigmentem, který se z vystouplých partií setřel, čímž se opět prohloubil účinek plasticity (více o historických technikách patin v příloze „Historické receptury povrchových úprav“). Další specifickou technikou je nanášení více vrstev v různých pojivových systémech s různou rozpustností, které umožňuje následné rozmývání vrchních vrstev pro vytvoření požadovaného plastického efektu. Výsledkem tohoto technologického procesu je výrazný rozdíl v tloušťce jednotlivých vrstev v závislosti na tom, jestli se jedná o zvýšená místa nebo hloubky modelace (v různých částech odlitku se pak bude vyskytovat i rozdílné množství vrstev). Různé pojivové systémy se mohou chovat odlišně – rozdílně reagovat na změny okolního prostředí (teploty, vlhkosti), což může vést k pnutí, případně oddělení jednotlivých technologických vrstev. Specifikem patin na sádře je také užití různorodých materiálů, které sloužily jako plniva, respektive pigmenty. Můžeme se setkat se škálou práškových kovů či různých drtí (cihlová, mramorová), přičemž některé z těchto materiálů při dlouhodobější expozici degradují.¹⁷⁴

Při restaurování objektu s povrchovou úpravou je nezbytné tuto úpravu považovat za nedílnou součást originálu a takto k ní přistupovat v rámci restaurátorského zásahu. Tento rovnocenný přístup se však prosazuje až v moderní restaurátorské praxi.

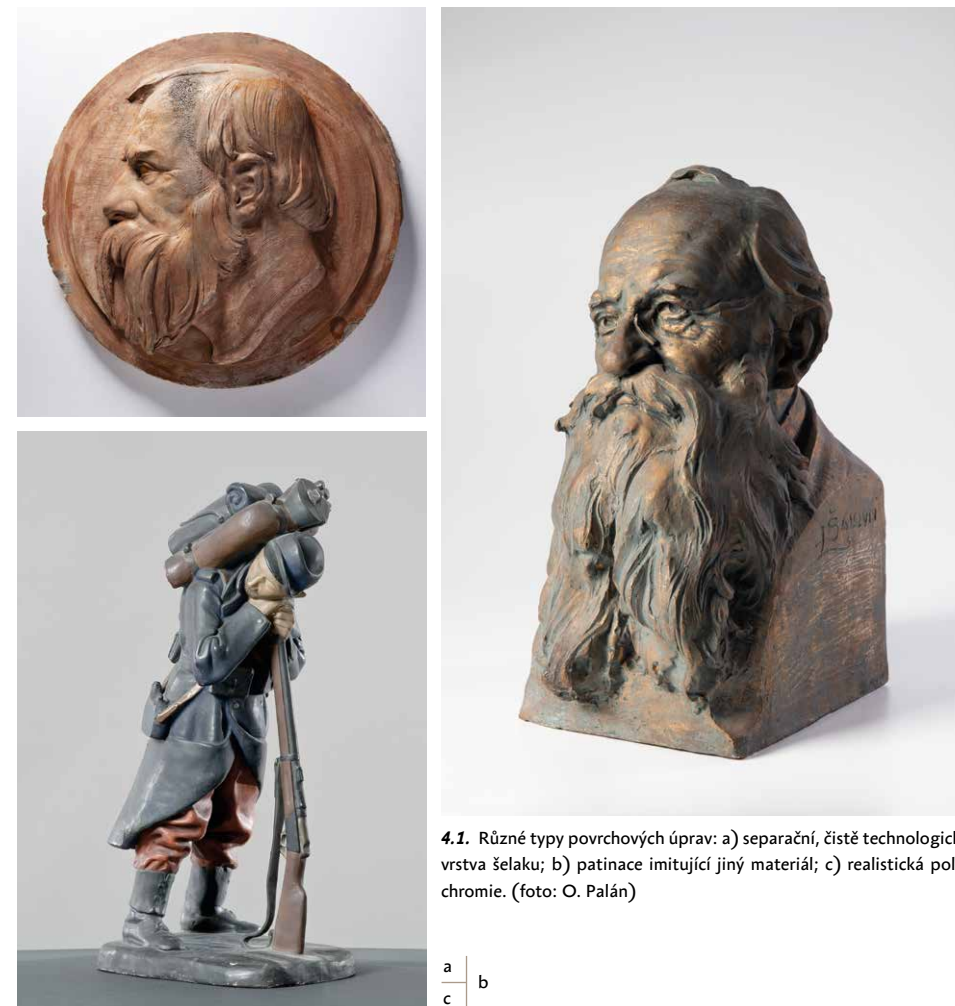
V minulosti bylo běžné při obnově zpráškovatělé, odloučené či zkrakelované barevné úpravy nerestaurovat, ale spíše překrýt novými vrstvami, aby se zakrylo stávající poškození, případně byly tyto povrchové úpravy zafixovány nevhodným materiálem, nebo převoskovány. Taková úprava mohla vést k výrazné proměně optických vlastností povrchové vrstvy například k prohloubení barevnosti nebo změně opacity.¹⁷⁵ K překrytí povrchu nátěrem nebo patinou bylo přistupováno i v případech, kdy byl původně neošetřený povrch výrazně znečištěn.¹⁷⁶ V případě sbírek odlitků historických děl docházelo někdy i k několikanásobnému překrývání povrchových úprav

74 KOLLER, Manfred. Die Erhaltungsprobleme der Ringstrassenmodelle in Wien.

75 KLIIFA, Maria a Michael DOULGERIDIS. The Contribution of Plaster Sculptures and Casts to Successful Conservation Interventions at the National Gallery of Greece, Athens.

76 Více k překrytí sádrového povrchu sekundárními úpravami a jejich odstraňování viz: GASCA MIRAMÓN, Judit, Angeles GASCA MIRAMÓN, Judit, Angeles SOLIS PARA a Silvia VIANA SÁNCHEZ. La restauración de los vaciados en yeso de la colección Velázquez.

v závislosti na změnách v museografii a tím i způsobu, jak měly být odlitky prezentovány.¹⁷⁷ Zatímco zejména v době vzniku sbírek v druhé polovině 19. století byl prosazován názor, že odlitky by měly být čistě bílé, postupně se vystřídaly různé přístupy, kdy byly odlitky opatřeny patinou imitující originál toho kterého díla, případně byly sjednocovány patiny v rámci jednotlivých souborů.



4.1. Různé typy povrchových úprav: a) separační, čistě technologická vrstva šelaku; b) patinace imitující jiný materiál; c) realistická polychromie. (foto: O. Palán)

a
b
c

77 BEAUZAC, Julie. L'histoire matérielle des moulages du musée de Sculpture comparée (1897–1927).

Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry

R. Tišlová — J. Ďoubal — P. Zítková

Popsání vlastností sádry a z ní zhotovených odlitků je nezbytné pro celkové pochopení chování materiálu v různých podmínkách expozice. V souvislostech chemické a mineralogické skladby i fyzikálních a mechanických vlastností můžeme pochopit chování materiálu i degradačních procesů sádrových odlitků. Vlastnosti odlitků ovlivňují výběr restaurátorských materiálů a postupů, zároveň také určují podmínky preventivní péče.

5.1 Složení sádrového pojiva

Sádrové odlitky se připravují z tzv. štukatérské neboli modelační sádry, která se získává nejčastěji pálením (kalcinací) sádrovce za nízkých teplot. Sádrovec je dihydrát síranu vápenatého ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), který pálením zpravidla při teplotě 100–160 °C (v závislosti na technologii výpalu) dehydratuje, tzn., že ztrácí krystalickou vodu a stává se z něj hemihydrát ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), tzv. rychle tuhnoucí sádra.^[78] Pálením při vyšších teplotách, zpravidla nad 175 °C, v závislosti na kalcinačních podmínkách, vznikají anhydritové maltoviny (Anhydrit III a Anhydrit II). Anhydrity se od štukatérské sádry zásadně liší vlastnostmi, zejména dobou tuhnutí a pevností, které nejsou příliš vhodné pro použití na přípravu odlitků, ale spíše pro přípravu omítek. Pálením sádrovce na vysokou teplotu okolo 1000 °C lze dosáhnout vzniku Anhydritu I za současného rozkladu sádrovce na oxid vápenatý a oxid sírový, tzv. Estrichovy sádry, pojiva hojně užívaného zejména v Německu pro přípravu tvrdých omítek a podlah.^[79]

78 SCHULZE, Walter a Vladimír LACH. *Necementové malty a betony*, s. 68.

79 ODLER, Ivan. *Special Inorganic Cements*, s. 209–210.

Hlavní složkou rychle tuhoucích sáder je hemihydrát síranu vápenatého, který se vyskytuje ve dvou modifikacích, α a β -hemihydrátu, vznikající v závislosti na technologii a podmínkách přípravy. Pro umělecké účely a odlévání do forem se nejčastěji používá forma β , která rychleji tuhne. Fázové složení štukatérské sádry je závislé na procesu dehydratace, která utváří technologické vlastnosti sádry. Za normálního tlaku vzniká kalcinací převážně β -hemihydrát. Pálením sádry při teplotách 115–125 °C a speciálních podmínkách pálení v autoklávu za zvýšeného tlaku v prostředí nasyceném vodní parou nebo za normálního tlaku dehydratací ze solných roztoků se vytváří α -hemihydrát. Tato modifikace se vyznačuje dobře vyvinutými krystaly hemihydrátu, které mají obecně pomalejší tuhnutí při hydrataci a díky nižšímu měrnému povrchu menší spotřebu vody. Štukatérská sádra, tvořená převážně z β -hemihydrátu, má krystaly tvarově a velikostně nehomogenní a vyžaduje vyšší množství vody pro docílení stejné konzistence jako α -hemihydrát. Kvůli nepravidelnému tvaru krystalů také podstatně rychleji tuhne.^[80]

Dle tuzemské klasifikace lze rychle tuhnoucí sádry charakterizovat dobou tuhnutí mezi 2–15 minutami (třída tuhnutí A), norma dále klasifikuje jemnost mletí sádrových pojiv a jejich pevnost. Štukatérské sádry se mohou vyznačovat rozdílnou pevností 2–25 MPa (hodnoty po dvou hodinách po smíchání) v závislosti na obsahu hemihydrátů.^[81] Rychle tuhnoucí sádry s vyšším obsahem α -hemihydrátu jsou obecně pevnější.

FÁZOVÉ SLOŽENÍ	OBSAH FÁZÍ V HM. %			
	Komerční štukatérská sádra	Historický odlitek (vzorek 1)	Historický odlitek (vzorek 2)	Historický odlitek (vzorek 3)
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	–	94,6	92,0	95,7
$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	74,0	–	–	–
CaSO_4	23,0	–	–	–
SrSO_4	–	0,3	0,8	0,9
SiO_2	stopy	0,3	0,2	0,4
Amorfní fáze	3,0	4,8	7,0	3,0

Tab. 1: Fázové složení komerční rychle tuhnoucí sádry a vzorků historických sádrových odlitků stanovené rentgenovou práškovou difrakční analýzou, kvantitativní analýza. Vzorek 1–3: úlomky historických odlitků z pozůstalosti S. Suchardy, datace: přelom 19. a 20. století, uložení: depozitář Suchardova vila.

80 KALIVODA, Karel. *Výroba alfa sádry s využitím chloridových odprašků*, s. 13–20.

81 Klasifikace dle stávající normy ČSN 72 2301 (2009), v normě EN 13279-1 se klasifikace dle doby tuhnutí neuvádí.

5.2 Výroba štukatérské sádry – historie a současnost

Rychle tuhnoucí sádra se tradičně vyráběla pálením základního minerálu sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) získávaného z lomů.^[82] Pro speciální sochařské účely nebo štukové práce se vyráběla sádra pálením alabastru – jemnozrnné, bílé, transparentní horniny stejného mineralogického složení jako má sádrovec. Sádro lze v současnosti také vyrábět pálením sádrovce, který vzniká jako vedlejší produkt jiných průmyslových procesů, například při odsíření spalin, které produkují tepelné elektrárny při spalování fosilních paliv.

Historicky se pálení rychle tuhnoucí sádry provádělo v jednoduchých polních pecích různých konstrukcí, které se stavěly většinou přímo v lomu.^[83] Nejjednodušší pece byly zpravidla maloobjemové, vystavené vyskládáním kamenů sádrovce do uzavřeného prostoru s klenbou. Pece se obvykle stavěly proti svahu nebo do záspů, neboť se využívalo izolačních schopností zemitého terénu i možnosti regulovat povětrnostní podmínky.

V druhé polovině 19. století nastává s postupem industrializace velkoobjemová produkce sádry realizovaná rozvinutými technologickými postupy a zařízeními umožňujícími komplexní výrobu – drcení, třídění suroviny, mletí i její pálení, u vypáleného produktu následovalo zpracování mletím a proséváním.^[84] Pálení bylo prováděno v šachtových, kruhových nebo rotačních pecích umožňujících kontinuální produkci.^[85] Nejčastější způsob pálení na poč. 20. století představovalo pálení sádry ve vařácích (kotlích), ve kterých se pálí na prášek rozemletý sádrovec. Podmínky pálení štukatérské sádry se značně odlišovaly od výroby ostatních vysoce pálených sádrových pojiv; základním rozdílem byla poměrně nízká teplota, kterou bylo nutné udržet v peci dostatečně dlouhou dobu pro dosažení úplné kalcinace. Kameny sádrovce se roztloukaly na drobné kousky nebo v případě vaření ve vařácích se užíval před tím namletý prášek; nejprve se surovina několik hodin pálila na nižší teplotu okolo 80 °C, po ní následovalo samotné pálení na teplotu 100–110 °C, které trvalo přibližně po dobu 8 hodin. Po vychlazení (cca za 12 hodin) se prášek ještě dále rozemílal. Aby se prášek nepřepálil, teplota „vaření“ musela být pečlivě kontrolována. Zároveň se muselo bránit přímému kontaktu hořáku s pálenou surovinou, protože by znehodnotil vlastnosti výsledného produktu.^[86]

82 Jediná známá lokalita, kde se v České republice těžil přírodní sádrovec, leží na okraji Opavy (Kateřinky, Koberovice).

83 KALIVODA, Karel. *Výroba alfa sádry s využitím chloridových odprašků*, s. 32–42.

84 SCHOCH, Karl a Hans NITZSCHE. *Die Mörtel-Bindestoffe Zement, Kalk, Gips*, s. 164–191.

85 THORPE, Edward. *A Dictionary of Applied Chemistry*, s. 612–613.

86 FREDERICK, Frank Forrest. *Plaster Casts and How They are Made: A Manual for Art Students and Amateurs*, s. 35–38.

O výsledných vlastnostech sádry zásadním způsobem rozhoduje velikost částic (jemnost). Rozměňování sádry se tradičně provádělo ručně dřevěnými tloučkami, v moderní industriální praxi od pol. 19. století v mlýnech. Výsledná surovina se dále třídila proséváním. Jemnost mletí zásadně ovlivňuje rychlost tuhnutí i pevnost výsledného sádrového materiálu; jemně mleté sádry rychle tuhnou a vyznačují se vysokou pevností a naopak. Velmi jemně mleté sádry jsou však pro použití nevhodné, neboť se kvůli rychlosti tuhnutí nedají zpracovat.^[87]

Podle technologie a podmínek přípravy (kalcinace) lze připravit několik druhů sádry od rychle tuhnoucí po pomalu tuhnoucí. Pro umělecké účely a odlévání do forem se nejčastěji používá sádra rychle tuhnoucí, označovaná jako štukatérská nebo modelářská. Štukatérskou sádru lze ve starší literatuře nalézt pod označením „Plaster of Paris“ podle rozsáhlých depozitů sádrovice v okolí Paříže, které se pro výrobu sádry využívaly již od středověku.^[88] Označení rychle tuhnoucí sádra je odvozeno podle rychlého tuhnutí při smíchání s vodou, které nastává přibližně mezi 2–15 minutami po zamíchání.^[89] V současnosti se rychle tuhnoucí sádry vyrábí převážně v autoklávech nebo rotačních pecích za kontrolovaných podmínek, které udržují homogenní vlastnosti výsledného produktu. Pálení těchto sáder probíhá za nízkých teplot 105–160 °C,^[90] při kterých sádrovec dehydratuje, tzn., že ztrácí vázanou vodu a stává se z něj hemihydrát ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Pro tvorbu odlitků se zpravidla používá β -hemihydrát, základem sáder určených pro odlévání, kde je požadována vysoká pevnost, je naopak α -hemihydrát.

Při vyšší teplotě pálení, zpravidla nad 200 °C vznikají anhydrity, které se liší vlastnostmi podle teploty výpalu. Vysoce pálené anhydrity jsou klasifikovány jako pomalu tuhnoucí sádry a vyznačují se vysokou pevností. V historii a současnosti se užívají v jiných oblastech stavebnictví než pro odlévání, například pro sádrové omítky do exteriéru, podlahy aj.^[91] Příkladem anhydritové sádry je například tzv. Estrichová sádra, která se připravuje pálením při teplotě nad 850 °C.

87 SCHOCH, Karl a Hans NITZSCHE. *Die Mörtel-Bindestoffe Zement, Kalk, Gips*, s. 161.

88 MILLAR, William. *Plastering Plain and Decorative: A practical treatise on the art and craft of plastering and modelling*, s. 35–39. LE DANTEC, Tiffanie. *Gypsum external renders of Paris: history and fabrication*.

89 Dle současné klasifikace sádrových pojiv normou ČSN 72 2301 (2009).

90 Přesný interval závisí na mnoha faktorech – složení suroviny, velikosti částic, technologii výpalu aj.

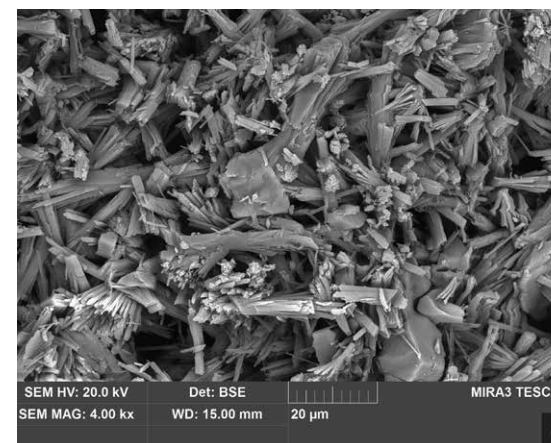
91 Tuhnutí pomalu tuhnoucí sádry nastává po 2–5 hodinách po smísení pojiva s vodou a končí po 6–8 hodinách.

5.3 Tuhnutí štukatérské sádry

K tuhnutí sádry dochází po opětovném smíchání vypálené sádry (hemihydrátu) s vodou (rehydratace). Při této reakci dochází k tuhnutí a vzniká opět pevný produkt dihydrátu. Reakce sádry s vodou je doprovázena poměrně výrazným zvýšením teploty (reakce je exotermická). Zvyšuje se také její objem, v literatuře se uvádí nárůst o 0,5–1 objemového procenta, což pomáhá při vylití jemných detailů forem.^[92]

Podrobnější vzhled do kinetiky hydratace ukazuje, že reakce probíhá ve třech stádiích.^[93] První, iniciační fáze, je tzv. indukční perioda, při které nedochází k hydrataci. Tato perioda je poměrně krátká a prakticky umožňuje zamíchání a zpracování sádrové směsi. V této fázi dochází k rozpuštění částic hemihydrátu, přičemž rychlost rozpouštění výrazně závisí na velikosti částic. Navazující fázi, která probíhá prakticky paralelně s probíhajícími rozpouštěním, je reakční fáze následovaná pomalou hydratací. Během hydratační fáze nastává krystalizace dihydrátu, směs tuhne a vytváří pevnou strukturu. Matrice je tvořena sítí krystalů sádrovice, které mají charakteristický jehlicovitý tvar (**obr. 5.1**). Pro finální mikrostrukturu odlitků sádry je typická vedle morfologie krystalů také vysoce porézní struktura (více v kapitole „5.5 Mikrostrukturní vlastnosti sádry“).

Rychlost tuhnutí lze při přípravě odlitků upravit změnou podmínek a postupem přípravy sádrové směsi, například množstvím a teplotou vody nebo intenzitou míchání. Tuhnutí může dále ovlivňovat čistota vody^[94] i sádry, případně přídavek příměsí, které proces vytvrzování zpomalují nebo urychlují.



5.1. Charakteristická mikrostruktura sádrových odlitků. Snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). (foto: R. Tišlová)

92 SENG, Gabriel. *Élaboration et caractéristiques des plâtres de staff et de moulage*.

93 ADRIEN, Jérôme, Sylvain MEILLE, Solène TADIER, Eric MAIRE a Layla SASAKI. *In-situ X-ray tomographic monitoring of gypsum plaster setting*.

94 V některých praktických příručkách se často uvádí doporučení přidat dešťovou vodu, která nejen urychluje rychlost tuhnutí, ale údajně i zvyšuje pevnost sádrových odlitků.

VODNÍ SOUČINITEL (v/s)	DOBA TUHnutí ČSN (min)	POČÁTEK TUHnutí (min)	KONEC TUHnutí (min)
0,4	3,2	–	7,4
0,6*	7,5	20,3	22,0
0,8	9,5	26,6	29,3

Pozn.: * Hodnota vodního součinitele běžně používaná pro přípravu odlitků.

Tab. 2: Vliv množství vody na dobu tuhnutí štukatérské sádry. Doba tuhnutí byla stanovena tzv. nožovou metodou (ČSN EN 13279-2, odst. 4.4.1), měření bylo provedeno dle metody Vicata. Sádrové vzorky byly připraveny při teplotě 18 °C, za stejných podmínek míchání.

TEPLOTA ZÁMĚSOVÉ VODY (°C)	DOBA TUHnutí ČSN (min)	POČÁTEK TUHnutí (min)	KONEC TUHnutí (min)
15	8,5	18,5	22,0
20	7,5	20,0	22,0
30	7,0	14,5	16,5

Tab. 3: Vliv teploty záměsové vody (15–30 °C) na dobu tuhnutí štukatérské sádry. Postup stanovení viz tab. 2. Sádrové vzorky byly připraveny s vodním součinitelem 0,6 za stejných podmínek míchání.

Vliv obsahu vody v sádrové záměsi na průběh tuhnutí studovali sami autoři kapitoly (tab. 2). Vyšší objem vody přidávaný do práškové sádry, zde vyjádřený jako vodní součinitel (hm. poměr voda/sádra), prodlužuje dobu zpracovatelnosti. Méně výrazný vliv má na rychlost tuhnutí teplota vody a intenzita míchání (tab. 3).

5.4 Vliv příměsí

Vzhledem k vysoké reaktivitě štukatérské sádry po smíchání s vodou se kvůli prodloužení doby zpracování někdy přidávají zpomalovače tuhnutí. Zpomalení čili retardace lze dosáhnout přísadami organického i anorganického původu, které prodlužují indukční periodu nebo zpomalují vlastní průběh tuhnutí sádry. Vedle účinku na tuhnutí však přísadami dochází velmi často k ovlivnění strukturních vlastností sádry, například porozity a také mechanických vlastností jako pevnosti nebo tvrdosti.^[95] Účinek jednotlivých aditiv je navíc velmi individuální, stejně jako se liší mechanismus jejich účinku na průběh tuhnutí.

Tradiční zpomalující přísady, o kterých píše starší příručky pro sochaře a štukatéry, jsou nejčastěji založené na použití přírodních organických látek nebo anorganických solí; v nejstarších z nich jsou jmenovány kliš či želatina, dále extrakty z rostlin

95 CAMARINI, Gladis, Maria Clara Cavalini PINTO, Aline Goulart de MOURA a Natalia Reggiani MANZO. Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components.

slézu nebo ibiškového kořene či kůry z jilmu.^[96] Retardační účinek na tuhnutí sádry má i vaječný bílek.^[97] Z anorganických látek s retardačním účinkem je nutné zmínit anorganické soli jako například borax, který se používal buď jako nasycený, nebo jako zředěný roztok, který se dále ředil podle toho, jak mělo být tuhnutí zpomaleno.^[98] Mezi tradiční látky s výraznými retardačními účinky patří vápno, vápenná voda, z anorganických solí zpomalují tuhnutí látky, které snižují rozpustnost samotného hemihydrátu, například chlorid vápenatý,^[99] který je však v jiné literatuře naopak uváděn jako látka urychlující tuhnutí. Případ chloridu vápenatého naznačuje, že vliv solí je velmi komplikovaný a závisí na mnoha okolnostech jako například typu kationu a anionu, koncentrace přidávané soli apod.^[100]

Mezi vysoce účinné retardanty organického původu, které se snad nejčastěji využívají v současnosti do průmyslových suchých štukatérských směsí na bázi sádry, patří organické kyseliny (kyselina vinná, kyselina citrónová, příp. kyselina malonová). Příměsi se přidávají do suché hemihydrátové sádry a jsou vysoce účinné již ve velmi nízké koncentraci okolo 0,04–0,1 hm. %.^[101] V této koncentraci prodlužují přísady dobu tuhnutí z jednotek na desítky minut, s rostoucí koncentrací přísad se však výrazně redukuje pevnost odlitků nebo jejich tvrdost.^[102] Retardační účinky na tuhnutí dále podporuje příměs vápenného hydrátu, který ovlivňuje tuhnutí již v koncentraci okolo 0,5 hm. %. Vysvětlení účinku obou přísad spočívá v tom, že kyselina vinná při smíchání s vodou v přítomnosti vápna reaguje za vzniku vinanu vápenatého, který se vysráží přednostně na povrchu částic sádry. Vzhledem k nízké rozpustnosti vinanu vápenatého je zpomaleno pronikání vody k povrchu zrn hemihydrátu a zpomalení procesu hydratace.^[103] Podobný retardační účinek byl prokázán také u některých solí výše zmíněných kyselin.^[104] Na zpomalení tuhnutí mají však vliv i další látky jako ethery celulózy, například karboxymethylcelulóza (CMC).^[105]

96 ARCOLAO, Carla. *Le ricette del restauro: malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, s. 84, 107–108.

97 RIDGE, M. J., H. SURKEVICIUS a K. I. LARDNER. Hydration of calcium sulphate hemihydrate. II. Acceleration by neutral salts.

98 BERNHARD, Ludwig. *Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und Künstlicher Marmor: Ein Handbuch für die Gips verarbeitenden Gewerbe und Industrien*, s. 30–39.

99 SCHOCH, Karl a Hans NITZSCHE. *Die Mörtel-Bindestoffe Zement, Kalk, Gips*, s. 162

100 RIDGE, M. J., H. SURKEVICIUS a K. I. LARDNER. Hydration of calcium sulphate hemihydrate. II. Acceleration by neutral salts.

101 FRIDRICHOVÁ, Marcela, Věra DVOŘÁKOVÁ a Jan NOVÁK. Možnost retardace hemihydrátové sádry.

102 CAMARINI, Gladis, Maria Clara Cavalini PINTO, Aline Goulart de MOURA a Natalia Reggiani MANZO. Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components.

103 MIDDENDORF, Bernhard. *Charakterisierung historisches Mörtel aus Ziegelmauerwerk und Entwicklung von wasserresistenten Fugenmorteln auf Gipsbasis*, s. 74.

104 WEISER, H. B. a F. B. MORELAND. The Setting of Plaster of Paris.

105 BALTAR, Leila Magalhães, Carlos Adolpho Magalhães BALTAR a Mohand BENACHOUR. Effect of carboxymethylcellulose on gypsum re-hydration process.

Na závěr se krátce zmiňme o opačném účinku některých látek na rychlost tuhnutí. Urychlovací účinek na tuhnutí vykazuje většina běžných anorganických solí (chlorid sodný, síran sodný i draselný,^[106] salmiak^[107]), stejný účinek bude mít dále například i přísádek pevných příměsí. Příkladem může být příměs mikroplniv jako mikrosiliky, jílu nebo například práškového síranu vápenatého, které již v malém množství působí jako iniciační centra krystalizace, urychlují tuhnutí a zároveň ovlivňují mechanické vlastnosti odlitku, ale i například odolnost vůči působení vody.^[108]

5.5 Mikrostrukturní vlastnosti sádry

Průběh tuhnutí sádrových odlitků určuje mikrostrukturní vlastnosti odlitků, zejména celkovou pórovitost, velikost a tvar pórů i jejich distribuci. Jak již bylo naznačeno výše, jsou sádrové odlitky vysoce porézními materiály, jejichž vysoká porozita je dána postupem jejich přípravy při mísení s vodou. Porozitu a mikrostrukturní homogenitu ovlivňuje také tvar a velikosti částic utvářené technologickým postupem pálení; β -hemihydrát má zpravidla větší pórovitost než α -hemihydrát, protože při pálení β -hemihydrátu vznikají díky použité technologii pálení na sucho nepravidelné krystalky s mnoha póry a trhlinkami.^[109] Pro hydrataci hemihydrátu stačí sádre 18,6 % vody, avšak pro plastickou nebo licí zpracovatelnost se do sádry musí přidat vody výrazně více, kolem 60–70 % z hmotnosti sypké sádry. Množství přidané vody zásadně ovlivňuje porézní vlastnosti odlitku; čím více vody se do sádrové záměsi přidá, tím větší bude mít zatvrdlá sádra porozitu (**tab. 4**). U odlitků z forem, pro které se běžně užívá vodní součinitel okolo 0,6 (hm. poměr voda/sádra), je celková porozita výsledného odlitku kolem 50 %. Z hlediska distribuce pórů jsou v odlitku nejvíce zastoupeny póry s velikostí řádu 10^0 – 10^1 μm , které spadají do oblasti tzv. kapilárních pórů, které vznikají při hydratační reakci rozpouštěním částic hemihydrátu (**obr. 5.2**).^[110] Kapilární póry se v porézních materiálech podílejí na transportu vody a roztoků.^[111] V matrici

106 AHMADI MOGHADAM, Hajar a Ali MIRZAEI. Comparing the effects of a retarder and accelerator on properties of gypsum building plaster.

107 CLIFTON, James, R. *Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster*, s. 38.

108 KONDRATIEVA, Nataliia, Maud BARRE, François GOUTENOIRE a Myroslav SANYTSKY. Study of modified gypsum binder.

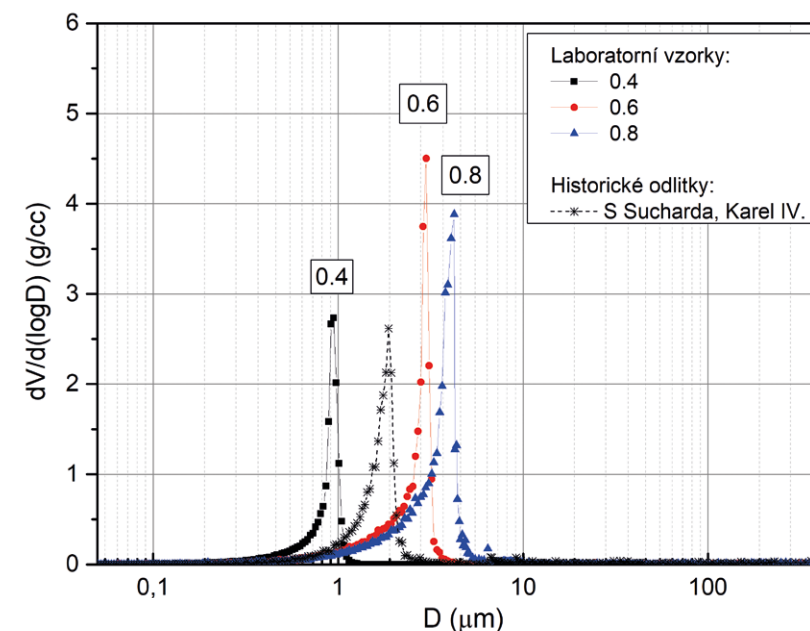
109 KOTLÍK, Petr. *Stavební materiály historických objektů: materiály, korozie, sanace*, s. 22.

110 Podle klasifikace velikosti pórů dle International Union of Pure and Applied Chemistry IUPAC se kapilární póry vyznačují velikostí 1–100 μm . Zdroj: EVERETT, Douglas Hugh, ed. *Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: APPENDIX II Definitions, Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry*.

111 THOMSON, Margaret a Jan GROOT. Porosity of Mortars. *Characterisation of Old Mortars with respect to their repair*.

SÁDROVÝ ODLITEK ZE ŠTUKATÉRSKÉ SÁDRY	CELKOVÁ POROZITA (%)	STŘEDNÍ VELIKOST PÓRŮ (μm)	KOEFICIENT KAPILÁRNÍ NASÁKAVOSTI ETHANOLEM ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hod}^{-1/2}$)
laboratorní vzorek, vodní součinitel 0,4	36,0	0,8	–
laboratorní vzorek, vodní součinitel 0,6	49,9	2,0	24,4
laboratorní vzorek, vodní součinitel 0,8	54,6	2,5	6,8
historický odlitek 1 (V4)	55,3	0,8	–
historický odlitek 2 (V2)	49,6	1,6	–

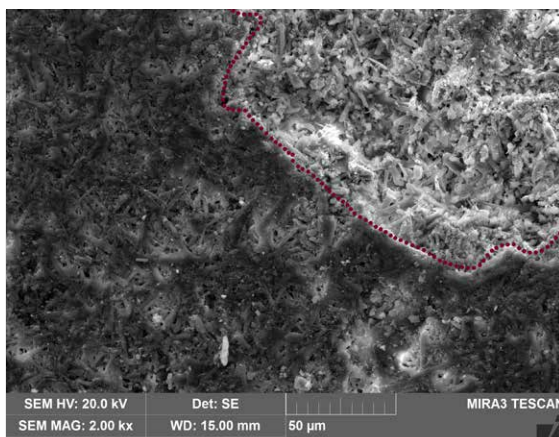
Tab. 4: Hodnoty celkové porozity, střední velikosti pórů a koeficientu kapilární nasákavosti sádrových odlitků ethanolem – laboratorní vzorky a historické odlitky. Historický odlitek 1: plastika Karla IV., autor: S. Sucharda, historický odlitek 2: úlomek původního odlitku, sbírka S. Suchardy, datace obou historických vzorků: přelom 19. a 20. století, uložení: Suchardova vila. Pro přípravu laboratorních vzorků byla použita štukatérská sádra *Almod LC* o složení 74 % β - CaSO_4 , 0,5 H_2O , 23 % CaSO_4 .



5.2. Distribuce velikosti pórů sádrových odlitků – laboratorních vzorků i historických odlitků. Laboratorní vzorky byly připraveny s vodním součinitelem 0,4, 0,6, a 0,8. Pro přípravu vzorků byla použita štukatérská sádra *Almod LC*, složení viz **tab. 4**.

jsou dále zastoupené a pouhým okem často viditelné oválné vzduchové makropóry, které se do směsi dostávají při míchání sádrové směsi. Minoritně jsou také ve struktuře zastoupeny velmi malé tzv. mikropóry vznikající jako mezikrystalické prostory v síti krystalů dihydrátu.

Porozita a zvláště distribuce pórů je pak kromě množství přidávané vody ovlivněna dalšími faktory, mezi které patří zvláště velikost částic práškové sádry; obecně platí, že čím je sádra jemnější, tím bude mít více menších pórů. Porozitu odlitku dále ovlivňuje zpracování; při odlévání dochází u stěny formy k tlakům, které způsobují deformování krystalů na povrchu odlitku, krystaly dihydrátu se zplošťují a povrch odlitku je hladší. Krystalická struktura na povrchu odlitku je zároveň méně porézní než jádro odlitku, kde krystaly rostou volně do všech stran a vytváří obecně hrubší strukturu (**obr. 5.3**). Efektu deformace krystalů, a tudíž i snížení porozity v povrchové vrstvě, lze dosáhnout i při nanášení sádry špachtlí.^[112]



5.3. Morfologie krystalů sádrovce na povrchu (levá část snímku) a ve struktuře odlitku (pravá část), odlitek ze silikonové formy. Povrch odlitku je méně porézní a vyznačuje se charakteristickou podélnou orientací krystalů sádrovce. Snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) v režimu sekundárních elektronů (SE). (foto: R. Tišlová)

Pórovitost a zejména skladba pórů je stejně jako u ostatních porézních anorganických stavebních materiálů odpovědná za transportní chování materiálů. Ovlivňuje nejen výše zmíněnou kapilární nasákavost materiálu kapalinami (**tab. 4**), ale i schopnost materiálu přijímat a transportovat jiné látky aplikované při vlastním restaurování (například konsolidanty, povrchové úpravy a jiné). Kromě nasákavosti ovlivňuje porozita a skladba pórů propustnost materiálu pro vodní páru, a to ve směru z prostředí do materiálu (navlhání) a opačně (vysychání). Podle porozity materiálu a jeho kapilárních vlastností se v neposlední řadě můžeme orientovat i při návrhu vhodné opravné technologie (metoda čištění, konsolidace atd.) nebo například při posouzení účinku použitých materiálů pro restaurování.

112 BEALE, Arthur. The Conservation of plaster Casts. KUPILÍK, Václav. Chování sádry v různých provozních podmínkách.

Porézní vlastnosti sádry mají přímý vliv také na afinitu materiálu ke znečištění, což je u sádrových materiálů zvláště závažný problém. Sádrové odlitky se snadno znečistí prachovými depozity a nečistotami. Zvláště ve vlhkých podmínkách pak může docházet k migraci nečistot v materiálu a mohou se vytvářet místa s rozdílnou mírou znečištění.

V neposlední řadě ovlivňuje porozita sádrových materiálů jejich mechanické vlastnosti, ale také například tepelnou vodivost.^[113] Tyto vlastnosti jsou však utvářeny nejen porozitou odlitku, ale v první řadě vlastnostmi samotného pojiva (chemickým, fázovým složením, jeho čistotou, obsahem příměsí, jemností a jinými).

5.6 Adsorpční schopnost a hygroscopicita sádry

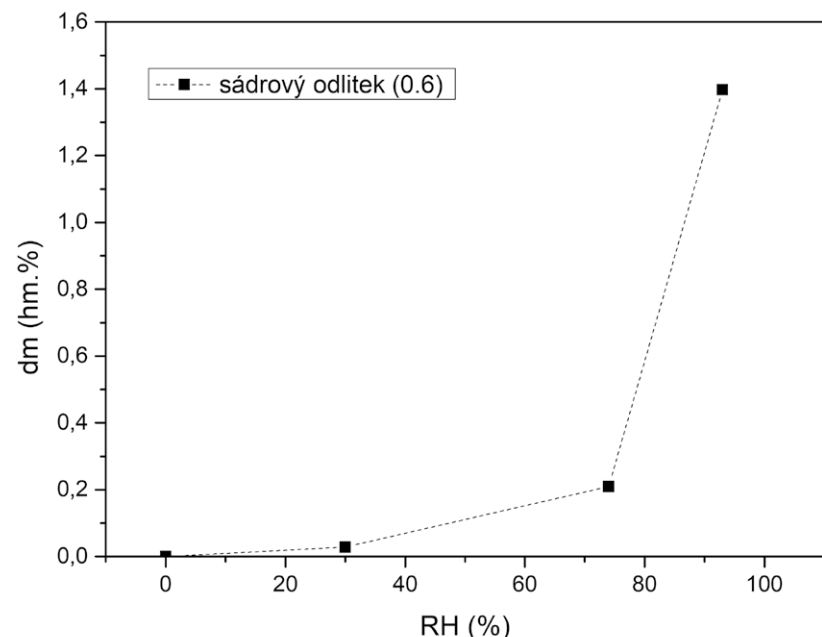
Adsorpce porézních materiálů obecně souvisí s jejich vlastnostmi. Nejvýrazněji ovlivňuje adsorpci látkové složení materiálu, dále mikrostruktura (zvláště porozita, velikost a distribuce pórů) a měrný povrch substrátu. Platí, že čím vyšší je jeho pórovitost a měrný povrch částic, tím vyšší je adsorpce, kterou však dále ovlivňují podmínky, při jakých adsorpce nastává (teplota, tlak). V případě sádry nás nejvíce zajímá adsorpční chování sádry při změně vlhkosti okolního prostředí, tzv. navlhavost. Při normálních podmínkách dochází u sádry zpravidla pouze k tzv. fyzikální sorpci molekul vody, při které jsou molekuly vody slabými ne vazebnými silami poutány k pevné matici podkladu. Vzhledem k tomu, že se jedná o slabé síly, proměňuje se tento stav v závislosti na okolních podmínkách a sádra při uložení v suchých podmínkách nebo při zahřátí snadno desorbuje, odlitek vysychá. V případě sádry dochází k navlhání v prostředí se zvýšenou relativní vzdušnou vlhkostí nad 60 %^[114] (**obr. 5.4**), některé zdroje uvádí až 70 % RH,^[115] což je důležitý údaj zvláště při vymezení podmínek uložení sádrových odlitků.^[116]

113 BICER, Ayse a Filiz KAR. Thermal and mechanical properties of gypsum plaster mixed with expanded polystyrene and tragacanth.

114 Autoři kapitoly provedli systematické měření navlhavosti sádrových vzorků při různých hodnotách RH okolního prostředí. Ke zvýšení navlhavosti dochází u sádrových odlitků s běžnou recepturou (vodní součinitel 0,6) vzorků nad 60 % RH. Hodnoty navlhavosti udávané v hm. % při 60 % činí 0,15 %, nejvyšší změny hmotnosti vzorku okolo 1,4 hm. % byly zaznamenány v prostředí nasyceném vodní párou (přibližně 95 %).

115 KANG, Yujin, Seong Jin CHANG a Sumim KIM. Hygrothermal behavior evaluation of walls improving heat and moisture performance on gypsum boards by adding porous materials.

116 Fyzikální adsorpce nastává u kapilárních pórů postupně ve vrstvách. Při určitém rovnovážném tlaku nastává v kapilárních pórech kondenzace, která může být pro sádrové materiály ohrožující. Z tohoto hlediska jsou vůči sádře ohrožující více než vlhkost, při kterých nastává adsorpce, hodnoty rovnovážného tlaku, při kterých nastává kapilární kondenzace na sádrovém substrátu. Klasifikace pórů dle: BRUNAUER, Stephen, P. H. EMMET a Edward TELLER. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers.



5.4. Navlhavost sádrových odlitků v prostředí s různou relativní vlhkostí. Pro přípravu vzorků byla použita štukatérská sádra *Almod LC*, vzorky byly připraveny jako odlitky s vodním součinitelem 0,6.

Výše popsaná citlivost na změny vlhkosti prostředí není zpravidla příčinou vzniku poškození, pokud není překročena mezní hodnota vlhkosti, při které nastane na pevné fázi substrátu kondenzace, která může způsobovat jeho rozpouštění nebo chemickou interakci. V tomto ohledu je pro sádro stejně nebezpečný druhý typ adsorpce, tzv. chemisorpce, při které dochází ke vzniku chemické vazby mezi substrátem a absorbovanou látkou (v případě vody se jedná o absorpci vody v plynném či kapalném skupenství), která probíhá za upravených podmínek, nejčastěji zvýšené teploty. K desorpci, při které se odstraňuje chemicky vázaná voda z dihydrátu za vzniku hemihydrationu nebo až anhydritu, dochází vlivem zvýšené teploty (zahřátím odlitku). O účinku teploty je pojednáno v následující části textu.

S adsorpcí volné vody nebo vlhkosti souvisí další vlastnost sádry, tzv. hygroskopicitata, což je obecná schopnost látek přijímat ze vzdušné vlhkosti vodu a zadržovat ji. Míru schopnosti substrátu vázat vzdušnou vlhkost lze vyjádřit pomocí tzv. rovnovážné vlhkosti, která udává hodnotu relativní vlhkosti, která se vytvoří nad nasyceným roztokem soli za dané teploty v uzavřeném systému. Je to hodnota, při které je roztok soli s okolím v rovnováze – vodu nepřijímá a ani neuvolňuje. Při vyšší okolní relativní vzdušné vlhkosti dochází k „samozředění“ roztoku soli a k vázání vody z okolí. Naopak při poklesu okolních hodnot vlhkosti pod rovnovážnou hodnotu roztok vodu



5.5. Výkvěty sádrového pojiva na povrchu odlitku dlouhodobě skladovaného v prostředí s relativní vzdušnou vlhkostí 93–100 %. (foto: P. Zítková)

uvolňuje a látka krystalizuje. U jednotlivých solí se tato schopnost liší a pro sádro (tj. dihydrát síranu vápenatého) se hodnoty pohybují velmi vysoko okolo 98–99 %.^[117] Sádrové odlitky jsou takovým změnám podmínek vystaveny spíše výjimečně, například v případech uložení sádrových materiálů v exteriéru nebo při uložení sáder ve vlhkých neudržovaných prostorách s konstrukčními vadami, po záplavách apod. U takto uložených sáder se pak vliv změny vlhkosti projevuje vznikem eflorescencí sádrového pojiva (**obr. 5.5**).

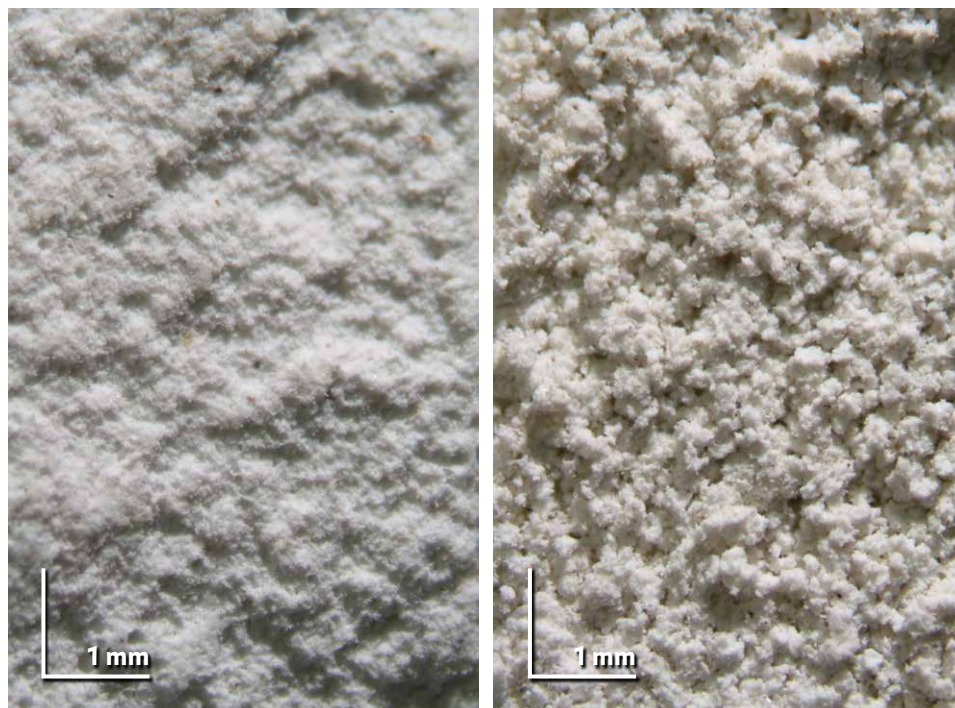
5.7 Citlivost sádry na vysokou teplotu

Negativní vliv teploty na sádrové výrobky je v literatuře poměrně dobře popsán. Bohužel se většina ze studií věnuje vlivu vysokých teplot nad 100 °C, což jsou podmínky, které u sádrových odlitků nastávají spíše výjimečně (většinou jen v souvislosti s požárem). U sáder zpravidla nastávají situace, kdy je odlitek vystaven náhlým nebo naopak dlouhodobým epizodám zvýšené teploty pohybujícím se v rozsahu 40–60 °C,

117 *Sulphates* [online]. Dostupné z: <http://www.saltwiki.net/index.php/Sulfate>.

například při nevhodném umístění v neklimatizovaných půdních prostorech či v blízkosti topného tělesa nebo při vystavení přímému slunečnímu záření. I tyto teploty mohou podstatným způsobem ovlivňovat vlastnosti sádrových odlitků.

Hlavní účinek, který působením zvýšené teploty nastává, spočívá v dehydrataci sádry, při které se mění fázové složení z dihydrátu ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) na hemihydrát ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Tato fázová změna probíhá prokazatelně při teplotách vyšších než $100\text{ }^\circ\text{C}$,^[118] výše popsané změny nastávají ale již při teplotách okolo $60\text{ }^\circ\text{C}$.^[119] Vyšší teploty nad $200\text{ }^\circ\text{C}$ způsobují další fázové změny, které spočívají v dehydrataci vzniklého hemihydrátu za vzniku anhydritu, jehož různé formy vznikají prakticky až do $1200\text{ }^\circ\text{C}$. Na jejich vznik dále navazují další rozkladné reakce síranu vápenatého až na oxid vápenatý a oxid sírový.

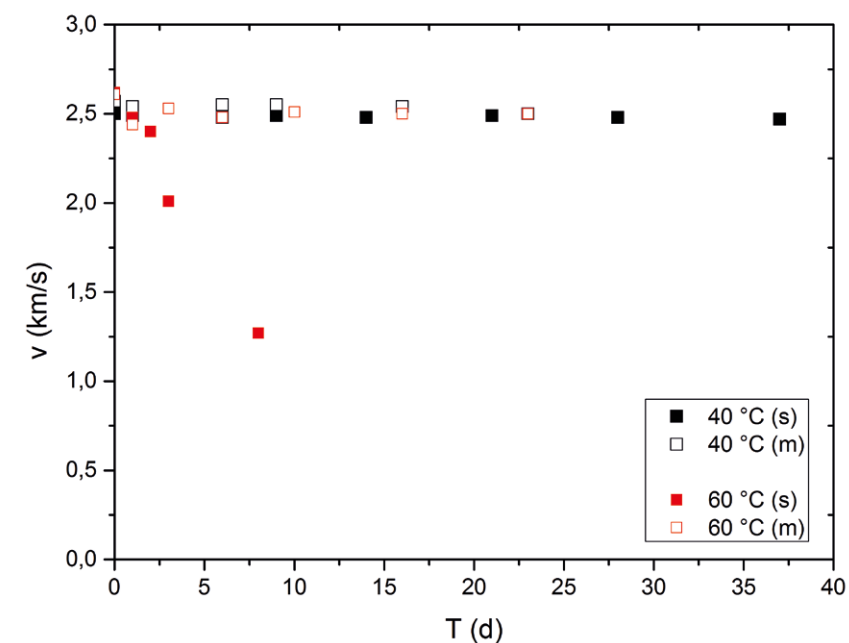


5.6. Makrosímek povrchu sádrového odlitku: a) nepoškozená sádra; b) sádra degradovaná střídáním suchého tepla ($80\text{ }^\circ\text{C}$) a zavlhčení. (foto: P. Zítková).

118 IUCOLANO, Fabio, Barbara LIGUORI, Paolo APREA a Domenico CAPUTO. Thermo-mechanical behaviour of hemp fibers-reinforced gypsum plasters.

119 DOLEŽELOVÁ, Magdaléna, Lenka SCHEINHERROVÁ, Jitka KREJSOVÁ a Alena VIMMROVÁ. Effect of high temperatures on gypsum-based composites.

Fázové přeměny jsou doprovázeny změnou mechanických vlastností a změnou objemu, která se může projevit deformacemi a trhlinami ve hmotě, případně přáškovařením povrchu (obr. 5.6). Průběh dehydratace je u sádrových odlitků prokazatelně ovlivněn dalšími podmínkami, zejména vlhkostí prostředí. Výsledky stárnutí laboratorních vzorků sádrových odlitků provedených v podmínkách tzv. vlhkého tepla ($60\text{ }^\circ\text{C}$, nasycení vodou po každých 24 hodinách) jasně poukazují na stabilizaci složení i vlastností vzorků patrně jako důsledek kompenzace desorpce vlhkostí z prostředí. Účinek suchého i vlhkého tepla na sádrové odlitky byl ověřen fázovou analýzou (tab. 5), měřením ultrazvukové transmise^[120] (obr. 5.7) a mechanických vlastností (více v kapitole „5.9 Mechanické vlastnosti sádry“). Provedená měření jednoznačně poukazují na negativní účinek suchého stárnutí, který se projevuje již po několika dnech po expozici těmto podmínkám.^[121]



5.7. Změna rychlosti ultrazvukové transmise (UZ) sádrových odlitků účinkem suchého (s) a mokrého (m) tepla ($40\text{ }^\circ\text{C}$, $60\text{ }^\circ\text{C}$). Rychlost UZ, která indikuje strukturální degradaci, klesá po 2–3 dnech účinkem suchého tepla $60\text{ }^\circ\text{C}$. Pro přípravu vzorků byla použita štukatérská sádra *Almod LC*, vzorky byly připraveny jako odlitky s vodním součinitelem 0,6. Suché stárnutí probíhalo suchým teplem při teplotách $40\text{ }^\circ\text{C}$ a $60\text{ }^\circ\text{C}$ v sušárně (RH 10 %), stárnutí vlhkým teplem probíhalo v režimu: nasycení vzorků vodou, sušení $40\text{ }^\circ\text{C}$, resp. $60\text{ }^\circ\text{C}$ (24 hod). Hodnoty rychlosti UZ transmise byly zaznamenány měřením po každém cyklu.

120 Měření ultrazvukové transmise je neinvazivní metoda založená na průchodu ultrazvukového signálu (ultrazvuk = zvuk s vysokou frekvencí $>20\text{ kHz}$). Ve více stmelých materiálech s nižší porozitou je rychlost UZ vyšší než v materiálech poréznějších, obvykle méně stmelých. Tato souvislost platí i mezi nedegradovanými a degradovanými substráty.

121 CHAROLA, A. Elena a Sílvia A. CENTENO. Analysis of Gypsum-Containing Lime Mortars: Possible Errors Due to the Use of Different Drying Conditions.

FÁZOVÉ SLOŽENÍ	OBSAH FÁZÍ (hm. %)		
	Sádrový odlitek (nestárnutý)	Sádrový odlitek – suché teplo (60 °C)	Sádrový odlitek – vlhké teplo (60 °C)
CaSO ₄ ·2H ₂ O	94,0	69,2	84,2
CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	–	12,2	1,2
CaSO ₄	–	17,7	14,2
SrSO ₄	–	–	–
SiO ₂	–	0,4	0,1
Amorfní fáze	6,0	0,2	0,3

Tab. 5: Fázové složení tepelně stárnuté sádry při teplotě 60 °C, suché a vlhké teplo. Měření bylo provedeno po 5 dnech stárnutí. Kvantitativní analýza.

5.8 Rozpustnost sádry

Sádra je i přes svůj nízký koeficient rozpustnosti (2,5 g/l při 25 °C) citlivá na vodu. V závislosti na množství přijaté vody se bude sádrové pojivo rozpouštět. Větší rozpouštění nastane, pokud se bude voda na povrchu obměňovat. Rozpustnost sádry lze částečně snížit, pokud je v kontaktu s roztoky obsahujícími ionty Ca²⁺ nebo SO₄²⁻. V přítomnosti jiných iontů nebo například při použití demineralizované vody se rozpustnost naopak zvyšuje.^[122]

Z hlediska restaurování sádry je zajímavou informací rozpustnost sádry v ethanolu, který se často využívá jako náhrada vody při mokřích procesech. Laboratorní stanovení provedené autory prokázalo rozpustnost sádry v běžně užívaném technickém ethanolu (uváděný obsah alkoholu 95 %), a to přibližně o polovinu nižší ve srovnání s rozpustností ve vodě.^[123]

V souvislosti s rozpustností sádry je důležitou charakteristikou informace o hodnotě pH, která se proměňuje v různých fázích hydratace. Ihned po smíchání práškové sádry s vodou je čerstvá sádrová suspenze slabě alkalická s pH okolo 7–7,5.^[124] Po

122 ROVNANÍKOVÁ, Pavla, Pavel ROVNANÍK a Jitka MALÁ. *Stavební chemie*, s. 6.

123 Rozpustnost sádry v technickém ethanolu činila přibližně 1,5 g/l. V rámci podrobnějšího stanovení rozpustnosti byl také testován absolutní ethanol (obsah ethanolu 99,8 %), do kterého byla přidávána voda až do 10 obj. % (simulace vodno-alkoholových roztoků). Hodnoty rozpustnosti se u takto modifikovaných směsí rozpouštědel výrazně neměnily.

124 Měření bylo provedeno dotykovým pH metrem.

vytvrnutí se pH naměřené na povrchu ještě vlhkých odlitků dále mírně posouvá do alkalické oblasti k hodnotám okolo 7,5–8,0. Po vyschnutí sádrových odlitků závisí pH sádry na jejím zvlhčení, přičemž při opětovném namočení odlitků zůstávají hodnoty pH slabě alkalické, a to i u dlouhodobě uložených objektů.

Sádra reaguje s kyselinami a zásadami, které se někdy využívají například při čištění nebo odstraňování korozních produktů vzniklých korozí kovových prvků.^[125] Zvláště nebezpečné je použití roztoku čpavku, který může být používán pro čištění nebo odstraňování nevhodných povrchových úprav. V jeho přítomnosti vytváří sádra vysoce rozpustný síran amonný. Z výše uvedených důvodů je při restaurování vhodné volit spíše suché procesy nebo materiály založené na použití organických rozpouštědel (nevodných systémech).^[126]

5.9 Mechanické vlastnosti sádry

Sádra je po vytvrnutí pevný, ale poměrně křehký a měkký materiál, což zásadně ovlivňuje jeho trvanlivost. Mechanické vlastnosti sádrových odlitků jsou prvotně utvářeny vlastnostmi a složením sádrového pojiva a jsou závislé na technologii a podmínkách kalcinace, které byly diskutovány výše. Kromě těchto vlivů je nutné zopakovat v souvislosti s porozitou diskutovaný vliv množství záměsové vody nebo podmínky hydratace, které například zahrnují postup přípravy lící směsi, účinek teploty vody nebo přísad. Štukatérská sádra, převážně tvořená z β-hemihydrátu se vyznačuje pevností v tlaku okolo 9–11 MPa, pevností v tahu za ohybu 4,0–6,5 MPa (**tab. 6**).^[127] Charakteristickým znakem je oproti jiným stavebním materiálům (kámen, cihla, keramika) poměrně nízký modul pružnosti, který nabývá hodnot v rozmezí 4500–6500 MPa, vyšší hodnoty lze naměřit u sádrových směsí s nižším obsahem vody.^[128] Z tohoto důvodu jsou odlitky opatřovány výztužemi, armaturami (nejčastěji kovovými nebo dřevěnými).

Další charakteristikou je tvrdost materiálu hodnocená podle Mohsovy stupnice tvrdosti, kde je sádra klasifikována stupněm 1,5–2 (stupeň 1 – nejnižší tvrdost, stupeň 10 – nejvyšší tvrdost). Sádra je měkká natolik, že do vytvrzeného sádrového materiálu je možné udělat rýhu nehtem.

125 Při čištění se můžeme setkat s použitím slabých organických kyselin, například citrónové nebo šťavelové.

126 BEALE, Arthur. *The Conservation of Plaster Casts*.

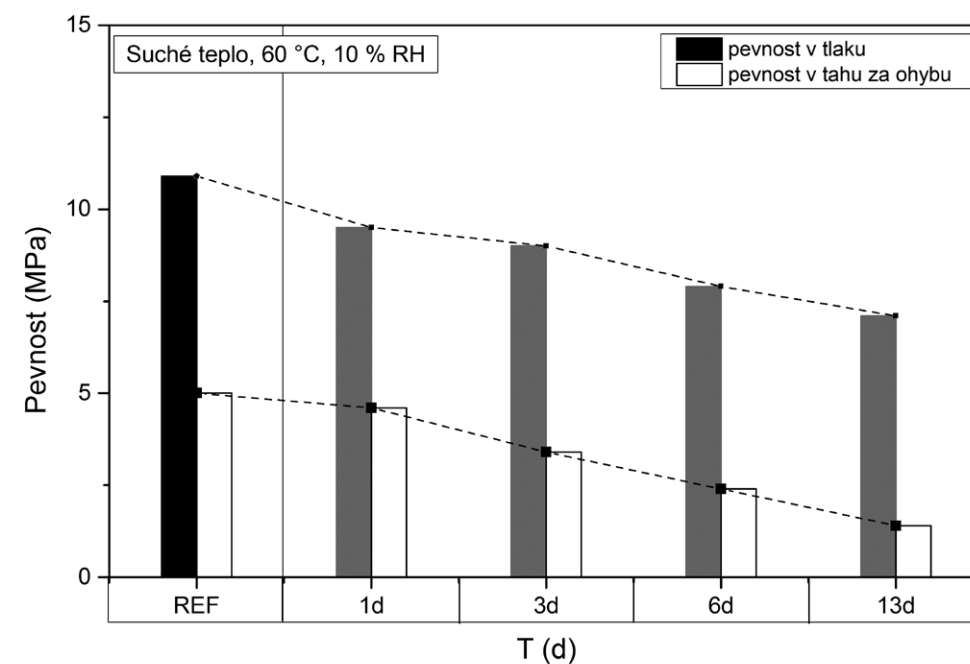
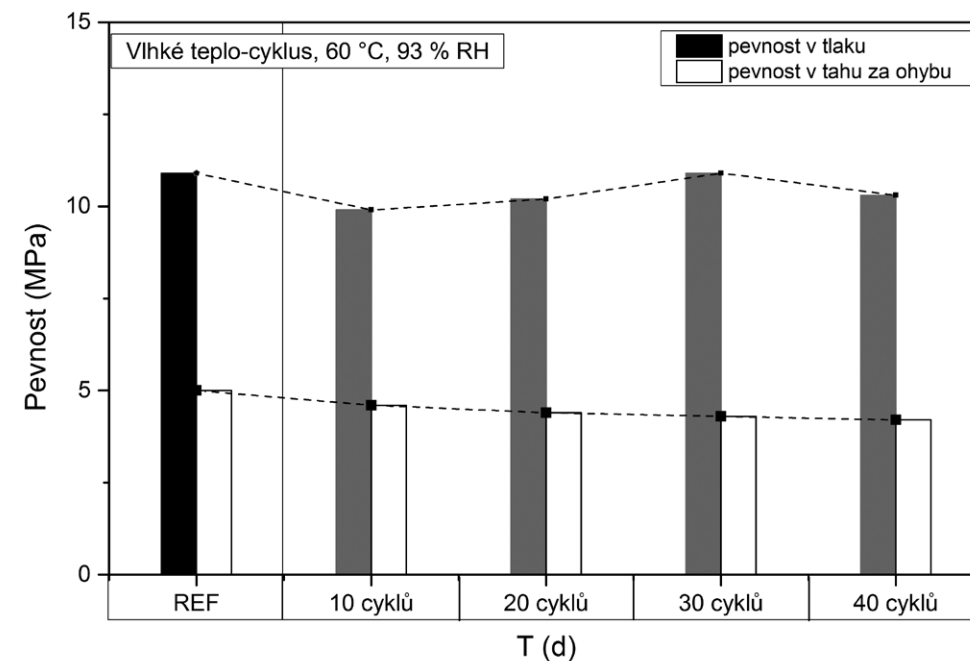
127 Hodnoty naměřené na laboratorních vzorcích připravených ze sádrové suspenze s vodním součinitelem 0,6 při laboratorních podmínkách a podmínkách míchání, které vychází z doporučení dané normou ČSN 72 2301.

128 Hodnoty dynamického modulu pružnosti byly stanoveny autory na vytvrzovaných a vyschlých sádrových těliscích (připravených s vodním součinitelem 0,6) pomocí ultrazvukové impulzové metody dle normy ČSN 73 1371 (nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu).

Pevnost sádry se snižuje při kontaktu s vlhkostí nebo účinkem zvýšené teploty.^[129] Vliv zvýšené teploty na pevnost odlitku byl ověřen samotnými autory; vystavením odlitku podmínkám suchého tepla (60 °C, 10 % RH) došlo po 13 dnech k redukci pevnosti v tlaku o 35 % a pevnosti v tahu za ohybu dokonce o 60 % oproti původním hodnotám nestárnutého odlitku (**obr. 5.8**).

VODNÍ SOUČINITEL	PEVNOST V TLAKU (MPa)	PEVNOST V TAHU ZA OHYBU (MPa)	DYNAMICKÝ MODUL PRUŽNOSTI (kN/mm ²)
0,4	30,7	5,7	12,1
0,6	11,3	3,9	5,8
0,8	6,4	2,7	3,9

Tab. 6: Hodnoty mechanických vlastností odlitků v závislosti na obsahu vody v sádrové suspenzi. Vzorky byly připraveny s vodním součinitelem (poměr voda/sádra) 0,4; 0,6; 0,8. Hodnota vodního součinitele 0,6 je typická pro běžně připravované odlitky.



5.8. Změna pevnosti v tlaku a tahu za ohybu tepelně stárnutých odlitků. Odlitky byly připraveny s vodním součinitelem 0,6 a stárnuty za podmínek vlhkého (60 °C, 93 % RH) a suchého tepla (60 °C, 10 % RH).

129 ŘÍČÁNEK, Miroslav. Sádra a její vlastnosti.

Poškození sádrových odlitků

R. Tišlová — J. Ďoubal — P. Zítková

Poškození sádrových odlitků úzce souvisí s vlastnostmi samotné sádry, které byly popsány v předchozí kapitole. Zdroje poškození však mohou pocházet i z jiných materiálů, které jsou součástí odlitku. Typickým příkladem je poškození odlitku způsobené korozí kovových armatur nebo dřevěných či textilních materiálů plnicích v odlitku zpevňující funkci.

K poruchám odlitků však zpravidla nedochází samovolně a musí být vystaveny účinku vnějších vlivů, které degradační reakci iniciují. U sádrových výrobků se jedná zvláště o účinek zvýšené vzdušné vlhkosti, vody nebo zvýšené teploty. Vnější příčinou však může být i mechanické namáhání nebo opravný zásah, který vnáší do odlitku nové materiály, které mohou škodit, přímo nebo nepřímo iniciovat poškození sádry nebo měnit jeho vlastnosti. U odlitků se zpravidla setkáváme se spolupůsobením několika faktorů, které komplexně ovlivňují celkový stav díla. Identifikace příčin poškození, která probíhá v rámci restaurátorského průzkumu, je zásadní jak pro volbu konkrétních postupů při restaurování, tak pro nastavení podmínek dalšího uložení a nakládání s objektem.

6.1 Mechanická poškození

Nejčastější poškození sádrových odlitků jsou jednoznačně mechanického původu. Vznikají při manipulaci s odlitky, jejich transportu nebo při nevhodných podmínkách uložení či celkovém zanedbání péče (více v kapitole „9. Podmínky pro uložení a transport sádrových odlitků“). Mechanická poškození však mohou být iniciována i chybami v samotné přípravě odlitku, například volbou nevhodných materiálů nebo použitím nekvalitní sádry či technologickými chybami při jejím zpracování. Další potenciálně riziková



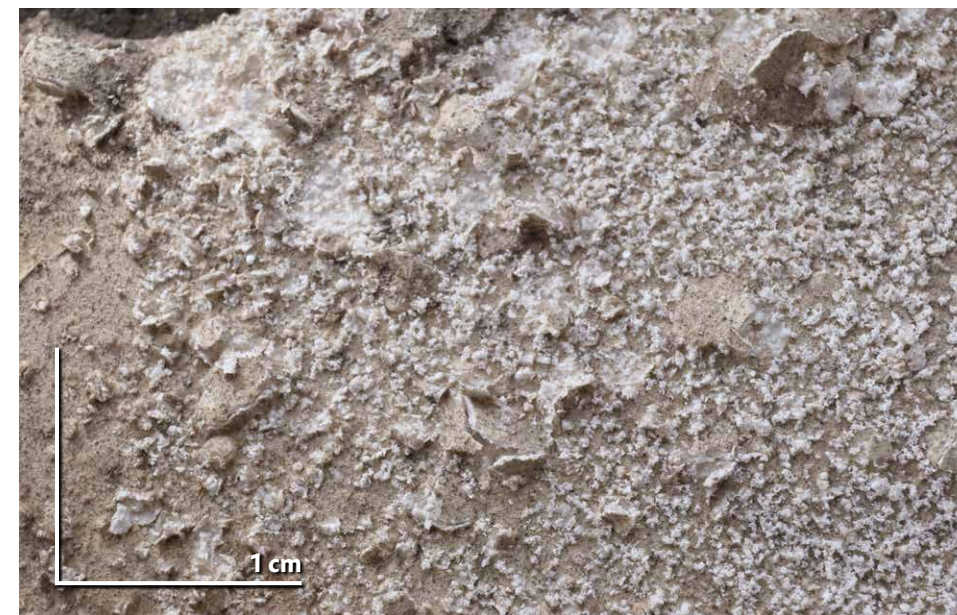
6.1. Příklady mechanického poškození odlitku: oddělení levé ruky a oděrky povrchu. (foto: P. Zítková)

místa náchylná na mechanické poškození vznikají při vlastním odlévání (například nerovnoměrná síla stěny odlitku, vzduchové bubliny, technicky nedostatečně navržený systém armatur a podpor, špatné propojení částí při sestavování odděleně odlévaných dílů atd.).

V důsledku mechanického namáhání dochází k porušení odlitku v různých stupních – od drobných oděrek povrchu, oddělení větších částí až k rozlomení objektu a úplné ztrátě částí modelace či dokonce úplnému rozpadu díla (obr. 6.1). Pro návrh opravného zásahu je vždy nezbytné individuální posouzení poškození objektu a vyhodnocení jeho následné funkce i podmínek uložení. O specifických invazivních řešeních se vyjadřují navazující kapitoly zabývající se restaurováním. Při výběru konkrétního restaurátorského zásahu je však nutné rozlišit sekundární poškození díla od pozůstatků původního technologického procesu (například stopy dláta po odsekávání ztracených forem či jiné pozůstatky procesu formování, doklady o použití odlitku jako modelu pro převod do trvanlivějšího materiálu, úmyslné odříznutí části díla za účelem variantního návrhu atd.).

6.2 Poškození vlivem vody, zvýšené vlhkosti a teploty

Sádrový materiál je díky svému složení citlivý na podmínky, ve kterých je uložen. Zvláště citlivě reaguje na změny vzdušné vlhkosti a teploty (více v kapitole „5. Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry“). V prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí (nad 60 %) začíná sádra vlhkost výrazněji sorbovat z okolního prostředí a hrozí poškození substrátu vlivem kondenzace (rozpuštění substrátu) nebo chemické reakce. Uvedený údaj relativní vzdušné vlhkosti je zásadní při návrhu podmínek uložení odlitků, které podrobněji popisuje kapitola „9. Podmínky pro uložení a transport sádrových odlitků“. Důležitou hodnotou pro poškozování odlitků je tzv. rovnovážná vlhkost, která určuje hygroskopicitu sádrových materiálů. U sádry jsou hodnoty rovnovážné vlhkosti velmi vysoké (98–99 %); při uložení odlitků v prostředí nad uvedenými hodnotami dochází k rozpouštění sádry, pod touto hodnotou ke krystalizaci. Ačkoliv jsou hodnoty rovnovážné vlhkosti sádry velmi vysoké a běžně v případě sádrových odlitků nenastávají, jsou případy, kdy nastat mohou. Jedná se například o situace, kdy jsou sádrové odlitky deponovány v exteriéru nebo při uložení ve vlhkých prostorách (sklepy, objekty s konstrukčními vadami), případně pokud jsou odlitky v kontaktu se vzliňající vlhkostí apod. U takto uložených sáder se pak změny vlhkosti projevují vznikem povrchových výkvětů sádrového pojiva a zpráškovatěním povrchu (obr. 6.2). Degradace při dlouhodobějším působení nepříznivých podmínek může prostupovat i celou hmotou odlitku.

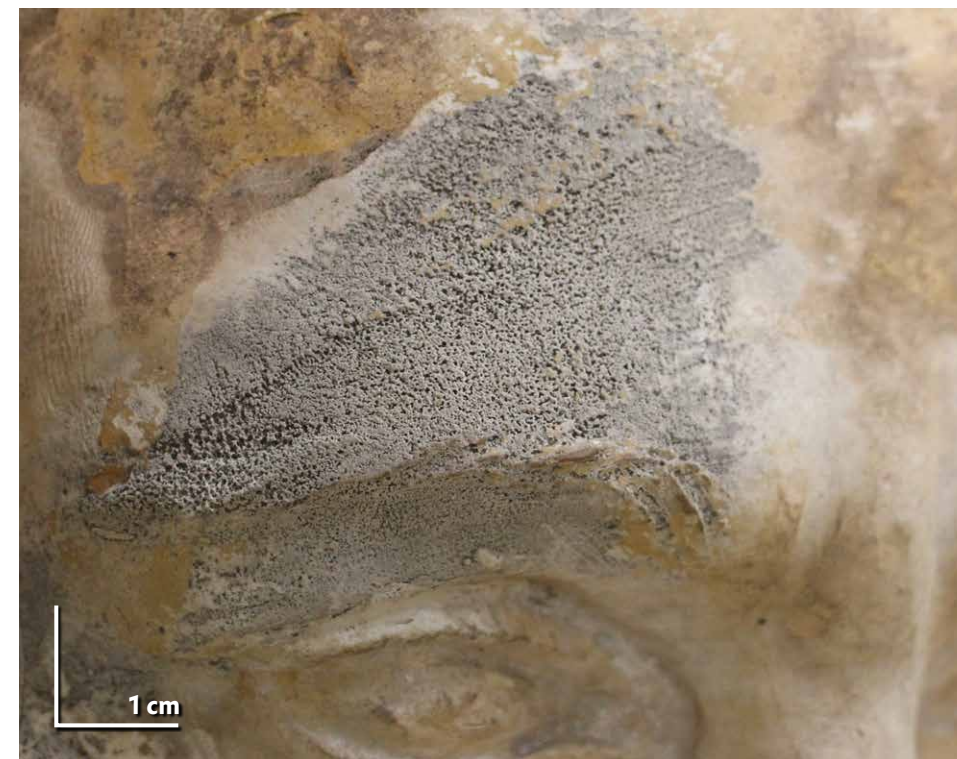


6.2. Výkvěty sádrového pojiva vytváří eflorescence a v demonstrováném případě i subflorescence rozrušující hmotu odlitku způsobené přítomností uzavírající povrchové úpravy. (foto: P. Zítková)

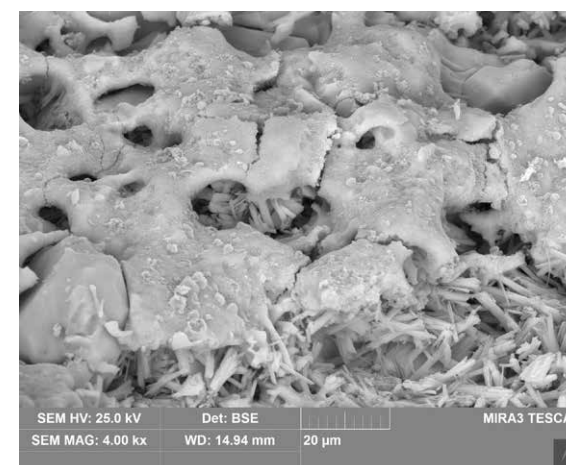
Pokud jsou sádrové výrobky vystaveny působení kapalné vody, probíhá rozpouštění substrátu, které je rychlejší v případě obměňování vody na povrchu sádry. Rychleji bude také rozpouštět sádrovka voda demineralizovaná nebo voda z řádu obsahující chloridové ionty. Voda tvrdá nebo roztoky obsahující ionty Ca^{2+} nebo SO_4^{2-} budou naopak rozpouštění zpomalovat. Průběh rozpouštění probíhá zpravidla postupným vymýváním povrchu, povrch se stává hrubším a více porézním. Tím se zvyšuje měrný povrch, což dále zvyšuje rychlost rozpouštění. Z těchto důvodů působí větší poškození voda tekoucí nebo kapající. Poškození i jeho hloubka jsou závislé na délce kontaktu s vodou; povrch vystavený kapalné vodě dlouhodobě vykazuje zásadní proměnu povrchové struktury, kdy dochází k vymytí rozpustnějších složek, přičemž výsledný povrch se jeví výrazně tvrdší než nepoškozená sádra (**obr. 6.3**). Vysvětlením zpevnění může být rekrystalizace sádrového pojiva na povrchu odlitků, v jehož důsledku se zvyšuje pevnost a tvrdost povrchu oproti vodou neomývané okolní sádrě.

Účinky teploty na fázové složení i mechanické vlastnosti odlitku podrobněji popisuje kapitola „5.7 Citlivost sádry na vysokou teplotu“. Výrazný vliv byl prokázán u teploty až okolo 60 °C (u teplot 40 °C popisované změny neprobíhají nebo jsou jen velmi pozvolné), přičemž důležitá je v tomto ohledu relativní vlhkost prostředí. Pokud expozice zvýšené teplotě probíhá v prostředí s nízkou relativní vlhkostí, probíhá degradace sáder rychleji. Při zahřátí odlitku v prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí změny fázového složení a mechanických vlastností patrně neprobíhají nebo jsou jen velmi pomalé (potvrzeno výsledky měření mechanických vlastností). Důvodem je pravděpodobně, jak ukazují výsledky fázové analýzy, zpomalení teplotou vyvolané dehydratace kompenzací vlhkostí přijímané z prostředí.

Mezi projevy účinku teploty, jejíž vliv autoři důkladně prozkoumali v mnoha laboratorních experimentech, patří práškovatění povrchu, oslabení struktury odlitku s výrazným úbytkem hmotnosti a strukturální poškození. Při expozici vysokým teplotám okolo 105 °C dochází k urychlení strukturálních poškození, v odlitých vzorcích vznikají praskliny, které způsobují velmi rychle (v rámci dnů) dezintegraci vzorků. Navíc platí, že rychleji probíhá degradace při podmínkách cyklického namáhání, tj. při střídání vysokých a nižších teplot. K poškození odlitku teplotou nemusí docházet jen při expozici v nevhodných podmínkách, ale například i při použití některých restaurátorských postupů. Příkladem je laserové čištění, při kterém je povrch odlitku krátkodobě vystaven působení vysoké energie laserového paprsku. Při špatném nastavení laseru hrozí prudké přehřátí povrchu, což se může projevit zpráškovaním povrchu, případně vznikem drobných vzájemně propojených mikroprasklin (**obr. 6.4**).^[130]



6.3. Poškození povrchu sádrového odlitku vlivem tekoucí vody. Stékající voda vytváří charakteristickou porézní strukturu povrchu. (foto: R. Kolář)



6.4. Vznik mikroprasklin na povrchu odlitku v důsledku nesprávného nastavení podmínek čištění laserem. Snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) v režimu zpětně odražených elektronů (BSE). (foto: P. Lesniaková)

130 LESNIAKOVÁ, Petra, Pavel MROVĚC a Jakub ĎOUBAL. Čištění povrchově neupravené sádry laserem.

6.3 Degradace armatur a výztuží

Armatury a výztuže sádrových odlitků jsou tradičně vytvářeny z různých materiálů, jako jsou kovy, dřevo nebo textilie. Největší poškození odlitků zpravidla nastává vlivem koroze kovových prvků, které jsou v odlitku přítomny jako armatury, výztuže nebo jiné kovové prvky (terče pro přenášení modelu, svorky při sestavování částí odlitku, rámy atd.). Poruchy se projevují jak druhotnými barevnými změnami tak strukturálním poškozením sádry (**obr. 6.5**). Koroze neprobíhá u všech kovů stejně. Odolnost kovu závisí zejména na druhu a povaze kovu a jeho elektrochemické ušlechtilosti (tj. schopnosti přecházet do oxidovaného stavu). Příkladem kovu s nižší ušlechtilostí je jednoznačně železo, respektive ocel, která tvoří nejčastěji materiál armatur odlitků. Její korozní mechanismus je založený na postupném rozpouštění kovu oxidací za vzniku Fe^{2+} a Fe^{3+} iontů, přičemž průběh reakce a rychlost koroze zásadním způsobem ovlivňují korozní podmínky – vlhkost (zajišťuje vznik vrstvičky elektrolytu na povrchu kovu a rychlost elektrolytických reakcí), přístup vzduchu (respektive kyslíku, vstupuje do redoxních reakcí za vzniků oxidů a hydroxidů železa), pH prostředí a dále přítomnost dalších iontů v prostředí (zejména vliv chloridů, síranů).

V případě sádry, jejíž pH je slabě alkalické (7,5–8), by teoreticky mělo docházet spíše k pasivaci kovu, i když ta závisí nejen na hodnotách pH, ale je zásadním způsobem určována změnou oxidačních schopností prostředí, respektive potenciálu. Korozní reakce ocelových armatur v sádře jednoznačně probíhají, a to zvláště v raných fázích po zalití armatury do sádry a v průběhu tuhnutí a tvrdnutí, kdy dochází k zahřátí a v odlitku je obsaženo velké množství vzduchu a vody s rozpuštěnými sírany, které podporují procesy koroze elektrochemického charakteru.^[131] Tato koroze probíhá až do vyschnutí odlitku, což v závislosti na okolním prostředí může trvat několik dnů. V průběhu této první fáze se vytvoří mimořádně pevná vazba mezi sádro a kovem a zároveň korodovaná vrstvička na povrchu armatury vytváří ochrannou pasivační vrstvu. Po vyschnutí odlitku se koroze prakticky zastaví, a pokud je objekt uložen ve stabilních podmínkách s nízkou relativní vlhkostí, nezpůsobuje další poškození.^[132]

Pokud jsou odlitky skladovány v prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí dlouhodobě nebo dochází ke skokovým změnám relativní vlhkosti, příp. dochází ke kondenzaci vody, může dojít k akceleraci korozních procesů. Závažnější poškození nastává, pokud je armatura blízko povrchu (méně jak 5 mm) nebo je již odlitek poškozen trhlinami či prasklinami, takže je zajištěn dostatečný přísun vzduchu ke kovu.^[133]



6.5. Rozsáhlá koroze kovové armatury v sádrovém odlitku – změna barevnosti odlitku v důsledku migrace korozních produktů. (foto: P. Zítková)

Rizikové mohou být už podmínky s mírně zvýšenou relativní vzdušnou vlhkostí prostředí (nad 60 %), neboť u sádry může hrát roli i přítomnost síranových iontů nebo účinek chemicky vázané vody, příp. hygroskopické vlastnosti sádry.^[134] Koroze je v případě ocelových armatur spojená s nárůstem objemu, což způsobuje vznik trhlin v sádře a kontaminaci porézního systému v okolí migrujícími korozními produkty – rezavé skvrny v sádře (v případě armatur z mědi nebo jejích slitin mají korozní produkty modrozelené zbarvení).

V případě náhlých změn vnějších podmínek (pokles nebo nárůst teploty) je nutné zmínit také rizika spojená s rozdílnou tepelnou roztažností kovových armatur a sádry. Vzniklé tlaky a pnutí mohou generovat další poškození.

Odlišný typ poškození vzniká degradací dřevěných podpor, juty nebo zvířecích chlupů použitých ke zpevnění odlitku. V případě těchto materiálů vyvolává poruchy zejména rozdílná vlhkostní roztažnost podpůrných materiálů a sádrového odlitku. V případě dřeva vede snížení relativní vlhkosti vzduchu k jeho sesychání, což může vést k uvolnění armatury, případně k jejímu odtržení. V prostředí se zvýšenou vlhkostí hrozí naopak vznik poškození vlivem botnání dřeva. U všech organických materiálů může v závislosti na podmínkách skladování docházet k poškození působením plísní, hub a hmyzu.^[135] Degradace těchto prvků může vyvolat poruchy stability odlitku nebo znečištění sádry látkami vylučovanými těmito organismy.

131 STAVINOHA, Jakub. *Koroze oceli a hliníku ve vybraných prostředích*, s. 41.

132 FOUCAULT, Michel. *La corrosion des métaux par le plâtre*.

133 PILLARD, Violaine. *La corrosion des armatures de fer dans le plâtre*.

134 STAVINOHA, Jakub. *Koroze oceli a hliníku ve vybraných prostředích*, s. 41.

135 Zajímavý příklad napadení dřevěné konstrukce houbami viz: D'ALESSANDRO, Lorenza a Francesca PERSEGATI. *Scultura e calchi in gesso: storia, tecnica e conservazione*, s. 91–110.

6.4 Druhotné opravy a zásahy

Kvalita a způsob provedení starších opravných zásahů souvisí v mnoha případech s vnímáním sádrových odlitků v minulosti. Sádra byla většinou vnímána jako podřadný sochařský materiál a odlitky jako mezistupeň pro vytvoření sochařského díla do ušlechtilějšího sochařského materiálu, případně jako rozmnoženiny. S ohledem na to se můžeme setkat u sádrových odlitků buď s čistě řemeslnými opravami, které mnohdy nerespektují materiálová specifika sádrových odlitků, ani jejich autenticitu, nebo s opravami diletantskými.^[136] Znečištěný nebo narušený povrch se přebrousil, nečistoty se omyly vodou bez ohledu na ztráty, odlomené části se přilepily na sádru či zapálený šelak (nezřídka doprovázené invazí do objektu nebo vznikem silného spoje i okolního znečištění), povrchové úpravy se přetíraly novým nátěrem, chybějící části byly doplňovány nevhodnými materiály, například na bázi cementu.^[137]

Komplexní přístup k sádrovým odlitkům, kdy se při jejich záchraně aplikují restaurátorské principy založené na maximálním respektu k originálu a volbě materiálů, které budou s původním materiálem kompatibilní, je záležitost posledních několika let. Tato změna souvisí jednak s doceněním hodnoty sádrových odlitků v rámci poznání procesu tvorby umělců i historie umění jako takové. I přes pozitivní změny v nazírání v teoretické rovině, byly snahy restaurátorů o citlivý přístup limitovány nedostatečnými vědomostmi o materiálové podstatě odlitků, příčinách a mechanismech degradace sádrových odlitků, ale i o vlivu oprav a užitých materiálů na stav a vlastnosti originálu.

V současné době lze sledovat výraznou změnu; na mnoha vědeckých a restaurátorských pracovištích se provádí řada testů a praktických zkoušek opravných materiálů a technologií, které mají za cíl prohloubit vědomosti v oblasti restaurování a péče o sádru a sádrové odlitky.

6.5 Znečištění

Ke znečištění objektů ze sádry dochází většinou ukládáním částic prachu na povrch odlitků, v souvislosti s korozí použitých materiálů nebo biologickým napadením (**obr. 6.6**). V interiérových podmínkách uložení odlitků mohou být vedle prachu zdrojem znečištění kouřové výpary z prostředí nebo znečištění související s činností člověka (například při dotyku na povrch ulpívá mastnota a nečistoty). Další zdroj znečištění mohou představovat vandalské útoky nebo nedostatečná ochrana při údržbě prostor (například znečištění od barev při malování stěn).



6.6. Znečištění odlitku prachovými depozity a holubím trusem. (foto: P. Zítková)

K faktorům, které podporují ulpívání prachu a nečistot, patří působení elektrických a elektrostatických sil. Citlivost materiálu na prach souvisí s dielektrickou konstantou materiálu^[138] a jeho měrným odporem. Materiály s dielektrickou konstantou vyšší než 3 prach přitahují, přičemž dielektrická konstanta sádry je 5,4.^[139]

Důležitou roli při znečištění hraje struktura povrchu, na kterou má vliv samotný proces vzniku odlitku i degradace a poškození, kterým odlietek prochází v průběhu času. Sádra je vysoce porézní a hygroskopický materiál, jehož porozita a měrný povrch se zvyšují degradací. Čím je povrch drsnější a jeho měrný povrch větší, tím více prachových částic se na něm uchytí. Dalšími faktory, které ovlivňují znečištění sádrových odlitků, jsou podmínky uložení. Z pohledu znečištění sádry hraje zásadní roli zvýšená vzdušná vlhkost, která ve výsledku způsobuje navázání nečistot na sádrový substrát, případně migraci nečistot do porézního systému odlitku. Mechanismus znečištění a navázání nečistot na substrát nebyl prozatím zcela objasněn, ale patrně souvisí s hygroskopicitou sádry a její rozpustností. Povrch sádry při podmínkách zvýšené vlhkosti sorbuje vzdušnou vlhkost společně s nečistotami, které se stávají součástí sádrových krystalů. Organické nečistoty, případně materiály, které se do sádry dostaly v průběhu vytváření odlitků, mohou akcelarovat další poškození, například osídlení povrchu sádry mikroorganismy, zejména plísněmi.

136 Příklad tohoto přístupu popisuje např. BEALE, Arthur. *The Conservation of Plaster Casts*.

137 Cementová pojiva se od sádry odlišují složením i materiálovými a fyzikálními vlastnostmi. Navíc použití cementového pojiva na sádru může iniciovat vznik síranových solí, např. ettringitu.

138 Dielektrická konstanta představuje míru uspořádání a vytvoření elementárních dipólů v nevodivé látce (dielektriku) pod vlivem elektrického pole.

139 Více informací: DELCROIX, Gilbert. *Données générales sur les polymères synthétiques*.

6.6 Poškození povrchových úprav

Součástí sádrových odlitků bývají i povrchové úpravy, které mohou při nevhodném zacházení nebo při uložení v nevhodných podmínkách také degradovat. Typologie poškození povrchových úprav na sádrových objektech vychází z konkrétních výtvarných technik a řemeslných způsobů ošetření. Průběh stárnutí a vznik případných poškození je závislý na složení povrchové úpravy a podmínkách, kterým jsou vystaveny. Jak už bylo zmíněno výše, nejfrekventovanější povrchovou úpravou na sádrových odlitcích je patina, která se po stránce výtvarné techniky zcela odlišuje od tradičně pojaté polychromie používané na dřevěných a kamenných plastikách. Technika klasické polychromie se na sádrových odlitcích vyskytuje méně často a při jejím popisu a restaurování lze částečně vycházet ze zkušeností a postupů používaných u polychromie na jiných porézních anorganických materiálech.^[140]

K poškození povrchových úprav dochází jednak mechanickými vlivy při zacházení a manipulaci s odlitky atd. Poruchy se vyskytují i v souvislosti s chybnými technologickými postupy při přípravě povrchové úpravy nebo při jejím vlastním nanášení na sádrový podklad. Zvláště v případě patin napodobujících jiný materiál jsou některé vrstvy velmi málo spojené a může snadno dojít k jejich setření či porušení pouhým mechanickým namáháním. Pokud je odlitek opatřen silnějším souvrstvím, může naopak docházet vlivem vysokého povrchového napětí ke vzniku krakel a deformacím barevné vrstvy nebo, v případě nedostatečné adheze k povrchu, k jejím ztrátám (**obr. 6.7**).

Ke zpráškovatění barevné vrstvy dochází nejčastěji v důsledku degradace pojiva, vystavení objektu vlhkosti nebo v důsledku biologického napadení. Účinkem UV záření, které je v prostředí interiérových podmínek značně redukováno, dochází ke světlému stárnutí pojiva, které se ve výsledku projevuje optickými změnami – změnou barevnosti povrchu sádry nebo barevných vrstev, žloutnutím, vznikem zákalů, tmavnutím nebo naopak světláním.^[141] Druhotným projevem světlého stárnutí je změna mechanických vlastností povrchových vrstev (pevnost, tvrdost, soudržnost, adheze). K negativním vizuálním změnám může docházet i vlivem špatně technologicky provedených či dožilých retuší nebo nevhodnou fixací při restaurátorském zásahu.

Konkrétní příklady poškození sádrových odlitků jsou uvedeny v příloze „Glosář poškození“.



6.7. Detail rozsáhlého poškození barevné vrstvy na sádrovém odlitku zapříčiněného kombinací vysoké teploty a vlhkosti. (foto: P. Zítková)

140 Více v: NICOLAUS, Knut. *The Restoration of Paintings*.

KOLLER, Manfred. Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur.

141 NICOLAUS, Knut. *The Restoration of Paintings*, s. 158–159.

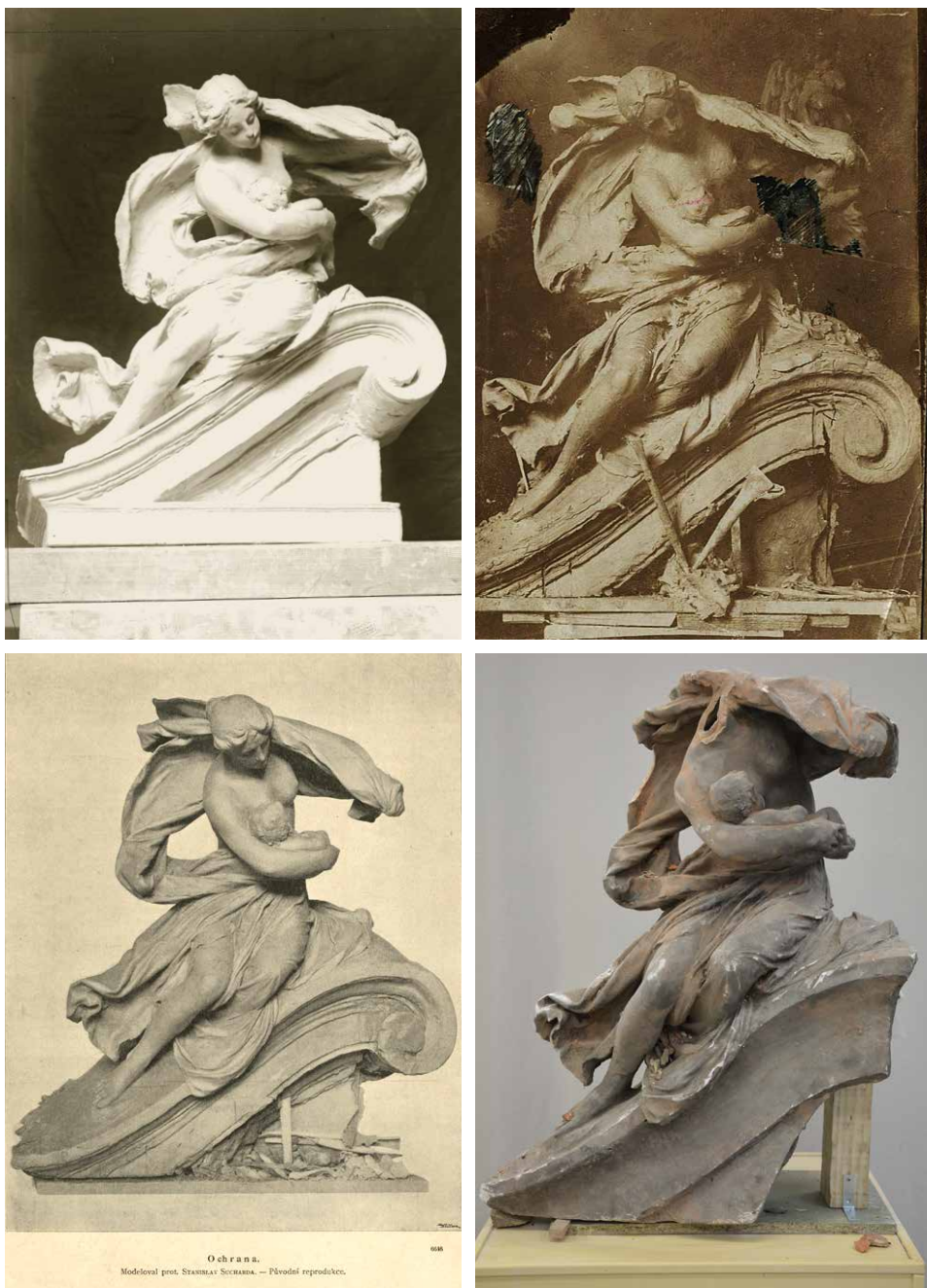
Průzkum sádrových odlitků

J. Ďoubal — R. Tišlová

Pro restaurátorský průzkum sádrových odlitků platí obdobné zásady a metodické postupy jako pro průzkum uměleckých a uměleckořemeslných děl z jiných anorganických poréznych materiálů, například z kamene nebo štuky. Vzhledem k materiálovým vlastnostem sádry a bohatosti štukatérských a uměleckých postupů se však průzkum sádrových odlitků vyznačuje určitými specifiky.

7.1 Shromáždění informací o historii díla a ikonografických podkladů

V rámci přípravy restaurátorského zásahu je vždy nezbytné shromáždit maximum informací o restaurovaném díle. V případě „kopie“ historického díla je tak možné dohledat okolnosti jejího vzniku, případně porovnat kopii s originálem či dalšími reprodukcemi. Podrobnější informace je možné a nutné shromáždit v případě autorských děl. Formou rešerše je studována veškerá relevantní odborná i popularizující (dobové ilustrované časopisy, noviny) literatura a ikonografický materiál, dále pak dochovaný archivní materiál (korespondence autora i objednavatele, přípravné kresby, autorské a dobové fotografie). Důležité je rovněž zjištění případné existence dalších, dochovaných či zaniklých, sochařských děl či skic (studie, model, originál, varianta, replika) souvisejících s konkrétní sochařskou zakázkou a jejich vzájemná komparace (**obr. 7.1**). Cílem těchto badatelských přípravných postupů je ozřejmit okolnosti vzniku díla, jeho autorský kontext, jakož i roli konkrétního restaurovaného odlitku v tvůrčím procesu. Tyto informace jsou klíčové pro stanovení hodnot, které mají být při restaurování uchovány a z nichž bude vycházet koncepce zákroku. V této souvislosti je třeba zmínit, že ve sbírkových institucích se často nacházejí – částečně dosud opomíjené a nedostatečně evidované – početné soubory děl, někdy i celé sochařské pozůstalosti. Koncepce restaurování jednotlivých děl tudíž musí vždy vycházet z komplexní úvahy o dochovaném autorském sbírkovém fondu a uvažovaném způsobu jeho užití a prezentace.



a | b
c | d

7.1. Archivní dokumentace díla: a) dobová fotografie sádrové skici; b) dobová fotografie rozpracovaného modelu v hlíně; c) finální model v hlíně otištěný v dobovém časopise (zdroj a, b, c: archiv Nadace Muzeum Stanislava Suchbát), d) stav poškozeného sádrového modelu před restaurováním. (foto: P. Zítková)

7.2 Vizuální průzkum díla

Stejně jako v případě artefaktů z jiných materiálů je pro poznání díla ze sádry zásadní podrobný vizuální průzkum. Jedná se o základní nástroj k poznání díla, který by měl předcházet dalším metodám průzkumu a je klíčový pro formulování otázek pro další doplňující průzkum.

Průzkum umožňuje vizuálně identifikovat přítomné materiály, dílčí projevy degradace, rozpoznat techniku vzniku odlitku a jeho funkci v tvůrčím procesu, případně poukázat na starší zásahy a etapy historického vývoje památky.

V případě sádrových odlitků by se měl průzkum zaměřit zejména na tyto okruhy:

Technika zhotovení díla, technologické a technické aspekty – typ formy (ztracená, klínová, želatinová, silikonová), způsob provedení odlitku (litý, kašírovaný), charakter spojů, přítomnost armatur, stopy po převádění do kamene pomocí tečkování nebo kružidel, stopy zanechané při zhotovení formy, případně jiné doklady osvětlující roli daného odlitku v tvůrčím procesu.

Identifikace použitých materiálů – výztuže, podpůrné materiály aj.

Průzkum povrchu díla – typ znečištění, charakter povrchu, poškození.

Přítomnost povrchových úprav a jejich stav – identifikace povrchových úprav, jejich rozsahu, přítomnosti vrstev barevných úprav, funkce povrchových úprav (zušlechťující, protektivní).

Stav struktury díla – projevy degradace, rozsah poškození.

Stav armatur, výztuží, konstrukčních prvků a jiných materiálů, které jsou součástí odlitku (pokud to vizuální průzkum umožňuje) – studium koroze kovů, stavu a poškození dřevěných či textilních prvků aj.

Přítomnost starších restaurátorských zásahů a oprav – týká se samotného odlitku, povrchových úprav, příp. dalších v odlitku přítomných materiálů.

Součástí vstupního vizuálního průzkumu je i dokumentace nálezového stavu. Provádí se za účelem zaznamenání maximálního souboru informací o struktuře, vlastnostech a charakteru díla a jeho vývoji v čase. Kromě dokumentace samotného odlitku je vhodné zaznamenat i nálezovou situaci, ve které se objekt nachází, pro zachycení souvislostí s prostředím dosavadního uchování, případně s dalšími díly ze souboru.

Pro dokumentaci sádrových objektů se může využívat několik dokumentačních metod od grafických nákresů, náčrtů, frotáží, přes klasickou fotodokumentaci nebo videozáznam. Součástí dokumentace je i textový záznam – nálezořá zpráva, která popisuje dílo slovně. Stále zřídka je u sádrových odlitků prováděna dokumentace pokročilými dokumentačními technikami umožňujícími například vytvoření přesného 2D záznamu/obrazu díla v měřítku nebo vytvoření 3D modelu objektu. Vytvořené výstupy mohou sloužit jako podklad pro zakreslování zjištěných nálezů. Vytvoření 3D modelů sádrových odlitků je možné provést kromě fotogrammetrických metod (vícesnímková fotogrammetrie)¹⁴² i například 3D skenováním¹⁴³. Využití 3D dokumentačních metod je v běžné praxi stále spíše výjimkou kvůli finanční a časové náročnosti (zejména při zpracování získaných dat).

Dokumentační nástroje se v praxi většinou vzájemně doplňují, zcela běžné je v současnosti provedení obrazového a textového záznamu.

7.3 Rozšířený chemicko-technologický průzkum

Na základě konkrétních otázek, které jsou formulovány při vizuálním průzkumu, lze pokračovat dalšími rozšířenými průzkumy, které dále zpřesňují poznání objektu, jeho stavu a příčin poškození. K doplňkovému průzkumu se využívá široká škála metod neinvazivního a invazivního spektra, které jsou při průzkumu voleny se snahou minimálního zásahu do objektu. Na druhou stranu by měla volba průzkumové metody být vždy kompromisem mezi mírou zásahu do originálu a získanými informacemi, nezbytnými pro kvalitní provedení restaurátorského zásahu a nastavení následné péče preventivní ochrany.

7.3.1 Průzkum povrchu díla

Mezi základní neinvazivní metody průzkumu řadíme průzkum ve viditelném světle nebo jiných spektrálních oblastech světla. Studium detailů povrchu, případně barevné a povrchové úpravy lze uskutečnit ve viditelném světle s využitím mobilního stereomikroskopu nebo USB mikroskopu.¹⁴⁴ Při průzkumu v tzv. razantním bočním

142 VESELÝ, Jan. *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*, s. 35–42.

143 MALIK, Umair Shafqat a Gabriele GUIDI. Massive 3D digitization of sculptures: Methodological approaches for improving efficiency.

144 STANLEY, Ted. Digital Video Microscopy: A Practical Visual Analysis Technique for the Conservator.

osvětlení – Raking light Photography (RAK) se objekt nasvětluje z jedné strany. Kromě jednotlivých snímků v bočním nasvětlení se využívá výpočetní metoda Reflectance Transformation Imaging (RTI), při níž jsou snímky pořízené v bočním světle sloučeny do jednoho snímku pomocí specializovaného softwaru, díky kterému je možné dynamicky měnit polohu světelného zdroje.¹⁴⁵ V obou případech se objekt nasvětlí ze strany (jednorázově – RAK) nebo je focen několikanásobně z jednoho místa, ale s různým bočním nasvětlením (RTI). Program umožňuje měnit nasvětlení objektu, odbarvení a jiné další úpravy. Je tak možné zkoumat detailně strukturu povrchu objektu a vysledovat například stopy použitých nástrojů, doplňky, napojování sádrových dílů, otisky klínů z formy atd.

Při průzkumu povrchu sádrových odlitků se využívají metody založené na použití různých spektrálních oblastí záření mimo vlnové délky viditelného světla; přínosné jsou zejména metody využívající ultrafialové záření (UV, 315–400 nm).¹⁴⁶ Základní průzkumovou metodou je ultrafialová fluorescenční fotografie (UVF **obr. 7.2**), příp. ultrafialová reflektografie (UVR),¹⁴⁷ které se používají pro identifikaci na povrchu přítomných materiálů – organických pojiv a některých anorganických pigmentů a barviv. Kromě toho lze v UV světle vizualizovat doplňky nebo opravy. Pomocnou metodou sloužící pro doplnění informace k použitým materiálům je ultrafialová reflektografie ve falešných barvách (UVRFC).

Technika infračervené reflektografie (IRR) se využívá především k zobrazování přípravných vrstev u nástěnné, deskové malby, ale i polychromovaných plastik¹⁴⁸. U sádrových odlitků se přípravné vrstvy malby – podmalby nebo podkresby – vyskytují velmi zřídka, proto se tato metoda pro průzkum sádrových odlitků více nevyužívá. Kromě vizualizace těchto vrstev se metody IR spektra (IRR – infračervená reflektografie, IRFC – infračervená reflektografie ve falešných barvách) dají využít také k analýze některých pigmentů.¹⁴⁹ Tato metoda má celou řadu limitů a nenahrazuje tak materiálovou analýzu.

Průzkum složení povrchových úprav lze na neinvazivní úrovni dále provádět mobilní rentgen fluorescenční analýzou.¹⁵⁰

145 PLZÁK, Jindřich. Moderní dokumentační metody archeologických faktů (Aspekty trojrozměrného digitálního prostředí v archeologii na příkladech s movitými a nemovitými památkami), s. 57–61.

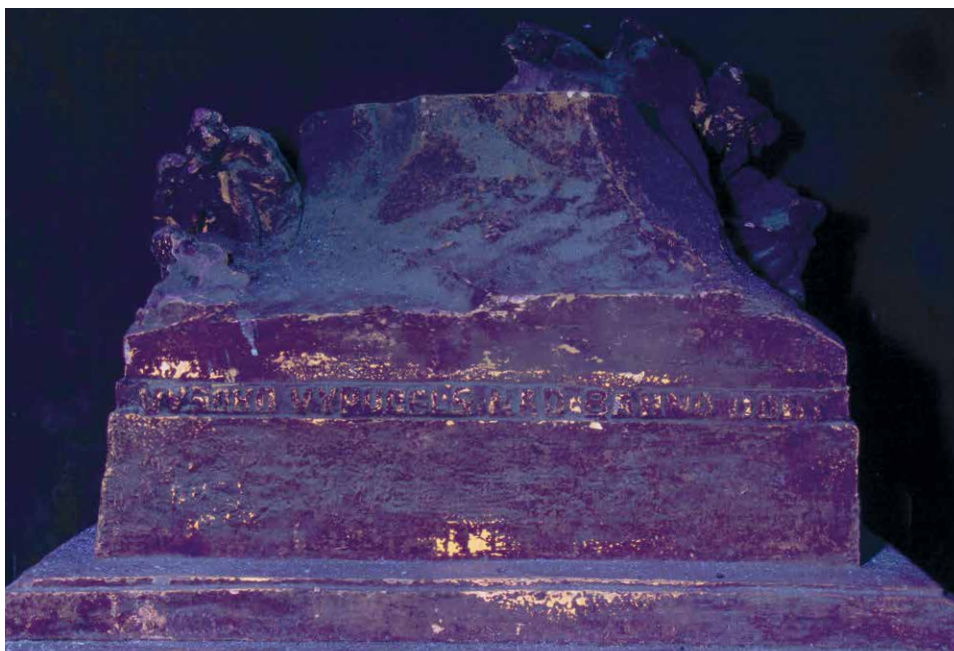
146 DAVIES, Adrian. *Digital Ultraviolet and Infrared Photography*, s. 29–79.

147 COSENTINO, Antonino. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination.

148 DYER, Joanne, Antony SIMPSON a Antony SIMPSON. Polychromy in Roman Egypt: A study of a limestone sculpture of the Egyptian god Horus.

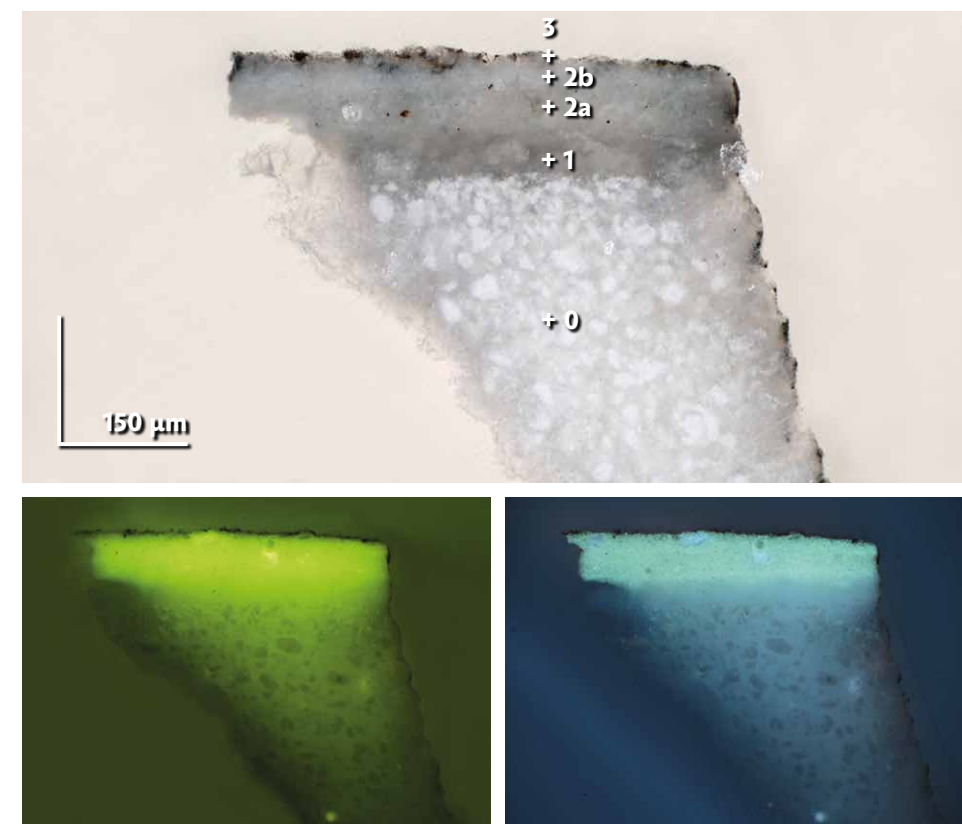
149 COSENTINO, Antonino, Effect of different binders on technical photography and Infrared reflectography of 54 historical pigments.

150 HRADIL, David a Jana HRADILOVÁ. *Metodika: Přenosné rentgen-fluorescenční analyzátoř: metodika pro jejich použití v neinvazivním průzkumu malířských děl in situ*.

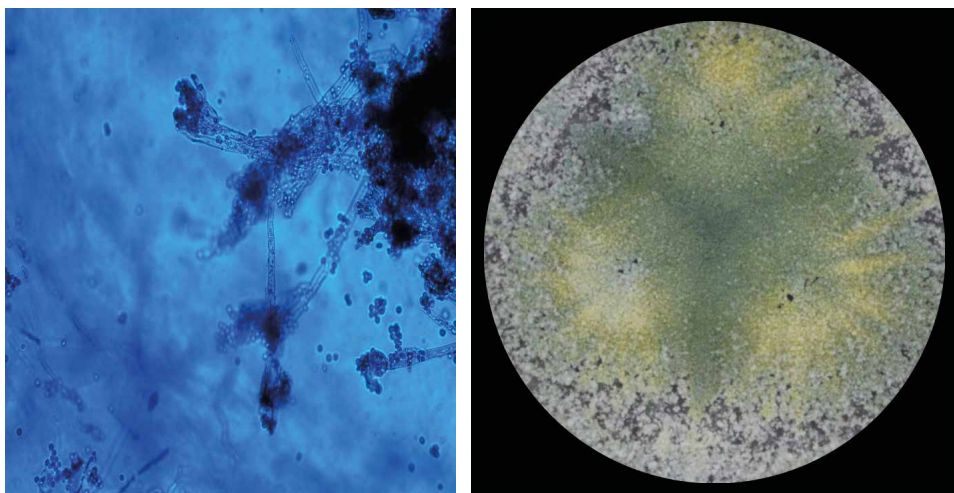


7.2. Snímek v rozptýleném denním světle a UV fluorescenci. V podkladové vrstvě modelu pomníku Jana Husa od S. Suchardy se objevuje oranžová fluorescence typická pro šelak. (foto: P. Mrovčec)

Klasickou invazivní techniku průzkumu povrchových úprav představují mikroskopické techniky spojené s odběrem mikrovzorků, které se zpravidla zpracovávají jako nábrusy (řezy mikrovzorky) nebo výbrusy (tenký oboustranně vyleštěný řez vzorkem). Základní technika používaná pro jejich vyhodnocení je optická (světelná) mikroskopie prováděná na odebraném vzorku v odraženém nebo procházejícím bílém světle, fluorescenci (obr. 7.3) či polarizaci. Na nábrusu nebo určitém typu výbrusu vzorkem lze dále provádět analýzu prvkového složení s využitím skenovací elektronové mikroskopie s mikrosondou (SEM–EDX). Skenovací elektronová mikroskopie slouží kromě prvkové analýzy pro studium mikrostruktury vzorků. V případě sádrových odlitků lze touto metodou studovat mikrostrukturu, porézní systém sádry, ale i projevy degradace (identifikace trhlin, prasklin, změn v porézním systému sádry, poškození povrchových úprav apod.). Metodu lze použít také pro vyhodnocení některých restaurátorských zásahů, například čištění a konsolidace.



7.3. Mikrofotografie nábrusu vzorku odebraného ze sádrové plastiky s bílošedou povrchovou úpravou. Optická a fluorescenční mikroskopie (a – bílé světlo; b – UV fluorescence; c – fluorescence v modrém světle). Na mikrofotografiích jsou zaznamenány následující vrstvy: 0) báze vzorku – sádrový odlitek, 1) tenká našedlá vrstva ze sádry, 2) našedlé souvrství s křídou a zinkovou bělobou vykazující charakteristickou zelenožlutou UV fluorescenci, 3) nečistoty. (foto: P. Lesniaková)



7.4. Masivní biologická kontaminace mikroskopickými vláknitými houbami rodu *Penicillium*, zjištěná při mikrobiologické analýze ze stěru sádrové plastiky. Mikroskopický preparát byl připraven odebráním části porostu do směsi laktófenolu s bavlníkovou modří. Preparát pozorován pod mikroskopem při celkovém zvětšení 600x. (foto: M. Pejchalová)

Pro identifikaci organických složek obsažených v povrchových úpravách nebo v samotné sádře se využívají analýzy molekulové spektrometrie – Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR) a Ramanova spektrometrie. Těmito metodami se zpravidla určují organické složky, které mohou být u sádrových odlitků součástí příměsí samotné sádry, povrchových úprav nebo polychromie. Analýzy lze pro minimalizaci invazivního zásahu do objektu provádět přímo na nábrusech odebraných mikrovzorků. Analýzy organických látek přítomných na odlitku lze dále precizovat například chromatografickými technikami.

V případě průzkumu barevných vrstev je třeba výsledky přírodovědných instrumentálních metod průzkumu provázat s výsledky stratigrafických restaurátorských sond (sondážní průzkum), které upřesní a doplní informace o návaznosti, míře dochování a kvalitě skrytých vrstev a také poskytnou informaci o technických a technologických možnostech případného snímání novodobějších vrstev.

Mikroskopické metody se kromě výše uvedených příkladů dále využívají pro vyhodnocení znečištění povrchu sádrových odlitků. Průzkumem se analyzuje složení nečistot i charakter vrstvy, včetně hloubky znečištění, na základě čehož lze dovodit i původ znečištění. Tyto analýzy pomohou při formulování koncepce restaurování, volbě techniky čištění i při stanovení režimu preventivní péče. Vrstvu nečistot lze zkoumat mikroskopicky na odebraných vzorcích, ze kterých se zhotoví nábrusy nebo výbrusy. Vedle prachových depozitů se na povrchu sádry mohou vyskytovat i mikroorganismy, například plísně. Díky schopnosti sádry vázat a zadržovat vodu ze vzdušné vlhkosti a časté přítomnosti organických látek, které se přidávaly jako přísady do

sádry nebo byly součástí povrchových úprav, vytváří sádrové odlitky ideální substrát pro růst mikroorganismů (zejména pokud byly delší dobu nevhodně skladovány). V případě podezření na přítomnost plísní je vhodné provést mikrobiologickou analýzu ze stěrů nebo ohrusů, která se provádí kultivací a vyhodnocením biotické skladby odebraných vzorků (**obr. 7.4**). Přítomnost mikroorganismů může představovat jednak zdravotní rizika pro osoby, které s díly manipulují, jednak může vést ke kontaminaci depozitáře a ohrožení dalších děl.

7.3.2 Průzkum stavu hmoty odlitku, strukturální poruchy

Z hlediska posouzení celkového stavu díla, stanovení dalších postupů restaurování a nastavení režimu preventivní ochrany je nezbytná identifikace případných poškození ve hmotě materiálu – nesoudržnost odlitku, oddělení licích vrstev sádry, přítomnost trhlin, prasklin, skrytých vad nebo nehomogenit. Identifikace těchto poškození je zásadní při hodnocení celkového stavu díla a stanovení dalších postupů restaurování a preventivní ochrany. Základní identifikaci lze provést vizuálním průzkumem, haptickým vyhodnocením nebo perkusním testem (poklepáním). Pro zjištění stavu materiálu ve skrytých a nepřístupných místech se využívá endoskopické vyšetření. Pro poznání vnitřní struktury sádry, míry její degradace ve hmotě, případně technologie zhotovení je možné využít také invazivní mikroskopické metody popsané výše (**obr. 7.5**).

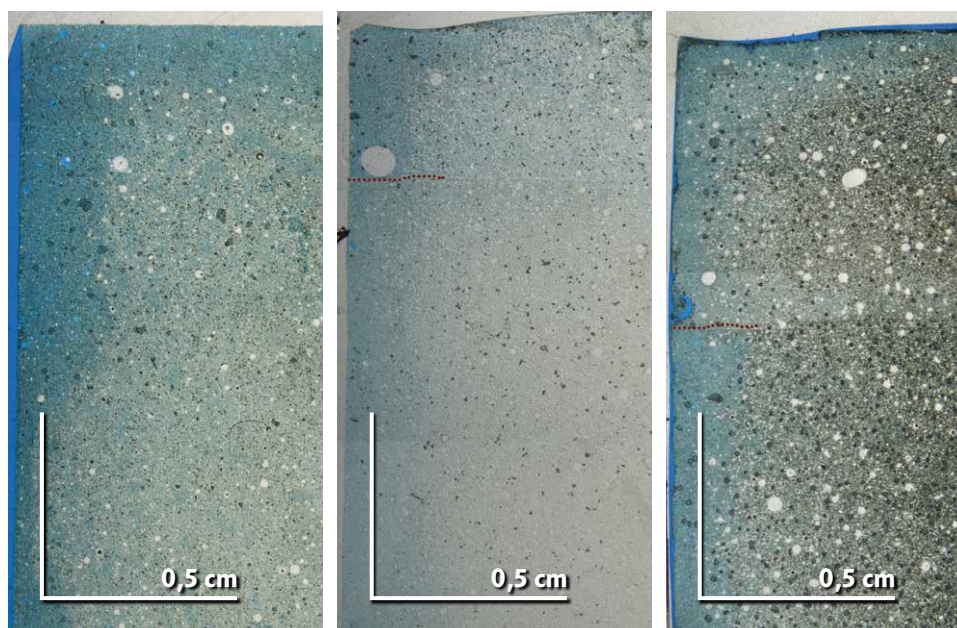
Mezi sofistikovanější techniky, rozšířené stále spíše pro jiné porézní stavební materiály jako stavební konstrukce zdiva^[151], betony, dřevěné prvky^[152], ale i kamenosochařská díla, patří ultrazvuková měření založená na měření času šíření ultrazvukového (akustického) vlnění materiálem, z něhož se následně vypočítává rychlost. Metoda je určena pro detekci homogenity materiálu, jeho viditelných i skrytých poruch. Kromě toho se nezřídka využívá jako materiálová charakteristika, která souvisí se složením materiálu, jeho objemovou hmotností (respektive porozitou) i modulem pružnosti materiálu. Z těchto důvodů se ultrazvuková měření využívají pro sledování stavu před a po restaurátorském zásahu (typicky například při konsolidaci nebo návrhu opravného tmelu). Kvůli souvislosti rychlosti šíření UZ impulsu a pružnosti materiálu je možné z měření provést výpočet dynamického modulu pružnosti.^[153]

151 HAVLÍN, Jakub, SLAVÍKOVÁ, Monika, VÁLEK, Jan, PAVELKA, Karel; Metodika: Využití neinvazivních průzkumových metod – georadaru, impakt echa a povrchového měření šíření ultrazvuku k posouzení stavu a konstrukčních detailů pískovcového pláště stavebních konstrukcí, 54 s.

152 TAVUKÇUOĞLU, Ayşe, A. DIOURI, A. BOUKHARI, et al. Non-Destructive Testing for Building Diagnostics and Monitoring: Experience Achieved with Case Studies.

153 Viz norma ČSN 73 1371.

Měření se zpravidla provádí v přímém (transmisním) uspořádání, kdy jsou měřicí sondy umístěny proti sobě na obou stranách objektu. V případě, že není možné zajistit přístup z obou stran materiálu, lze provádět měření odrazová s jedinou měřicí sondou. Měření a jeho interpretaci však mohou komplikovat další materiály přidávané do odlitků pro jejich zpevnění (textilie, armatury) nebo například tloušťka materiálu, která je v případě sádrových odlitků nezřídka velmi subtilní.



7.5. Rozlišení způsobů zpracování a lití sádry světelnou mikroskopií: a) odlitek do silikonové formy, b) odlitek do silikonové formy odlévaný těsně po sobě ve dvou vrstvách (mezi vrstvami viditelné rozhraní), c) sádra nanášená na hotový odlitek (rozhraní mezi vrstvami). Snímky výbrusů sádrovými vzorky v kontrastní modré zalévací pryskyřici, PLM, procházející světlo, II nikoly. (foto: R. Tišlová)

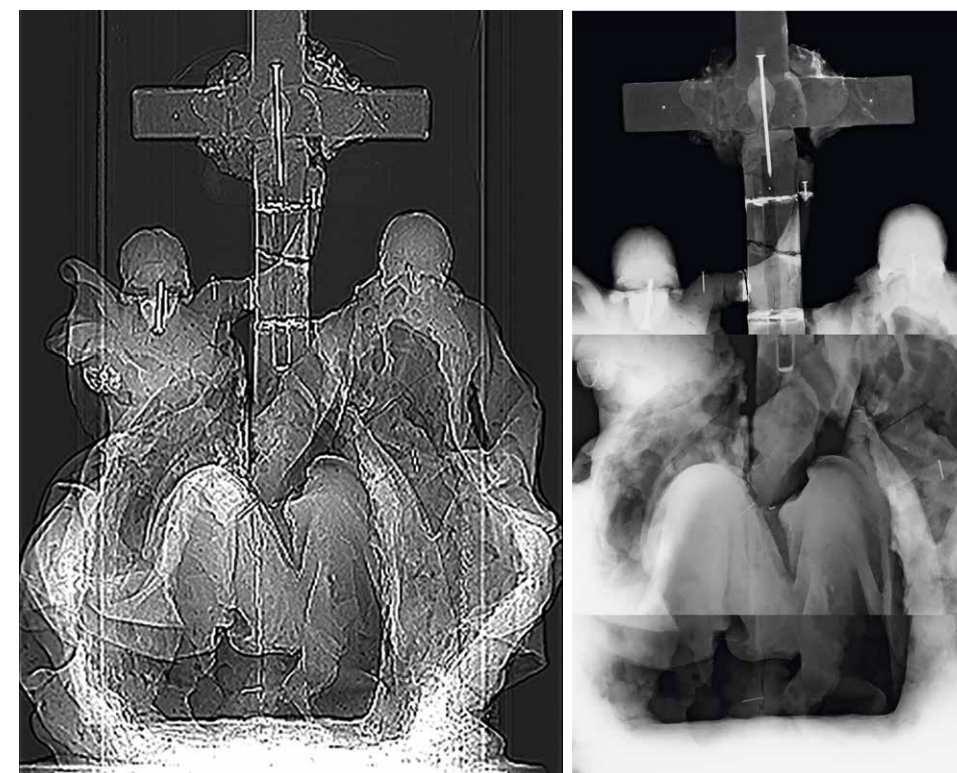
7.3.3 Identifikace armatur – průzkum vnitřní struktury odlitků

Z hlediska restaurování a následné péče o odlitek je důležité zjistit, zda byl do jeho hmoty při výrobě anebo dodatečně přidán pomocný materiál pro jeho stabilitu. Zjištění charakteru a stavu materiálu armatury bude mít vliv při rozhodování o způsobu restaurování, ale i při stanovení podmínek pro transport a uložení. Pokud je objekt poškozen ve hmotě odlitku, lze odhalit přítomnost armatur i na základě vizuálního průzkumu: armatury jsou obnažené nebo se na povrchu sádry vyskytují změny barvnosti způsobené migrujícími korozními produkty. Základní informaci o skrytých kovových armaturách může poskytnout i detektor kovu, který pomůže určit přibližnou polohu i typy použitého kovu (**obr. 7.6a**).



a
b | c

7.6. Různé způsoby lokalizace armatur. a) přibližná lokace a zakreslení kovových armatur pomocí detektoru kovu (foto: A. Machová); b) rentgenový snímek ukazující kovové a dřevěné armatury; c) řez CT snímkem, který ukazuje přítomnost kovových i dřevěných výztuží a také je zde možné rozpoznat dutiny v odlitku a určit sílu sádrového střepeu v jeho jednotlivých částech. (foto: J. Saksun)



Pokročilejší nástroj, který umožní přesnou lokalizaci armatur, představují radiografické metody (**obr. 7.6b**). Na rozdíl od detektoru kovu jsou schopné odhalit i jiné materiály, například dřevěné armatury nebo textilní výplně. Díky útlumovým charakteristikám (zejména hustotě a atomové hmotnosti) těchto materiálů se při interakci s rentgenovým zářením zobrazí na rentgenovém snímku.^[154] Průzkum odlitků v rentgenovém záření pomůže kromě detekce druhotných materiálů odhadnout další technologické vlastnosti odlitku, například sílu střepe v jednotlivých částech odlitku či přítomnost vnitřních prasklin, dutin, skrytých vad. Limitní pro tuto metodu je tloušťka sádrového střepe. Z vlastní zkušenosti autorů vyplývá, že limitní pro získání kvalitního výstupu (radiogramu) je cca 30 cm. Při rentgenování větších objektů je nutné složit celkový obraz z více snímků. Velikost jednoho snímku se různí podle typu zařízení a velikosti záznamové desky, u běžných zdravotních rentgenů se pohybuje se okolo rozměru 18×24 cm. Rentgenové přístroje jsou stacionární i mobilní (mobilní rentgenová radiografie). Mobilní zařízení, u nás dostupné, ne však příliš využívané, lze použít v případě, kdy není objekt možné transportovat. Výrazným limitem mobilní radiografie je zvláštní režim užívání, který vyžaduje dodržování přísných bezpečnostních norem.

Komplexní informaci o lokaci a velikosti kovových armatur v celém objektu poskytuje metoda počítačové tomografie (CT – computed tomography), která je standardně využívána pro lékařské účely (**obr. 7.6c**). Spolu s přesným umístěním výztuží získáme touto metodou informaci o síle sádrového střepe a případných nehomogenitách v odlitku (vzduchové kapsy, nedolitá místa). Velkou výhodou je, že ze snímků snímaných z libovolných úhlů lze v rámci jednoho měření pořídít i 3D záznam. Limitem pro užití metody je velikost objektu (odpovídá přibližně velikosti lidské postavy s připaženými rukama), i když na některých evropských pracovištích existují i zařízení na mobilním rameni umožňující skenování rozměrnějších objektů. Při úvaze o využití metody je třeba brát v potaz i to, že sádrové objekty je nutné na pracoviště disponující vybavením počítačovou tomografií transportovat.

154 ŽEMLIČKA, Jan, JAKUBEK, Jan, DUDAK, Jan, HRADILOVÁ, Janka, TRMALOVÁ OLGA. X-ray Radiography of Painted Arts with High Resolution (I): Testing and Measurements with Large Area Pixel Detector, s. 51–68.

Restaurování sádrových odlitků

8.1 Úvod k problematice restaurování

J. Ďoubal

V následujících kapitolách se budeme věnovat vybraným fázím restaurátorského zásahu, jako je čištění, zpevňování, lepení a doplňování. Tyto úkony jsou z hlediska restaurování sádry zásadní, a zároveň se jedná o problematiku, která je v kontextu dalších porézních anorganických materiálů specifická. Přestože součástí sádrových odlitků jsou často i barevné povrchové úpravy (patiny, polychromie), rozhodli jsme se téma jejich restaurování v naší publikaci neotvírat, zejména s ohledem na šíři dané problematiky. V případě barevných úprav na sádře lze také do velké míry vyjít ze zkušenosti s restaurováním povrchových úprav na dřevě a kameni,^[155] případně na dvourozměrných dílech,^[156] i když i zde je třeba zohlednit specifika daná technologií vytváření patin na sádře (více v kapitole „4. Povrchové úpravy“).

Prezentované poznatky vycházejí z rešerše dostupné literatury, z praktické zkušenosti při restaurování uměleckých děl i z původního výzkumu, kdy byly testovány vybrané restaurátorské technologie.^[157] Představovaný výběr témat a shromážděné poznatky nemohou pokrýt celou škálu problémů spojených s restaurováním sádrových odlitků a cílem následujících kapitol není dávat ani konkrétní návod, jaké materiály má restaurátor použít. Spíše zde budou prezentovány způsoby a možnosti, které jsou pro daný úkon využitelné nebo se v minulosti používaly, společně s praktickými zkuše-

155 KOLLER, Manfred. Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur.

156 NICOLAUS, Knut. *The Restoration of Paintings*.

157 LESNIAKOVÁ, Petra, Pavel MROVĚC a Jakub ĎOUBAL. Čištění povrchově neupravené sádry laserem.
ZÍTKOVÁ, Petra. Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu pro restaurování polychromované sádrové plastiky.
KOKSTEJNOVÁ, Aneta a Renata TIŠLOVÁ. Testování prostředků pro lepení sádrových artefaktů.

nostmi autorů s danými postupy. Přestože se na základě laboratorních zkoušek nebo při restaurování daného objektu některé postupy osvědčily více a některé méně, je třeba při řešení konkrétního úkolu vždy uvažované postupy ověřovat provedením a vyhodnocením zkoušek. Vybraným restaurátorským úkonům jsou v této publikaci věnovány samostatné kapitoly, nicméně v praxi jsou tyto postupy navzájem provázané a komplexní restaurování by mělo vycházet z předem jasně stanovené koncepce.

Při definování koncepce restaurování je třeba brát v úvahu řadu aspektů a hodnotových rovin artefaktu.¹⁵⁸ Na ty je třeba nahlížet ve vztahu k předpokládané prezentaci restaurovaného díla s přihlédnutím ke specifickým podmínkám prostředí, ve kterých budou díla instalována. Definování koncepce je v tomto případě stanovením cíle, jehož má být restaurátorským zásahem dosaženo, a konkrétní restaurátorské postupy jsou hledáním cesty, kterou by bylo možné vytyčeného cíle dosáhnout.

Z hlediska zachování a konzervace díla je důležité posoudit zejména aspekty související s materiální strukturou díla, jako například současný stav díla, příčiny poškození, materiály a technologické postupy použité při vzniku díla. S touto oblastí také souvisí vyhodnocení možností aplikace uvažovaných materiálů a technologických postupů potřebných k dosažení žádoucího výsledku v daném případě. Nutnou součástí je i zvážení možných negativních vlivů, které mohou působit na dílo v budoucnu.

V rámci úvah o další podobě díla a způsobu jeho prezentace je nutné poznat a definovat škálu vypovídacích hodnot. Hodnoty sádrových odlitků jsou spojené s výtvarnou, estetickou, uměleckou strukturou díla, ale také s jejich hodnotou historickou, dokumentární a s nimi související hodnotou vědeckou či edukativní. Při formulování koncepce restaurování mohou být některé z těchto hodnot vůči sobě ve zdánlivém protikladu. Na jedné straně je hodnota historická – dokumentární, kdy dílo nesoucí stopy a znaky působení času a lidské činnosti vyžaduje pouze minimální zásah, tj. čistě konzervační přístup (stabilizaci materiálové struktury) nestírající výpověď díla jako historického dokumentu v poloze pramenu poznání. Tato hodnota je v jistém protikladu s estetickou hodnotou artefaktu jako „živého“ výtvarného uměleckého díla, jehož komplexní vnímání pozorovatelem vyžaduje celistvost z hlediska tektoniky jeho výstavby jak čistě v rovině hmotové stability, tak v rovině duchovně výtvarné či umělecké. Restaurátorský zásah respektující tyto hodnoty je často veden snahou o maximální přiblížení se „původnímu“ záměru autora, tzn. vzhledu díla v době jeho vzniku. V ideálním případě, který bývá však spíše výjimkou, je možné v rámci restaurování respektovat všechny popisované výpovědní hodnoty. Mnohem častější

158 Více ke stanovení hodnot díla například: DE LA TORRE, Marta. *Assessing the Values of Cultural Heritage: Research Report*.

jsou však případy, kdy je nutné při koncipování restaurátorského zákroku akcentovat některé z hodnot na úkor jiných. Jakýkoli zásah na díle by však neměl příliš násilně a navíc nevratně zasahovat do významových rovin uměleckého díla.

V případě sádrových děl je důležitým aspektem při vytváření koncepce restaurátorského zásahu i poznání role odlitku v procesu tvorby finálního uměleckého díla. Rozlišujeme, jestli se jedná o pomocný mezistupeň, podklad pro vytvoření díla nebo o jednu ze studií, která byla nutným základem pro vznik finálního díla, případně zda se jde o dílo finální či jeho čistě řemeslnou neautorskou rozmnoženinu.

Koncipování restaurátorského zásahu by mělo reflektovat i předpokládané další nakládání s dílem, kdy je rozdíl, jestli bude dílo po restaurování uloženo jako hmotný doklad v depozitáři nebo bude prezentováno ve výstavních prostorách jako umělecký exponát. Jedním z důležitých faktorů při formulování koncepce restaurování je proto názor správce/uživatele/investora a jím předpokládané užití díla. Ve všech případech je však třeba, aby restaurátorský zásah probíhal ve všech krocích konzistentně se stanoveným cílem.

Dříve než přistoupíme ke konkrétním restaurátorským postupům, shrňme na úvod některé základní principy a obecná pravidla, která je třeba při restaurování sádrových odlitků dodržovat.

Restaurování by měl provádět restaurátor, specialista na restaurování sádrových odlitků. Přestože při restaurování děl ze sádry lze využít mnohé principy a postupy používané u dalších porézních anorganických materiálů, představují sádrové odlitky specifickou problematiku a jejich restaurování by měl provádět školený restaurátor specialista s dostatkem zkušeností s daným materiálem.

Restaurování by měl předcházet restaurátorský průzkum zaměřený na poznání rozsahu a příčin poškození a také na shromáždění informací o díle, které pomohou stanovit jeho hodnoty a funkce v tvůrčím procesu restaurování.

Před vlastním restaurátorským úkonem je třeba jasně stanovit koncepci prováděného zákroku. S ohledem na výsledky průzkumu, míru poškození a původní určení díla je třeba zvážit, jaký typ zákroku bude zvolen. To platí zejména v případech vážně poškozených děl, kde došlo k rozsáhlejší ztrátě modelace či povrchové úpravy. Zde je potřeba velmi pečlivě uvážit, zda přistoupit k čistě konzervačnímu zákroku nebo ke komplexnímu restaurování a rekonstrukci chybějících tvarů. Jiný přístup bude volen u pracovní skici zachycující momentální autorův nápad a jiný u finálního díla, u kterého

se dochovalo několik totožných odlitků. Zásadním momentem při diskuzi o koncepci restaurování je dostupnost dokumentace díla (historické fotografie, existence jiných odlitků atd.). Zvolená koncepce restaurování by měla vzejít z interdisciplinární diskuze mezi restaurátorem, technologem, kurátorem, případně historikem umění a správcem sbírek.

Nespojovat suché štukatérské spoje. Rozměrnější či komplikované sádrové plastiky byly ve štukatérských dílnách odlévány po částech. Následně byly spojovány na kovové trny s vnější fixací kovovými sponami, případně byly fixovány tzv. klečováním (lepení pomocí nanesení bodů mírně zatuhlé sádry). Časté je také spojování jednotlivých dílů nasucho. K tomu byly vytvořeny speciální zámky, případně zámky se závlačkami. Tyto spoje byly většinou precizně vymyšleny štukatéry a umožňují vystupující části odlitku demontovat, například pro jednodušší transport, a následně opět sestavit. Tyto suché spoje by při restaurování neměly být slepovány, neboť by tak došlo ke ztrátě informace o štukatérské technice spojování a zároveň ke komplikaci případného transportu.

Ponechat stopy odkazující na tvůrčí proces a původní účel odlitku. Řada z odlitků deponovaných v muzeích a galeriích pochází z pozůstalosti významných sochařů. Jedná se často o pracovní odlitky, které vznikly v průběhu tvůrčího procesu a nebyly



8.1.1. Pomocné body hřebíčky a křížky jako pozůstatek převodu do finálního materiálu pomocí tečkovacího strojku. (foto: P. Zítková)

tudíž určeny k finální prezentaci. Na těchto pracovních odlitcích se vyskytují pozůstatky technologických procesů užitých při vzniku finálního díla. Jedná se například o pomocné body (křížky, hřebíčky zatlučené do sádry, sádrové body), které se využívaly při převodu do kamene pomocí tečkovacího strojku (obr. 8.1.1), případně kružidel (obr. 8.1.2). Podobné body se využívaly i při užití pantografu pro zvětšování. Vedle těchto bodů lze na pracovních odlitcích nalézt stopy po formování (dělicí roviny, stopy po rozřezání atd.). Mnohé z těchto pozůstatků pracovních postupů se mohou laikovi jevit jako poškození či estetická vada, ale je velmi důležité, aby tyto stopy tvorby byly na pracovních odlitcích uchovány, protože jsou cenným studijním materiálem a autentickým dokladem tvůrčího procesu.

Neopravovat defekty v odlitku vzniklé při odlévání. Tento bod souvisí s předchozím. Zejména v případě „kopií“ historických děl prováděných v době největšího rozmachu štukatérského řemesla v 19. století byl kladen velký důraz na kvalitní řemeslné provedení. Z tohoto důvodu byly odlitky ponechány bez zapravení dělicích rovin klínových a klínových forem a drobných defektů jako důkaz řemeslné zručnosti štukatérského mistra; odlitek byl natolik kvalitně proveden, že nevyžadoval žádné další retuše (obr. 8.1.3). Není proto žádoucí, aby tyto „vady“ odlitku byly při novodobém restaurování odstraňovány.



8.1.2. Přisádrované body sloužící pro zvětšování nebo převod do finálního materiálu pomocí kružidel. (foto: J. Dóubal)



8.1.3. Stopy dělicích rovin po klínové formě. (foto: P. Zítková)



8.1.4. Značka uvádějící místo vzniku odlitku a číselné označení zařazení v katalogu. (foto: J. Ďoubal)

Neodstraňovat historické značky. U historických odlitků, které vznikly jako „kopie“ významných děl je důležité neodstraňovat značky, nálepky, sádrová razítka a podobně. Tyto značky často souvisí se vznikem odlitků, případně s jejich dalším uložením, a jsou cenným zdrojem informací (*obr. 8.1.4*). Pokud se jedná o novodobější nálepky, nebo nápisy, které esteticky degradují dílo, je před jejich odstraněním nutné tyto značky alespoň řádně zdokumentovat a zaznamenat.

Důkladné poznání skladby povrchových vrstev. V případě patinovaných odlitků je často velmi těžké odlišit, zda vrstva na povrchu je nečistota nebo záměrná vrstva patiny. Proto je potřeba k čištění takovýchto děl přistupovat s maximální opatrností a teprve na základě důkladného průzkumu povrchových vrstev. Finální vrstvy patiny totiž mnohdy nebyly spojeny (nebo byly spojeny minimálně), aby si zachovaly matný vzhled, případně imitovaly zašpiněný povrch. Odstranění této finální vrstvy povrchové úpravy by vedlo ke značnému posunu vnímání plastiky oproti původnímu záměru autora.

Nepřepatínovat sádrové odlitky. Přestože se sádrové odlitky mohou nacházet v žalostném stavu, kdy barevné povrchové vrstvy jsou vážně narušeny, mělo by se ve většině případů přistoupit k restaurování povrchové vrstvy a nikoli k přepatínování. Také v případě nepatínované sádry bylo v minulosti z důvodu náročnosti čištění neošetřené sádry přistupováno k přepatínování povrchu nebo alespoň k jeho ošetření voskem či šelakem. Takový zákrok je vzhledem k charakteru podkladu prakticky nevratný a jedná se o výrazný zásah do autenticity díla. Pokud není možné povrchovou vrstvu restaurovat a je žádoucí provést rekonstrukci povrchové úpravy, je nutné tuto rekonstrukci provést na základě shromážděných podkladů (materiálový průzkum, studium analogických odlitků z autorovy produkce), aby nedošlo k zásadní dezinterpretaci díla.

Zhotovení restaurátorské zprávy. Každý restaurátorský zákrok by měl být řádně dokumentován a na závěr by měla být předložena a archivována restaurátorská zpráva obsahující vyhodnocení průzkumu (včetně identifikace techniky zhotovení a původního účelu odlitku), koncepci restaurátorského zákroku, použité postupy a materiály (včetně jejich koncentrací a aplikačních postupů), doporučení pro další nakládání – transport, uložení atd. a nová zjištění při restaurování.

8.2 Čištění

P. Mrovč — J. Ďoubal

Čištění patří k nejrizikovějším krokům v rámci procesu restaurování, neboť při něm dochází k nevratným změnám vzhledu díla a zároveň hrozí nebezpečí ztráty původní hmoty. V případě sádry je odstraňování nečistot poměrně komplikovaným procesem, vzhledem k jejím specifickým fyzikálním a chemickým vlastnostem. V této souvislosti lze za značné nevýhody sádry považovat zejména poměrně vysokou měkkost, rozpustnost ve vodě a navlhavost. Také vysoká porozita povrchu i jeho bílá barva jsou z hlediska depozice nečistot a čištění problematické. Do pórů se snadno usazují obtížněji odstranitelné nečistoty, které se na bílém povrchu mohou vizuálně velmi negativně uplatnit.

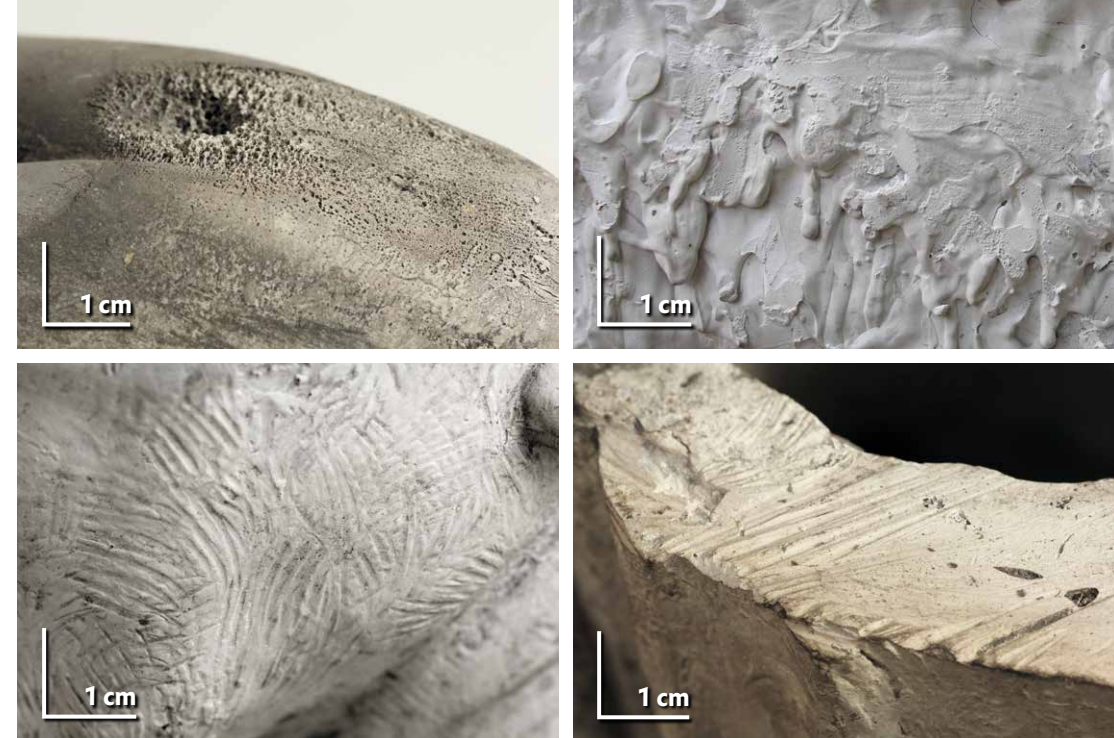
V souvislosti s postupy při zhotovení sádrového odlitku, ale také v závislosti na degradačních vlivech, lze vysledovat různé typy povrchů, které ovlivňují zůsob a míru ukládání prachového depozitu (*obr. 8.2.1*). Na jednom objektu lze nalézt i několik typů povrchů, což může vést k nerovnoměrnosti výsledku čištění, potřebě lokálního dočištění či volbě kombinace více metod čištění.

Následující text je zaměřený na čištění sádry bez patinace či polychromie, u jejíhož povrchu je většinou proces čištění nejkomplicovanější a souvisí se samotnými vlastnostmi sádry. Značná část sádrových odlitků a děl má však povrchovou úpravu, která se na první pohled výrazně vizuálně neuplatňuje, ale mění vlastnosti sádry a její přítomnost je třeba brát při čištění na vědomí.

Do problematiky tak mohou částečně spadat díla, u kterých byla použita dodatečná technologická úprava povrchu. Jedná se o záměrnou úpravu, která slouží ke zvýšení pevnosti a odolnosti nebo ochraně díla a jeho povrchu proti otěru. Často v důsledku technologické úpravy dochází ke snížení porozity a nasákavosti sádry a tím i redukci možného zanášení povrchu depozity a jeho lepší údržbě.

Nejčastěji byl povrch sádry technologicky upravován běleným šelakem nebo bezbarvým voskem, případně jejich kombinací v různých koncentracích a tloušťkách nátěrů. K dalším možným historickým postupům patří použití prášku z mastku (klouzku). Na výsledek čištění mohou mít vliv i rezidua po separátorech používaných při formování.

Další technickou úpravou realizovanou zejména za účelem strukturální konsolidace sádry bylo její napuštění nebo ponor díla do různých anorganických i organických sloučenin. Konsolidace bývala realizována za účelem zlepšení přirozených vlastností sádry včetně jejího povrchu i v rámci restaurování degradovaných děl. Z anorganických sloučenin byla tradičně používána například vápenná voda či roztok kamence,



8.2.1. Různé typy povrchů. Vlevo nahoře: povrch vystavený kapalné vodě; vpravo nahoře: samovolně ztvrdlá sádra; vlevo dole: povrch opracovaný modelovacím nástrojem; vpravo dole: řez provedený do čerstvé sádry. (foto: P. Mrovč)

síranu vápenatého, případně měďnatého nebo železnatého či boraxu. Z organických látek se uplatňovalo například mléko či kliš (více o úpravách sádry v kapitole „8.3 Konsolidace“). V některých případech je diskutabilní, zda strukturální konsolidací v podstatě vzniká povrchová úprava. S řešenou problematikou čištění však úzce souvisí, jelikož mění také povrch díla a v rámci procesu restaurování je nezbytné tuto možnost zohlednit.

V souvislosti s proměnou vlastností sádry je třeba zmínit i modifikace příměsí přidávanými přímo do sádrové směsi při její přípravě. Přestože se v tomto případě nejedná o povrchovou úpravu, je nutné možnost výskytu modifikované sádry v kontextu řešené problematiky zmínit. Modifikační příměsí totiž mají významný vliv na vlastnosti sádry včetně jejího povrchu a jejich přítomnost může do značné míry ovlivňovat samotné restaurování včetně čištění. Sádra se modifikuje většinou kvůli zlepšení mechanických, zpracovatelských a jiných vlastností. Například k urychlení procesu tuhnutí byl do sádry přidáván síran zinečnatý nebo draselný, uhličitán barnatý, cukr či kamelec. Hašené vápno, kliš, amoniak, uhličitán sodný a draselný nebo borax se naopak používaly ke zpomalení procesu tuhnutí.¹⁵⁹ Dále je možné sádru modifikovat s cílem zlepšit zejména její mechanické vlastnosti.

159 MEGENS, Luc, Ineke JOOSTEN, Alberto DE TAGLE a Renske DOOIJES. The Composition of Plaster Casts.

Při každém restaurátorském zásahu je důležité stanovit požadovanou míru čištění. Rozhodnutí o provedení čištění respektive jeho intenzitě by mělo vždy vycházet z vizuálního i chemicko-technologického průzkumu povrchu. Některé záměrné povrchové úpravy totiž mohou působit jako nečistoty. Instrumentální laboratorní analýza může prokázat na povrchu přítomnost pigmentů nebo pojiva. V některých případech ale ani laboratorní analýza nemusí rozlišit rozdíl mezi nečistotou a povrchovou úpravou. Jedním z možných sochařských postupů, vedoucích ke zvýraznění plasticity modelu, byla úprava povrchu díla různými hlinkami a nečistotami. Takovou povrchovou úpravu lze odlišit spíše vizuálním hodnocením typických projevů, jako je rovnoměrnost vrstvy a logika v celkovém plastickém projevu na odlitku, než mechanickým odebráním vzorků a laboratorní analýzou.

Na základě výsledků restaurátorského průzkumu zahrnujícího poznání složení a stavu díla, způsobu depozice a charakteru nečistot, ale také shromáždění informací o původním účelu odlitku a jeho historii, bychom měli dospět ke koncepci restaurování, respektive čištění. Při stanovení této koncepce je často brán ohled na původní vzhled díla, na jeho případnou původní záměrnou patinu, případně také na patinu vzniklou existencí díla v čase – tzv. patinu stárí.

8.2.1 Kritéria výběru metody čištění

Základem pro úvahy o čištění by měla být identifikace typu a zdroje nečistot, míra jejich ulpívání na substrátu, respektive v jeho porézním systému, a charakteristika substrátu (složení sádry případně aditiv, přítomnost konzervačních úprav atd.) a jeho stav. Pro výběr vhodné metody čištění je důležitá i celková charakterizace konstrukce odlitku, která přinese informace o armaturách a dalších použitých materiálech.

Každá metoda čištění vyžaduje interakci v různých formách s ulpělými nečistotami, a tedy i povrchem objektu. Čištění je v restaurátorské praxi často kompromisem mezi objektivními požadavky, které zohledňují technické a technologické parametry materiálů, a subjektivní rovinou čištění, která zohledňuje estetické působení objektu. Nejdůležitějším a základním předpokladem pro zvolenou metodu čištění by měla být její šetrnost k původním materiálům objektu. Při čištění by nemělo docházet k žádné chemické změně sádrového substrátu. Při čištění by neměla vznikat ani zůstat v sádře žádná nežádoucí rezidua. Vzhledem k částečné rozpustnosti sádry ve vodě by při čištění nemělo docházet k zavlhčení sádry, obzvláště by se mělo vyloučit dlouhodobé zavlhčení a kontakt s tekoucí vodou. K omezení nebo vyloučení užití mokřých procesů při čištění vede i fakt, že značná část odlitků je vyztužena kovovými armaturami, u kterých by mohl přímý kontakt s vlhkostí akcelarovat korozní procesy. I krátkodobý kon-

takt se zvýšenou vlhkostí, by mohl znovu aktivovat a urychlit korozní procesy armatur, které vedou k nárůstu korozních produktů na jejich povrchu. Zvětšování objemu v důsledku koroze pak může vyvolat vznik prasklin v okolí armatury.

Aby se předcházelo nežádoucímu poškození objektu v důsledku čištění, je nutné provést a vyhodnotit uvažované materiály a technologie. Toto lze realizovat na zkušebních plochách, kde lze například vizuálně i mikroskopicky ověřovat změnu barevnosti, struktury a případně porovnávat kohezi čištěného povrchu po zkouškách čištění. Proces čištění lze dále vyhodnotit a kontrolovat pomocí různých přístrojů a metod in-situ nebo na odebraných vzorcích. Mezi nejvyužívanější metody průzkumu patří například různé zobrazovací metody, světelná mikroskopie, skenovací elektronová mikroskopie s prvkovou analýzou, rentgenová difrakce, spektrofotometrie, infračervená spektrometrie a další.

8.2.2 Metody čištění

Škála metod využívaných pro čištění sádry je dosti široká a zahrnuje jak tradiční metody, používané po staletí, tak metody moderní. Některé historické metody se postupně proměnily ve volbě odlišného materiálu citlivějšího k sádrovému povrchu, přičemž základní princip odstraňování nečistot ze sádry zůstal stejný (například historická metoda používání zábalů škrobového mazu byla nahrazena jinými sorpčními materiály). V následujícím textu shrneme metody, které patří k těm šetrnějším a v restaurátorské praxi nejlépe využitelným, a pomíneme razantní mechanické metody jako je přebroušení povrchu, které se v minulosti sice používaly, ale z dnešního hlediska jsou zcela nepřijatelné. Zjednodušeně můžeme dělit metody čištění na mokré a suché. Mokré metody spočívají v působení kapalin. Nejčastěji se využívají krátkodobě v kombinaci s mechanickým čištěním nebo delším působením, kdy je nosičem kapaliny gel nebo zvlhčený inertní zahušťovací materiál (tzv. zábal). V souvislosti s čištěním povrchově neupravené sádry je nejčastěji jako médium vybírána demineralizovaná či pitná voda s přísadkou povrchově aktivních látek (detergentů, smáčidel). U suchých metod se při čištění sádry nejčastěji využívá otěr či nalepení nečistoty na používané médium, abraze tryskáním či bezkontaktní laserová ablace.

Z tzv. „mokřých“ metod se v restaurátorské praxi často používá čištění pomocí smáčených vatových tyčinek. Vatová tyčinka je většinou smáčena demineralizovanou vodou a jemnými kruživými pohyby jsou nečistoty ze sádrového povrchu odstraňovány. K omezení smáčení povrchu vodou nebo lepší rozpustnosti specifických nečistot lze využít i rozpouštědla jako například ethanol, případně i v kombinaci s vodou. Hlavní nevýhoda této metody spočívá v přímém kontaktu a otěru sádrového povrchu. Voda navíc může rozpouštět sádrovou a kromě úbytku původního povrchu může docházet i k zanášení póru nečistotami a změně mikroreliefu.

K čištění soudržných sádrových povrchů lze použít „slupovací“ polymerní filmy vzniklé zpravidla z vodných polymerních disperzí. Mechanismus je založen v adhezi nečistot k vrstvě, která je nanášena například štětcem v kapalné formě, případně ve formě gelu na povrch objektu. Po jejím zaschnutí vzniká polymerní elastický film, který je možné i s nečistotami snadno sloupnout. K tomuto účelu se používají zejména polymerní disperze, které nepenetrují do porézního systému materiálu. V souvislosti s čištěním sádry je například v literatuře uvedena možnost použití produktu *Vinavil* na bázi polyvinylacetátu.^[160] K dalším čistícím polymerním látkám lze zařadit kaučukový latex dodávaný pod názvem *Arte Mundit* nebo obdobný produkt *Anjusil*.^[161] Za hlavní nedostatek této metody čištění lze považovat obtížnou kontrolovatelnost procesu čištění i nebezpečí odstranění vrstvy nečistot i s původním materiálem. V případě některých prostředků může být pro substrát rizikové jejich pH.

Přírodní polysacharid agar s vysokou gelující schopností představuje šetrnou a efektivní metodu mokrého čištění na bázi gelů. Metoda je více než 20 let vyvíjena přímo pro čištění sádry především italskými konzervátory a o tématu je dostupná celá řada publikací.^[162] Agar je běžně dostupná surovina, která se prodává jako jídelní doplněk, nicméně pro čištění se používají spíše produkty získané u specializovaných prodejců. V literatuře se zpravidla uvádějí následující možnosti použití agarového gelu, jehož koncentrace se většinou pohybují v přibližném rozmezí 0,5–5 % hm.^[163] Množství uvolněné vody z pevného gelu je také závislé na tlaku při aplikaci (špachtlí, štětcem). Nejčastěji jsou používány tři základní metody, respektive formy nanášení gelu v různých konzistencích.

Nanosení ve formě chladnoucího tekutého gelu při teplotě 40–50 °C na povrch objektu štětcem nebo špachtlí.

Aplikace gelové vrstvy (fólie) získané ze zatuhnutého gelu na povrch díla.

Aplikace jemně rozemletého gelu „sněhové“ konzistence například špachtlí, případně s následnou aktivací nanesením tekutého gelu štětcem, případně špachtlí.

160 BERZIOLI, Michela. *An analytical and applicative approach to the cleaning of artworks*, s. 24.

161 BREITENFELDT, Jörg, Aurelia BADDE a Rolf KRIESTEN. Über die Reinigung Von Gipsoberflächen.

162 SCOTT, Cindy Lee. The use of agar as a solvent gel in objects conservation.

CREMONESI, Paolo. Surface cleaning? Yes, freshly grated Agar gel, please.

V ANZANI, Marilena. *Gel rigidi di Agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*. SANSONETTI, Antonio a kol. A Cleaning Method Based on the Use of Agar Gels: New Tests and Perspectives.

163 SANSONETTI, Antonio a kol. A Cleaning Method Based on the Use of Agar Gels: New Tests and Perspectives.



8.2.2. Zkouška čištění pomocí pasty z attapulgitu a karboxymethylcelulózy. Po důkladném rozmíchání směsi s vodou se pasta nanáší nejprve v tenké homogenní vrstvě a poté v druhé vrstvě do 2–4 mm celkové tloušťky. Po 12–24 hodinách se zábal sám z povrchu uvolní spolu s čištěnými depozity. (foto: P. Mrovčec)

Přes pozitivní výsledky v řadě studií existuje poměrně velké riziko zachycení reziduí agaru v porézním systému sádry. Tato rezidua pak mohou být živnou půdou pro mikrobiologické napadení.

Další tradičně využívanou metodou je využití zábalů ze zahušťovacích prostředků na bázi silikátů a aluminosilikátů (silikagely, křemelina, alumina) nebo gelů připravených z derivátů celulózy jako je hydroxymethylcelulóza či karboxyethylcelulóza (**obr. 8.2.2**). Zábal se nechává na povrchu sádry působit až několik desítek minut, musí se však vždy odstranit před jeho úplným vyschnutím kvůli nebezpečí smrštění a mechanickému působení na sádrový substrát. Podrobnější seznam sorbentů a jejich modifikací využívaných k čištění sádry uvádí ve své publikaci Badde.^[164] Uvádí zde také možné kombinace některých zmíněných produktů s mikronizovaným oxidem křemičitým nebo s karboxymethylcelózou (CMC) v podobě pasty. Detailní receptury je však velmi obtížné v literatuře dohledat.^[165] V restaurátorské praxi se sorbenty používají i jako médium pro užití rozpouštědel.^[166]

164 BADDE, Aurelia. *Dust on Busts: Dust on Plaster Surfaces: Focussing on the Portrait Busts in the Rococo Hall of the duchess Anna Amalia Library in Weimar*.

165 V jedné z tradičně používaných francouzských receptur je uváděno použití následující směsi: 97 % hlinitého prášku „attapugite“ nebo „palygorskite“, 3 % CMC 2Na (karboxymethylcelulóza), voda (asi 8 litrů vody pro 2 kg suché směsi). Zdroj: konzultace École de Baux Arts, Tours, Francie.

166 FRANCESCHINI, Marianna a Cristina NORDIO. Endimione dormiente: diagnosi e restauro, s. 27–37.



8.2.3. Různé typy čistících hub a pryží pro suché čištění: a) houba *Wallmaster*; b) houba *Wishab*; c) plastická guma *Koh-i-noor Hardtmuth*; d) plastická guma *Faber-Castel*; e) stěrací guma tvárnivá *Art Eraser Koh-i-noor Hardtmuth*; f) tvrdší kaučuková guma v bloku *Faber-Castel* (drolivá); g) kaučuková guma v bloku *Koh-i-noor Hardtmuth* (drolivá). (foto: P. Zítková)

Suché čištění mechanickými metodami za použití měkkých gum je v praxi nejpoužívanější, neboť je dostupné, rychlé a z povrchu sádry účinně odstraňuje široké spektrum depozitů (**obr. 8.2.3**). K nevýhodám patří riziko zanechávání mastných reziduí na povrchu sádry.^[167] Při použití těchto gum je vhodnější nečistoty na povrch gumy spíše navalovat, aby nedocházelo k poškození povrchu.

Další metodou, kterou lze v některých případech využít, je mikropískování. Mikroabraze je založena na mechanickém obrušování povrchu různými typy abraziv. Abrazivum je unášeno proudem vzduchu a intenzitu čištění lze regulovat kromě volby abraziva i tlakem vzduchu a velikostí a tvarem trysky. Kvůli velké variabilitě různých abraziv a mimořádné citlivosti restaurátorských přístrojů je dnes již zcela běžné například čištění polychromií nebo štuků. Mikroabraze se na sádrové objekty příliš nedoporučuje kvůli měkkosti a citlivosti podkladového materiálu. V některých případech, kde jiné metody nefungují (například u otevřených a narušených sádrových površích, které mají vysokou porozitu a komplikovaný mikrorelief), může vykazovat dobré výsledky. Obecně je lépe volit pro sádro jemnozrnější abrazivum.

Bezkontaktní suchá laserová ablace by měla představovat vhodnou metodu čištění sádrových artefaktů, jelikož při ní nehrozí například rozpouštění sádry jako při použití vodných metod čištění nebo nadměrná abraze povrchu. Navíc se jedná o velmi citlivou a vysoce selektivní metodu s dobrou kontrolovatelností procesu čištění, která je běžně úspěšně využívána v restaurátorské praxi.^[168] Teoreticky by měla být vhodnost čištění laserem objektů zhotovených ze sádry dále podpořena vysokým barevným kontrastem mezi bílou sádrovou podložkou a tmavými depozity. Na druhou stranu

167 BERZIOLI, Michela. *An analytical and applicative approach to the cleaning of artworks*, s. 25.

168 SENESI, Giorgio, I. CARRARA, Gustavo NICOLODELLI, Debora MILORI a Olga DE PASCALE. Laser cleaning and laser-induced breakdown spectroscopy applied in removing and characterizing black crusts from limestones of Castello Svevo, Bari, Italy: A case study.

se na světlé, a navíc poměrně vysoce pórovité sádře mohou intenzivněji uplatnit nežádoucí vizuální změny, které byly zaznamenány v praxi i potvrzeny experimentálně nejen po laserové ablací sádry, ale i dalších obdobných materiálů.^[169] Při nesprávném nastavení nebo užití nevhodného typu laseru může docházet ke žloutnutí a tmavnutí sádrového povrchu či k nehomogennímu odstranění nečistot.^[170] V restaurování se používají především pulzní pevnolátkové Nd:YAG lasery^[171] s různými parametry. Právě parametry různých laserů jsou určující pro výsledek čištění, zejména vlnová délka paprsku, doba trvání pulzu a energetická hustota (fluence) paprsku. Z dostupných testovaných laserů vykazují při optimálním nastavení poměrně dobré výsledky Short Free Running (SFR) lasery, případně Q-switched lasery při vlnové délce 355 nm.^[172]

Samostatnou kapitolu v čištění sádry představuje téma redukce a čištění korozních kovových produktů, tedy znečištění způsobené kovovými armaturami a komponenty odlitku. Ačkoli jde o velmi odlišnou problematiku, než je znečištění povrchů sádry depozity, u odlitků se s ní často setkáme a do komplexního čištění objektu je tedy nutné ji v těchto případech zahrnout. K tomuto dílčímu tématu dosud není adekvátní literatura a v restaurátorské praxi je tento problém znečištění většinou řešen barevnou retuší. Při redukci těchto korozních produktů lze využít komplexotvorné sloučeniny jako je *Chelaton III* nebo *Tiron* či málo koncentrované roztoky slabých karboxylových kyselin (například šťavelové či citronové). Dobré zkušenosti jsou také s roztokem kyseliny citronové a citronanu sodného v demineralizované vodě (43 g kyseliny a 2,5 g citronanu na 1 l vody) aplikovaným ve formě zábalu.^[173]

8.2.3 Případové studie čištění sádrových odlitků

Následující příklady restaurovaných děl z pozůstalosti českého sochaře Stanislava Suchardy reprezentují různé přístupy k čištění sádrových plastik. Ve všech případech bylo na základě charakteru povrchu, laboratorních testů vybráno několik metod čištění

169 SIANO, Salvatore, Juri AGRETI, Ilaria CACCIARI, Daniele CIOFINI, Marta MASCALCHI, Iacopo OSTICOLI a Andrea Azelio MENCAGLIA. Laser cleaning in conservation of stone, metal, and painted artifacts: state of the art and new insights on the use of the Nd.

170 LESNIAKOVÁ, Petra, Pavel MROVĚC a Jakub ĎOUBAL. Čištění povrchově neupravené sádry laserem.

171 Nd:YAG laser – Aktivním materiálem je izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ($Y_3Al_5O_{12}$) dopovaný ionty neodymu (Nd^{3+}).

172 Thunder Art je tzv. „Q-switched“ laser s dobou trvání pulzu okolo 10 ns a možností volby vlnové délky. EOS 1000 je tzv. „Short free running“ (SFR) laser, který má mnohem delší trvání pulzu, jenž se pohybuje v rozmezí 30–120 μ s. To znamená, že puls SFR je zhruba 1000× delší, než puls Q-switched laserů.

173 MORADEI, Rosanna. Il restauro delle opere ingesso: appunti da esperienze di laboratorio.

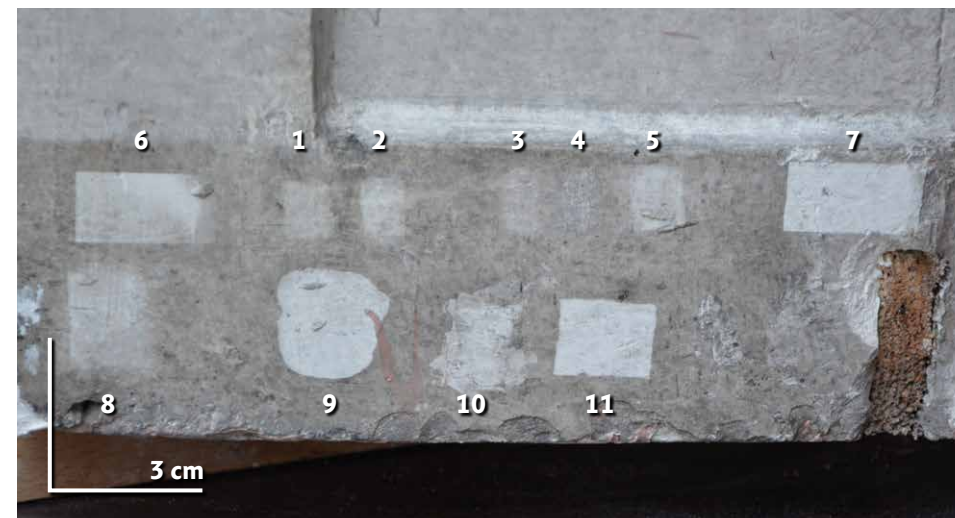
tění, které byly aplikovány na vzorových plochách a porovnávány. Způsob čištění jednotlivých objektů pak vycházel z důkladného vyhodnocení těchto zkoušek. Redukce nečistot byla provedena jako součást komplexního restaurátorského zásahu na objektech a v souladu s celkovou koncepcí restaurování.

Prvním příkladem je model alegorie průmyslu pro průčelí Městského muzea v Hradci Králové.¹⁷⁴ Plastika sloužila jako model k sochám na průčelí Městského muzea v Hradci Králové. Námět zobrazuje alegorii průmyslu. Odlitek byl s největší pravděpodobností zhotoven za pomoci ztracené formy. Průzkum neprokázal žádnou povrchovou úpravu.

Objekt byl spolu s dalšími sádrovými odlitky nevhodným způsobem uskladněn na půdě vily Stanislava Suchardy v Praze, kde byl vystaven působení vlhkosti a prachu. Je evidentní, že dílo bylo vystaveno i působení stékající vody. Odlitek byl později přesunut do sklepení vily, kde byly podmínky o poznání šetrnější, i když ani zde nebyl zcela chráněn proti dalšímu znečištění. Nevhodné podmínky uložení se negativním způsobem podepsaly na stavu díla. Celý povrch byl pokrytý prachovými depozity a zateklinami zasahujícími hlouběji do povrchu. Také se na částech odlitku nacházela pevně ulpívající vrstva, která byla identifikována jako protipožární nástřik zanesený na povrch pravděpodobně neopatrnou aplikací protipožární směsi na dřevěné části půdy. Na odlitku bylo patrné mechanické poškození, jako jsou drobné rýhy či prasklinky, a některé části zcela chyběly.

Před restaurováním byly provedeny zkoušky čištění zahrnující širokou škálu metod (**obr. 8.2.4**). Zkouška čištění vatovými tampóny v demineralizované vodě měla pouze minimální efekt. Mikroabrazivní metoda v tomto případě nebyla použita, neboť by mohlo dojít k poškození povrchových úprav nebo ke změně charakteru povrchu.

Gel z agaru byl vyzkoušen ve dvou základních konzistencích. Testováno bylo nanášení tuhnutí gelu o teplotě cca 45 °C a nanášení polotuhé folie (cca 1 mm silné) po vychladnutí. Ačkoli obě zkoušky prokázaly poměrně dobrý výsledek čištění, docházelo při použití agaru k migraci organických látek do porézního systému. Tato rezidua byla v okolí čištěných míst identifikována při průzkumu v UV světle, kdy vykazovala specifickou fluorescenci. Z tohoto důvodu bylo čištění agarem vyloučeno. Čištění pomocí agaru bylo kromě toho v tomto případě hůře kontrolovatelné kvůli velké variabilitě typů povrchů plastiky. Při úplném zaschnutí folie (do druhého dne) bylo čištění až příliš efektivní a mohlo docházet k odstranění povrchové vrstvy, případně degradovaných částí sádrového materiálu.



8.2.4. Zkoušky čištění: 1 – Pryž tvárlivá 6422 – KOH-I-NOOR; 2 – Pryž tvárlivá 6426 – *super extra soft* – KOH-I-NOOR; 3 – Kombinovaná guma pryž červeno-modrá 6521/60 – KOH-I-NOOR (červená část); 4 – Kombinovaná guma pryž 6521/60 – KOH-I-NOOR (modrá část s příměsí pemzy); 5 – Pryž extra tvrdá 6641 – KOH-I-NOOR; 6 a 7 – Mikroabrazivní metoda čištění – korund F360; přístroj *Airblaster I*, tlak 2,5 až 3 bar; 8 – Laser – EOS 1000; 9 a 11 – Agar – přírodní polysacharid – nanášení tuhnutí gelu o teplotě cca 45 °C; 10 – Agar – přírodní polysacharid – nanášení polotuhé folie po vychladnutí. (foto: J. Škarvada)

Dobré výsledky vykazovala měkká plastická guma. Měkké plastické gummy přiléhaly k povrchu sádry, při navalování na sebe vázaly nečistoty, především méně ulpívající depozity. Při čištění po užití gum nedocházelo ke změnám barevnosti substrátu ani vzniku mastných reziduí. Také se s nimi dala relativně dobře kontrolovat míra čištění, kterou bylo potřeba na každém kusu odlitku zvolit individuálně.

Další pozitivně hodnocenou metodou bylo laserové čištění, které vykazovalo velice dobré výsledky, ať už šlo o kritéria jako je šetrnost k povrchu nebo kontrola míry čištění. Při zkouškách byl využit ND: YAG SFR laser EOS 1000 (**obr. 8.2.5**).

Pro čištění byla nakonec zvolena kombinace plastických gum a laseru. Měkké plastické gummy efektivně a šetrně čistily povrch od méně ulpělých depozitů, ale moc dobře nefungovaly na snížení barevných kontrastů na sádře. K vizuálnímu sjednocení povrchu významně přispělo použití laseru EOS 1000 (**obr. 8.2.6**). Laser byl použit s největší opatrností a s cílem, aby co nejméně zanechal na povrchu svojí charakteristickou strukturu teček, i když se tomu nedalo úplně vyhnout. Čištění probíhalo velice pečlivě v několika na sebe navazujících krocích s postupným zvyšováním energetické hustoty. Tečkový efekt lokálně vzniklý po čištění laserem se dal následně potlačit opětovným použitím plastické gumy.

174 ŠKARVADA, Jiří. *Restaurování sádrových modelů soch pro průčelí muzea v Hradci Králové.*



8.2.5. Průběh čištění plastickou gumou a laserem EOS 1000. Vzhledem k různým typům povrchů bylo nutné pro dosažení optimálního výsledku kombinovat více způsobů čištění. (foto: J. Škarvada)



8.2.6. Průběh čištění pomocí SFR laseru EOS 1000. Při čištění laserem hraje zásadní roli zkušenost a citlivost operátora. Na příklad kroužením hlavičky spouště se správně zaostřeným bodem dosáhneme rovnoměrnějšího čištění. (foto: J. Škarvada)

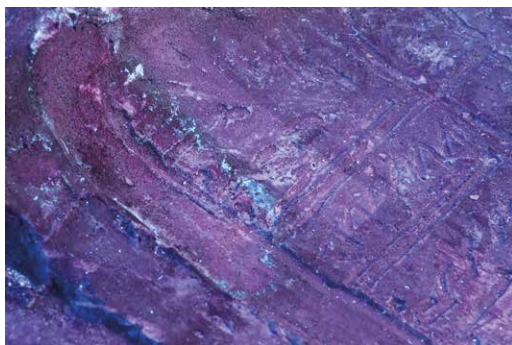
Druhý případ představuje čištění sádrového reliéfu, které komplikovalo zejména zamytí nečistot do porézní struktury sádry. Vysoký reliéf zobrazující kněžnu Libuši byl zhotoven jako model k následné realizaci v glazované keramice pro Národní dům v Prostějově. Odlitek armoval železnými výztužemi byl proveden zřejmě do želatinové formy. Průzkum neprokázal žádné povrchové úpravy.

Pravděpodobně vlivem korodující oceli použité na armatury, popřípadě neopatrnou manipulací, došlo k velkému mechanickému poškození spojenému se ztrátami větších i menších částí díla. Celý povrch byl ztmavlý usazenými prachovými depozity, které byly v některých místech už pevně zamyty ve struktuře sádry. Silně znečištěná byla oblast hrudníku a nohou figury a horizontální lišty na architektuře. Povrchy horizontálních ploch díla byly silně degradovány, docházelo zde ke vzniku velice otevřené houbovité struktury. Příčinou tohoto poškození byla zřejmě tekoucí voda.

Zkouška čištění laserem na tomto objektu dosáhla relativně uspokojivých vizuálních výsledků na hladkém povrchu, ale na degradovaných částech byla patrná stopa laseru (tečky). Navíc se očištěný povrch poměrně značně sprašoval, což bylo zřejmě způsobeno vysokou energetickou hustotou laserového paprsku, nutnou pro očištění pevně ulpívajících nečistot zanesených v porézní struktuře sádry.

Čištění agarem prokázalo poměrně dobré výsledky, i když na degradovaných místech ne úplně rovnoměrné. Nevýhoda této metody je, že ji lze těžko regulovat a je špatně kontrolovatelná. Největším problémem v tomto případě byla možná migrace reziduí gelu do porézního systému sádry, kterou jsme identifikovali na základě vzniklé specifické UV fluorescence v okolí čištěných ploch (**obr. 8.2.7**). Rezidua agaru by se v budoucnu mohla stát živnou půdou pro mikroorganismy.

Nejlepší výsledky vykazovalo čištění plastickou gumou, i když v nejvíce znečištěných místech nebylo dostatečně účinné. Proto bylo přistoupeno ke zkoušce mikropískování s různými abrazivy. Byly zkoušeny ořechové skořápky, jemně mletý dolomitický vápenec nebo bílý korund frakce F360. Překvapivě nejlepších výsledků bylo dosaženo s korundem, který je nejtvrdějším ze zmíněných abraziv. Tvar zrn skořápek je příliš nepravidelný a čištění tak není rovnoměrné a hrozí i vyštípnutí čištěného materiálu.



8.2.7. Zkoušky čištění na různých površích. Zkoušky agarem i mikropískováním přinesly poměrně dobré výsledky, ale při zkoumání v UV světle se ukazuje fluorescence kolem místa čištěného agarem, která je způsobena penetrací média do porézního systému substrátu. (foto: Z. Auská)



8.2.8. Srovnání stavu před a po restaurování. (foto: Z. Auská)

Dolomitický vápenec měl oproti korundu méně homogenní výsledek a barva očištěného povrchu vykazovala tupější odstín. Díky užití tvrdšího a ostrohrannějšího abraziva, které má větší obrusný efekt bylo možné pracovat s mnohem menším tlakem, a tudíž se omezilo nebezpečí popískování na rozhraní různě tvrdých povrchů.

Při vlastním restaurování byly volné prachové depozity odstraněny měkkým štětcem. Rám reliéfu byl mírně očištěn plastickou gumou značky *KOH-I-NOOR*. Při tomto základním zásahu byla stanovena míra čištění, ke které by měla redukce nečistot směřovat v celé ploše. V dalším kroku bylo s ohledem na zkoušky provedené v rámci průzkumu přistoupeno k čištění degradovaných povrchů pomocí mikroabrazivní metody. Tato metoda může být pro sádrové odlitky poměrně riskantní, nicméně při vhodné volbě abraziva a zkušenosti operátora se v tomto případě ukázala jako relativně šetrná. K nesporným výhodám mikropískování patří dobrá regulovatelnost míry odstraňování depozitů a snadná kontrolovatelnost procesu čištění. S užitím korundu frakce F360 s minimálním tlakem (max. 2 bar) se podařilo dosáhnout vizuálně velmi rovnoměrného výsledku čištění. Při kontrole optickými mikroskopickými metodami nebyl pozorován žádný úbytek originálního materiálu.

Dalším příkladem představuje restaurování busty Vlasty Zindlové. Odlitek zhotovený původně do želatinové formy následně sloužil jako podklad pro převod do mramoru, o čemž svědčí kovové hřebíčky a zákresy tečkovacích bodů. Nedokončená mramorová busta se nachází ve sbírkách Národní galerie v Praze.

Z průzkumu stratigrafie povrchových úprav je zřejmé, že se na povrchu sádry vyskytovaly nesouvislé tmavé tenké vrstvy (**obr. 8.2.9**). Nebylo ale možné jednoznačně určit, zda se jedná o pozůstatky tmavých povrchových úprav nebo o nečistoty. Velmi ojediněle byl na povrchu sádry zaznamenán prvek baryum, který by teoreticky mohl pocházet z barytové běloby jako součásti barevné vrstvy.

Vzhledem k vizuálnímu charakteru tmavých částic na povrchu je předpoklad původní patinace objektu téměř vyloučen. Případná povrchová úprava, která se na povrchu vizuálně neuplatňuje, nebyla průzkumem prokázána.

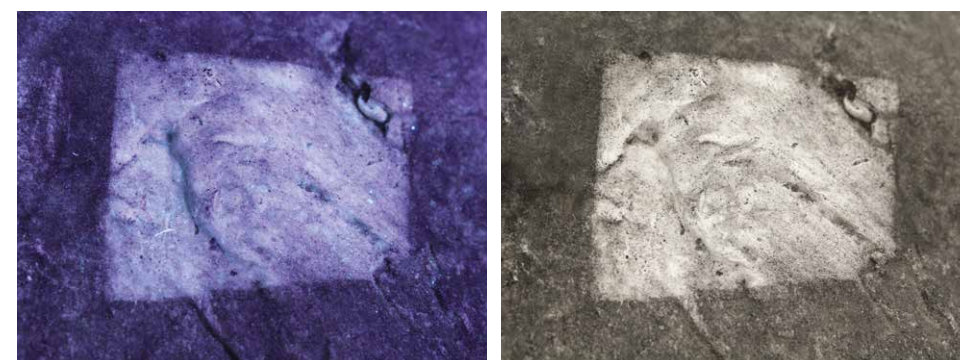
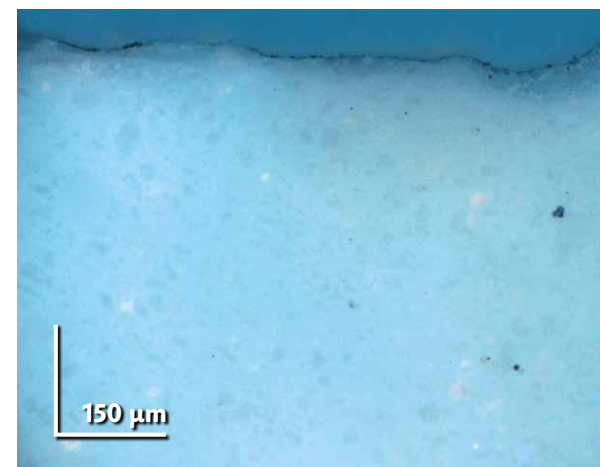
Na díle se vyskytovala mechanická poškození od drobných povrchových oděrek až po větší odloučené části. K významnějším poškozením patřil například úbytek materiálu v partii nosu a mechanické poškození v části s drapérií, kterou tvoří křehká gáza obalená tenkou vrstvou sádry. Kolem hřebíčků se nacházely korozní produkty z kovových částí migrujících do struktury sádry. Tento problém byl patrný především v místě, kde byl v plastice zasazen velký železný hřebík obalený sádro, jehož korozní produkty okolí silně barevně kontaminovaly. Plastika byla také výrazně znečištěna. Na díle se nacházela velmi silná vrstva volného i ulpělého depozitu. Nečistoty se nerovnoměrně nacházely na celém díle i v zákoutích bohaté modelace, což způsobovalo vizuálně rušivý efekt.

V rámci zkoušek čištění byl testován gel z agaru ve dvou základních konzistencích. Bylo zkoušeno nanášení tuhajícího gelu o teplotě cca 45 °C a nanášení polotuhé fólie (cca 1 mm silné) po vychladnutí. Ačkoli obě zkoušky prokázaly poměrně dobrý výsledek čištění, byl zjištěn vznik specifické UV fluorescence, podobně jako v dalších případech, pocházející zřejmě z migrovaných organických složek. Kromě toho hrozilo v tomto případě odstranění původních zakreslených bodů tužkou, neboť proces čištění agarem není příliš kontrolovatelný.

Mikroabraze nebyla v tomto případě vhodná především kvůli členitosti plastického povrchu objektu. Použití vatových tyčinek s vodou nepřipadalo v úvahu, především kvůli nebezpečí zamýváním nečistot do porézního systému a nadměrného namáhání povrchu vodou i otěrem. Laser *EOS 1000* byl vyzkoušen v několika intenzitách nastavení. Zkoušky přímého čištění výrazně znečištěného povrchu však prokázaly mírnou změnu barevnosti. Nejlepší výsledky vykazovalo čištění plastickou gumou. Při zkoušce postupného odstraňování volného depozitu, byla tvárlivá pryž 6422 – KOH-I-NOOR natolik citlivá, že neporušila zákresy tužkou na sádrovém povrchu (**obr. 8.2.11**). Složitý reliéf povrchu a porozita některých částí však umožňovala jen částečnou dostupnost povrchu a rovnoměrné dočištění bylo velmi obtížné.



8.2.9. Nábrus vzorku odebraného pro identifikaci případné povrchové úpravy a způsobu depozice nečistot. Ze vzorku je patrné, na kolik jsou depozity zanesené do porézního systému a že sádra pravděpodobně nebyla nijak povrchově upravována. Snímek z optického mikroskopu v bílém viditelném a UV světle. (foto: P. Lesniaková)



8.2.10. Zkoušky čištění plastickou gumou: a) makrofotografie, UV fluorescence; b) makrofotografie, denní světlo. (foto: P. Mrovec)



8.2.11. Průběh čištění. Během předčišťování podobizny plastickou gumou se začaly objevovat body zakreslené tužkou i na místech, kde se původně kvůli silnému prachovému depozitu neuplatňovaly. Laserovou ablací bylo možné díky malému průměru bodu dočistit místa kolem těchto bodů. (foto: P. Mrověc)

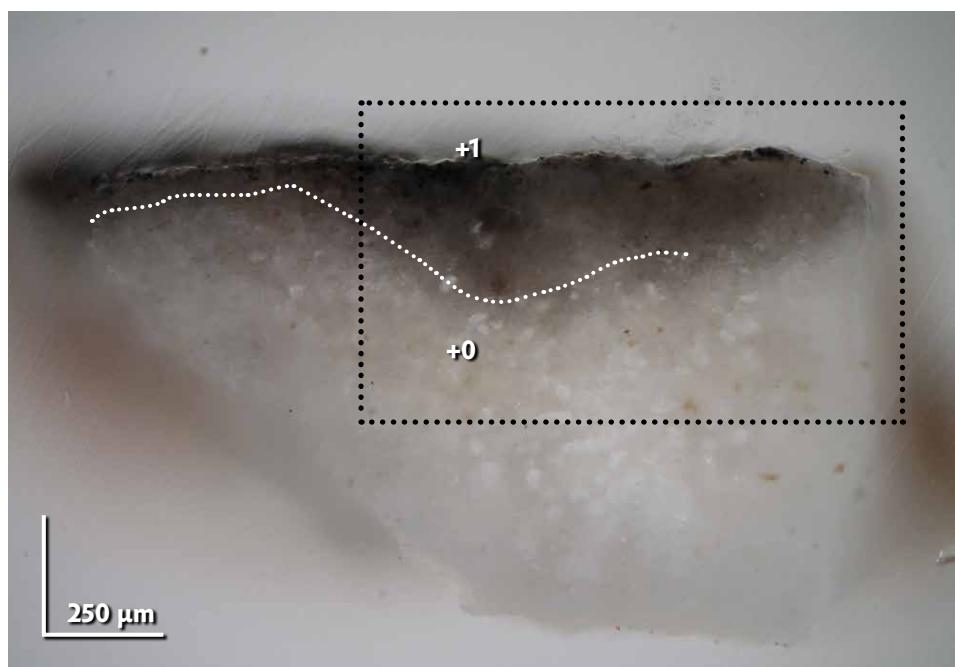


8.2.12. Srovnání stavu před a po restaurování. (foto: P. Mrověc)

Ze zmíněných důvodů bylo při vlastním restaurování přistoupeno k postupnému čištění povrchu za pomoci plastické gumy dvou tvrdostí – pryž tvárnivá 6422 – KOH-I-NOOR, pryž 6426 tvárnivá *super extra soft* – KOH-I-NOOR. K dočišťování povrchu byl použit ND: YAG SFR laser EOS 1000. Při užití laseru na již předčištěný povrch nebyla pozorována změna barevnosti a vysoká míra kontrolovatelnosti čištění laserem umožnila zachovat zákresy tužkou. Při čištění laserem však bylo nutné se vyhnout místům, kde došlo k migraci korozních produktů do sádry, neboť v těchto místech docházelo k výraznému ztmavnutí. Na redukci rezavých skvrn byl testován 3,5% roztoku *Chelatonu III* v sorpčním gelu z *Kelzanu*. Tímto způsobem však došlo jen k minimální redukci znečištění, a proto bylo nakonec přistoupeno k zaretušování těchto skvrn akvarelovými barvami.

Posledním prezentovaným případem je čištění plastiky alegorie Ochrany. Dílo společně s párovou plastikou zobrazující alegorii Nebezpečí sloužilo jako model k sochám na průčelí fasády pojišťovny Assicurazioni Generali na Václavském náměstí v Praze. Jedná se o sádrový odlitek s dřevěnými podporami vytvořený pomocí želatinové formy. Průzkum poukázal na přítomnost organických látek na povrchu s bílkovinným pojivem, které mohly být buď reziduem po formování z želatinové formy, nebo tvořit pojivo povrchové úpravy.

Celý povrch plastiky byl pokryt silnou vrstvou nečistot. Depozity byly vázány do struktury odlitku a nerovnoměrně pronikaly do podpovrchových vrstev porézní struktury (obr. 8.2.13). Hlavní složky volných i vázaných nečistot byly zjištěny podrobnou mikroskopickou analýzou odebraných mikrovzorků; tvořila je vrstva sazí a složky na bázi hlinito-křemičitanů s obsahem železa. Mírně zvýšený byl také obsah sloučenin s obsahem zinku. Rozlišení složení povrchové úpravy a složek nečistot bylo v tomto případě velmi komplikované. Přesto, že byly provedeny podrobné analýzy, nepodařilo se jednoznačně stanovit, zda byl povrch ošetřen povrchovou úpravou.



8.2.13. Nábrus vzorku odebraného pro identifikaci případné povrchové úpravy. Patrně se jedná o povrchovou úpravu (zvýšená koncentrace org. sloučenin – nevýrazný obsah zinku). (foto: R. Tišlová)

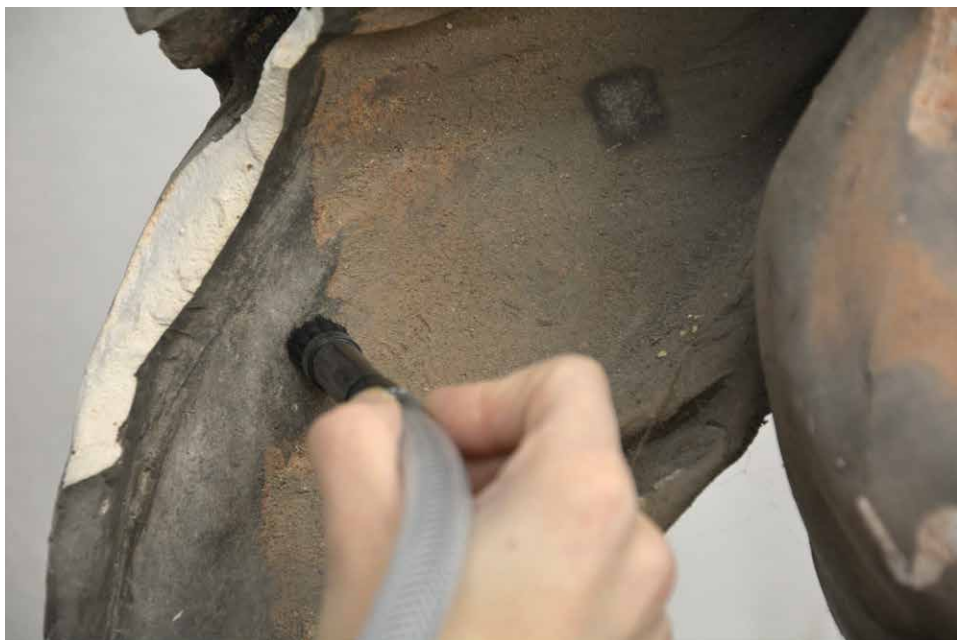
Zkoušky čištění byly provedeny škálou plastických i tvrdých gum, které jsou pro čištění sádrových odlitků velmi šetrné. Dále bylo testováno užití latexové houby *Wishab* a kaučukového latexu *Arte Mundit*. Do zkoušek bylo zahrnuto i čištění pomocí Nd: YAG laserů *EOS 1000* a Q-switched *Thunder Art*. Dodatečně byly také provedeny zkoušky čištění pomocí gelu z *Laponitu RD* a agaru. Zkoušky byly provedeny na zadní straně plastiky, konkrétně na dvou místech, jejichž povrch vykazoval odlišnou strukturu (obr. 8.2.14).



8.2.14. Zkoušky čištění: 1. plastická guma *Faber Castell*; 2. plastická guma *KOH-I-NOOR*; 3. guma – tvrdý blok *Hardtmuth 300/60*; plastická guma *Art Eraser Kneaded Soft*; 5. latexová houba *Wishab*; 6. laser *EOS 1000*; 7. laser *Thunder Art*; 8. kaučukový latex *Arte Mundit*; 9. agar; 10. *Laponit RD*. (foto: P. Zítková)

U zkoušky čištění pomocí laseru *Thunder Art* docházelo k výraznému žloutnutí povrchu. V případě použití laseru *EOS 1000* zkouška na figuře plastiky působila přečištěným dojmem s tečkovanou stopou, avšak na podstavci ztmavlou vrstvu laser neočistil a docházelo k jejímu pálení. Při zvýšení intenzity docházelo sice k očištění, ale vysokou energií se sádra přepalovala a docházelo k jejímu sraškování. Stejně tak gely z *Laponitu* i *Agaru* redukovaly nečistoty až na samotnou sádro, což v tomto případě nebylo žádoucí. Kaučukový latex *Arte Mundit* vykazoval sice poměrně přijatelné výsledky, ale při pozorování v UV světle se ukázalo, že zanechává v sádře luminující rezidua. Ze všech zkoušek vykazovaly nejlepší výsledky plastická guma *Faber Castell* a latexová houba *Wishab*. Čištění těmito prostředky umožnilo částečnou redukci nečistot při zachování přirozené patiny.

Při vlastním restaurování došlo v první fázi k očištění plastiky od nánosu sazí, cihlového prachu i suť, které bylo provedeno za pomoci speciálního muzejního vysavače a jemných štětců (obr. 8.2.15). Po očištění zůstal povrch plastiky zašedlý, místy s tmavými skvrnami. Na základě výsledků zkoušek byla pro čištění vybrána kombinace čištění plastickými gumami a houby *Wishab*. Pro dočištění tmavých skvrn byly lokálně užity vatové tampóny smočené v demineralizované vodě. Kombinací těchto postupů se podařilo částečně redukovat povrchové nečistoty a ostré kontrasty narušující celkové vnímání a přitom zanechat dílu rovnoměrnou a esteticky příjemnou patinu.



8.2.15. Průběh čištění. Základní očištění od volných prachových depozitů pomocí muzejního vysavače. (foto: P. Zítková)



8.2.16. Stav po očištění. Tmavé nánosy depozitů byly citlivě redukovány pomocí kombinace různých metod čištění. (foto: P. Zítková)

8.2.4. Shrnutí

Čištění sádrových děl je komplikované nejen z technologického hlediska, ale i z hlediska volby míry čištění. Na jednom objektu se často vyskytují rozličné povrchy s odlišnými vlastnostmi, jako je porozita, koheze, mikrostruktura, což může vést k rozdílné míře znečištění. Proto je často nutné kombinovat dvě nebo více metod a zkoušky čištění provést na všech typech povrchů, aby bylo možné ve výsledku dosáhnout rovnoměrné redukce nečistot. Stanovení míry čištění by mělo vycházet z podrobného průzkumu povrchu a vyhodnocení zkoušek čištění, ale i z mezioborové diskuse, aby byl výsledek restaurování v souladu s výstavní koncepcí nebo charakterem sbírky.

Nejběžnější a v mnoha případech účinné a citlivé je užití různých typů plastických gum. Ze zkoumaných plastických gum optimální výsledky vykazovaly tvárné pryže *KOOH-I-NOOR 6422 soft* a *6426 super extra soft*.

V rámci laboratorních studií i praktických zkoušek bylo důkladně testováno použití laserů. Ze studie¹⁷⁵ a navazujících restaurátorských zákroků vyplývá, že použití laseru je velmi efektivní metodou s dobrou okamžitou kontrolou výsledků a možností volitelnosti míry čištění. V případě laseru jsou však zásadní konkrétní typ a parametry přístroje. Testy short free running laseru při vlnové délce 1064 nm prokázaly při správném nastavení velmi dobré výsledky a minimální změny na substrátu. Naopak jiný testovaný přístroj Q-switched ND: YAG *Thunder Art* způsoboval prakticky při všech testovaných vlnových délkách a nastaveních nežádoucí žloutnutí substrátu.¹⁷⁶ V praxi se osvědčilo použití laseru v kombinaci s plastickými gumami. Jejich užití k předčištění, případně dočištění povrchů umožňuje dosáhnout rovnoměrného očištění. Částečná redukce nečistot před použitím laseru také umožní užití nižších energií laserového paprsku pro dosažení optimálního výsledku, čímž se snižují i rizika spojená s užitím vyšších energií. Přes dobré výsledky v řadě aplikací sebou tato metoda nese i četná rizika, kdy při špatném nastavení může dojít ke změně barevnosti povrchu, žloutnutí nebo černání či ke ztrátě koheze povrchové vrstvy sádry.

Překvapivě dobrý výsledek se v některých případech projevil také u mikroabraze. Při optimální kombinaci jemnozrného abraziva, nižšího tlaku a zejména citlivosti restaurátora lze dosáhnout velmi dobrého výsledku čištění. Výhodou mikroabraze je okamžitá kontrola procesu i výsledku čištění. Nesprávné použití však může vést k úbytku původního povrchu a značnému narušení struktury sádry. Proto tuto metodu lze doporučit zejména k čištění rovných ploch. Zásadní je v tomto případě volba abraziva. Velmi dobré výsledky byly prokázány při užití velmi jemného bílého korundu.

Vatové smotky smáčené například v demineralizované vodě nebo v jiných rozpouštědlech většinou není vhodné používat na celkové čištění sádrového povrchu především z důvodů rizika rozpouštění sádry a zanášení nečistot hlouběji do pórů. V některých případech se však ukazuje tato metoda jako účinná, například k dočištění mastných skvrn, kdy jsou využívána pro smáčení různá rozpouštědla.

V posledních letech je v souvislosti s čištěním sádry často uváděna a testována metoda využívající gel z agaru. Čištění je v závislosti na různých možnostech přípravy poměrně variabilní a regulovatelné. Sorpce nečistot agarem je teoreticky ideální, nicméně vzhledem k biologické podstatě tohoto polysacharidu a jeho použití v přímém styku s objektem je zde riziko zanesení sádry rezidui, která by v budoucnosti mohla objekt ohrozit biologickým napadením. Proto je potřeba vždy provádět na zkušebních plochách kontrolu, zda nedochází k retenci rezidui v porézním systému (například v UV světle). Velmi účinné je čištění pastou z attapulgitu a karboxymethylcelulózy. Výhodou této metody je rychlost procesu a vysoká efektivita. Nevýhodou zůstává nedostatečná kontrolovatelnost v průběhu čištění. Úspěšnost čištění bez poškození díla je také značně závislá na zkušenosti restaurátora a správném provedení všech kroků.

U neupravených sádrových povrchů se ukazuje, že výsledky čištění jsou u různých metod velmi individuální. Výsledky čištění jsou závislé na řadě okolností, jako je struktura povrchu, jeho porozita, přítomnost historických úprav povrchu atd. Tyto skutečnosti se potvrdily i v případě několika restaurovaných objektů z pozůstalosti sochaře Stanislava Suchardy. Přestože tato díla představovala zdánlivě obdobnou problematiku, neboť byla zhotovena ze stejného materiálu a byla vystavena víceméně stejným podmínkám, komplexní hodnocení charakteru povrchu a nečistot i následné hodnocení zkoušek čištění ukázalo rozdílné výsledky zkoumaných metod. Proto byly na každém díle nakonec použity poněkud jiné postupy, respektive jejich kombinace. Z vyhodnocení restaurovaných vzorových objektů vyplývá, že na konkrétních objektech je nutné vždy volit individuální přístup, na základě důkladného vyhodnocení provedených zkoušek.

175 MROVĚC, Pavel. *Restaurování sádrového modelu pomníku Jana Husa na Staroměstské náměstí od Stanislava Suchardy. Možnosti využití laseru v kontextu tradičních a současných metod čištění povrchově neupravených sádrových odličků.*

176 LESNIAKOVÁ, Petra, Pavel MROVĚC a Jakub ĎOUBAL. Čištění povrchově neupravené sádry laserem.

8.3. Konsolidace

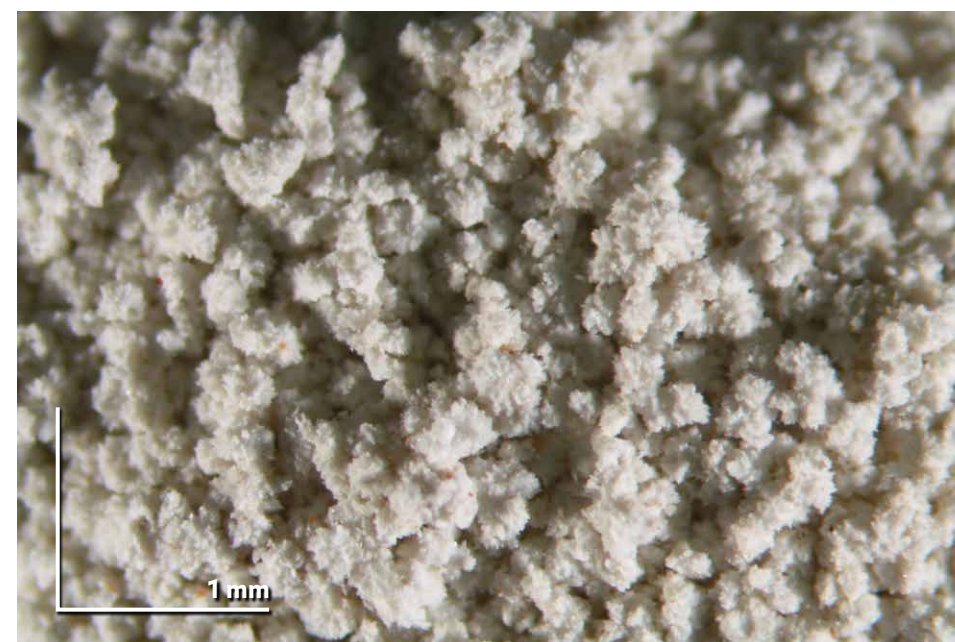
P. Zítková — R. Tišlová — J. Ďoubal

Konsolidací nazýváme fázi restaurátorského zákroku, při které dochází ke zlepšení stavu oslabeného sádrového substrátu přidáním nového pojiva, které částečně, nebo úplně obnoví jeho původní mechanické a fyzikální vlastnosti.

Shrneme-li příčiny degradace s následnými projevy poškození sádrových odlitků, kterým se podrobně věnují kapitoly „5. Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry“ a „6. Poškození sádrových odlitků“, je poškození struktury sádry vyvolané primárně nevhodnými podmínkami uložení. Zvláště destruktivně na sádro působí zvýšená vzdušná vlhkost a kapalná voda, kromě toho vlhké prostředí podporuje růst mikroorganismů, které se také mohou podílet na degradaci odlitků. Strukturální změny sádrových materiálů však může způsobit i zvýšená teplota. Svoji roli v procesu degradace nezbytně hrají technologické aspekty, například nesprávné zhotovení odlitku související s kvalitou sádry, technologickými nebo konstrukčními chybami. Degradace vlivem uvedených podmínek se projevuje práškovatěním povrchu nebo strukturálním poškozením odlitku (**obr. 8.3.1**). V obou případech dochází k degradaci sádrového pojiva, změnám mikrostrukturálních vlastností odlitku způsobující zásadní proměnu mechanických i fyzikálních vlastností (pevnosti, tvrdosti, pružnosti a kohezi materiálu, celkové a kapilární nasákavosti, roztažnosti aj.).

V minulosti se zpevnění sádrových odlitků buď neprovádělo, nebo bylo realizováno tradičními materiály a postupy bez hlubšího poznání vlivu konsolidantu na sádrový podklad. V současné restaurátorské praxi se můžeme setkat se dvěma odlišnými přístupy. První je založen na použití tradičních technologií a prostředků, které byly převzaty z řemeslných postupů při tvorbě samotných odlitků. Druhý využívá moderní materiály používané pro konsolidaci jiných porézních anorganických materiálů. Použití těchto látek pro zpevnění sádrových odlitků je však značně ovlivněno specifickými vlastnostmi sádrových materiálů, které určují možnosti použití konsolidantů i jejich účinnost.

V tomto komplexním nahlížení na problematiku zůstávají některé otázky související s konsolidací sádry stále nezodpovězené a vyžadují další zkoumání. Jako základ může sloužit tato kapitola, která se snaží o obecnou sumarizaci základních principů konsolidace platných pro většinu porézních materiálů včetně sádrových odlitků a shrnutí konkrétních teoretických i praktických poznatků a studií k otázkám konsolidace sádrových materiálů.



8.3.1. Práškovatění sádrového povrchu vlivem uložení v podmínkách prostředí s vysokou relativní vzdušnou vlhkostí: a) snímek zpráškovatělého sádrového povrchu v razantním bočním osvětlení, b) makrosnímek povrchu s viditelnou ztrátou soudržnosti. (foto: P. Zítková)

8.3.1 Kritéria výběru konsolidačního prostředku

Primárním cílem konsolidace je zpomalit degradaci materiálu provedením zásahu, jenž má zlepšit nebo zcela obnovit původní mechanické vlastnosti odlitku, které mají vliv na jeho odolnost a trvanlivost. Hlavním předpokladem je tedy dostatečný konsolidační efekt, který nezbytně souvisí s penetrací zpevňujícího prostředku. Kromě hloubky penetrace je zásadní homogenita distribuce konsolidantu, která zajistí proniknutí zpevňující látky do celé hmoty poškozeného materiálu bez vzniku oblastí s rozdílnou mírou zpevnění. Z hlediska penetračních schopností prostředku je zvláště důležitá velikost a distribuce pórů substrátu a velikost částic konsolidantu. Na transportu látek se nejvíce podílí tzv. kapilární póry, které jsou obecně definované jako póry s průměrem 1–100 μm .^[177] Ke vztahu velikosti částic konsolidantu a porézní struktury se uvádí, že pro dosažení dostatečné hloubky penetrace musí být velikost částic konsolidantu menší, v literatuře se uvádí až stokrát, než je velikost pórů.^[178] U sádrových odlitků jsou nejvíce zastoupeny póry s velikostí řádu 10^0 – 10^1 μm ,^[179] které spadají do oblasti kapilárních pórů, i když zcela na její spodní hranici. Z porovnání tedy vyplývá, že porézní systém sádrových výrobků je velmi jemně porézní a dobrou penetraci budou mít pouze konsolidanty s velmi malou velikostí částic. Penetrace je dále ovlivněna i viskozitou závislou na koncentraci a také molekulové hmotnosti prostředku. Z těchto důvodů je lepší aplikovat méně koncentrovaný konsolidant opakovaně nebo postupně zvyšovat jeho koncentraci, než v jednom kroku aplikovat prostředek s vysokou koncentrací.

Chování konsolidantu v porézním prostředí závisí vedle výše popsaných charakteristik prostředku i na dalších okolnostech, například způsobu aplikace, porozitě substrátu, vlivu okolního prostředí a také na typu rozpouštědla (ředičího média). Rozpouštědlo ovlivňuje vlastnosti roztoku jako viskozitu, penetraci a rychlost odpařování. Roztoky obsahující těžká rozpouštědla s nízkou teplotou varu jako aceton se budou odpařovat rychleji, než se odpařují aromatická rozpouštědla, pomalu také schnou roztoky obsahující ethanol.^[180] Volba rozpouštědla může ovlivnit i celkovou účinnost konsolidace v závislosti na typu porézního systému substrátu. Například u vápenných

177 Podle klasifikace velikosti pórů dle IUPAC se kapilární póry vyznačují velikostí 1–100 μm . Zdroj: EVERETT, Douglas Hugh, ed. *Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: APPENDIX II Definitions, Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry*, s. 578.

178 SLÍŽKOVÁ, Zuzana, Jakub NOVOTNÝ a Dita FRANKEOVÁ. *Materiálová, technologická a ekonomická příprava restaurátorských zásahů na sochařských dílech a architektuře*, s. 12.

179 Literatura uvádí nejvíce pórů v sádře o průměru nad 8 μm . viz SCHULZE, Walter a Vladimír LACH. *Necementové malty a betony*, s. 85. Podobně dokonce i o něco málo nižší hodnoty byly naměřeny autory studie na reálných vzorcích ze sádrových odlitků sbírky Stanislava Suchardy. Viz kapitola „5.5 Mikrostrukturní vlastnosti sádry“.

180 NEIRO, Michaela. Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics.

nanosuspenzí se alkoholy s vyšší teplotou varu (butanol) vyznačují lepší penetrací do hruboporézních materiálů, oproti tomu alkoholy s nižší teplotou varu (ethanol) jsou naopak účinnější při zpevnění jemnozrnných substrátů.^[181]

Důležitým kritériem při výběru prostředku jsou i optické vlastnosti povrchu po ošetření. Sádrové odlitky ošetřené konsolidačním prostředkem by neměly měnit optický charakter, kromě zbarvení by se neměla měnit ani opacita a lesk (respektive odrazová mohutnost). O výsledném efektu konsolidantu dále rozhodují materiálová kompatibilita a stabilita prostředku. Obecně je materiálová podobnost mezi přidaným pojivem a substrátem důležitá z důvodu zachování podobného složení a dosažení fyzikálně-chemických vlastností sádrového podkladu. V případě konsolidace sádry je však požadavek na shodu v materiálové skladbě komplikovaný, neboť prostředky, které by tento požadavek teoreticky splňovaly (například sádrová voda, respektive sádrové nanosuspence) zatím nevykazují dostatečnou účinnost.

Konsolidace sádry se v současnosti provádí převážně materiály na bázi přírodních a syntetických polymerů. Právě s ohledem na materiálovou rozdílnost užívaných konsolidantů je třeba vyhodnotit použité materiály z hlediska jejich stability a interakce se substrátem. Konsolidant nesmí iniciovat další nežádoucí reakce v samotném odlitku nebo s jinými materiály, které jsou jeho součástí, a v průběhu času nesmí měnit svoje chemické vlastnosti. Z těchto důvodů vyplývá požadavek na znalost skladby prostředku včetně média a přísad, informaci o složení je vhodné doplnit alespoň o základní měření pH. Teoreticky je kvůli rozpustnosti sádry žádoucí upřednostnit systémy v organických rozpouštědlech než ve vodě. Konsolidační prostředek by měl vykazovat dlouhodobou stabilitu, zejména vůči působení světla, při uložení odlitků v nekontrolovaných podmínkách je nutné vyhodnotit také odolnost prostředku vůči působení vlhkosti a mikroorganismů. Většina makromolekulárních látek přírodního i syntetického původu má odolnost vůči UV záření omezenou a některé rychle vlivem světla degradují (žloutnou, křehnou, smršťují se). Z hlediska biologické odolnosti jsou náchylnější naopak spíše prostředky přírodního původu (zejména polysacharidy, proteiny), avšak omezenou odolnost mají i některé syntetické polymery, pokud nejsou modifikované přísadami, které by biologickou odolnost zlepšovaly. Spíše teoretickým, než uskutečnitelným požadavkem na konsolidaci je reverzibilita, například v případě rekonzervace nebo dožití zpevňujícího prostředku. Tento požadavek lze u konsolidantů jen velmi obtížně zajistit, neboť úplná extrakce zpevňovacího prostředku je u porézních materiálů prakticky neproveditelná.^[182] O to více je tedy třeba při výběru konsolidantu zvážit ostatní jmenovaná kritéria, zvláště míru zpevnění, penetrační schopnosti, stabilitu prostředku a vliv jeho aplikace na optické vlastnosti substrátu.

181 BORSOI, Giovanni, Barbara LUBELLI, Rob VAN HEES, Maria de Rosario VEIGA, A. Santos SILVA, Laura COLLA, Laura FEDELE a Patrizia TOMASIN. Effect of solvent on nanolime transport within limestone: How to improve in-depth deposition.

182 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 106–110.

8.3.2 Materiály používané pro konsolidaci sádry

Zpevnění sádrových odlitků se v minulosti provádělo tzv. utvrzováním, které tvořilo běžnou součást přípravy sádrových odlitků. Od zpevnění tak, jak je chápeme dnes, se utvrzování lišilo samotným procesem i cílem, kterého mělo být zpevněním dosaženo. Zatímco v současnosti při konsolidaci zpevňujeme degradovaný substrát s ohledem na jeho původní vlastnosti, je utvrzování chápáno jako zásah, který se provádí na nepoškozených odlitcích a má jím být dosaženo zvýšené odolnosti nebo záměrné změny vzhledu. Ačkoliv je tedy rozdíl v obou typech zásahů zřejmý, je několik důvodů, proč se utvrzování v následujících odstavcích budeme více věnovat. Nežřídko se totiž při současném restaurování s takto upravenými odlitky setkáváme a s přítomností úpravy musíme počítat při plánování restaurátorského zásahu, neboť utvrzování může zásadním způsobem proměnit fyzikálně-mechanické vlastnosti sádry, ale i její chemické složení. Poznatky o dřívějším chápání „konsolidace“ jsou také zajímavým přínosem ve spektru technologického vývoje péče o sádrové odlitky.

Starší odborná literatura z 2. pol. 19. století utvrzování sádrových výrobků velmi dobře popisuje.^[183] S utvrzovacími látkami se v této době značně experimentovalo, dokladem může být několik patentů nových stavebních materiálů založených na utvrzené sádře^[184] nebo vynálezů určených pro aplikaci ošetřujících látek ve sbírkách sádrových odlitků.^[185]

Tvrzení bylo prováděno v různých fázích výroby sádrových odlitků. Některé postupy jsou založené na použití utvrzovacích přísad přímo při pálení sádrového pojiva.^[186] Látky, které měly zlepšit mechanické vlastnosti sádry, se však častěji přidávaly buď do sádrové směsi při přípravě sádrové suspenze, nebo jimi byl ošetřen povrch zhotoveného odlitku. Odlitek měl být po ošetření odolnější proti oděru, vůči zašpinění, někdy byla úprava prováděna s cílem zvýšit odolnost při omývání nebo pro zvýšení odolnosti sádrových děl uložených v exteriéru. Mezi tradiční materiály užívané pro vylepšení vlastností sádry patřily kličová voda, kamenec, borax nebo arabská guma, k utužení a upravení sádrového povrchu se používaly i boritan amonný, barytová, vápenná a sádrová voda, mléko, fermež, šelak či vodní sklo.

183 FREDERICK, Frank Forrest. *Plaster Casts and How They are Made: A Manual for Art Students and Amateurs*. JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*.

184 Např. tzv. Keenův cement – základ pojiva tvoří sádrové pojivo utvrzené kamenecem (utvrzování se provádělo různými postupy). Pojivo se po smíchání s vodou vyznačovalo vysokou pevností a odolností. Užívalo se pro podlahy a exteriérové sádrové omítky.

185 PAYNE, Emma M. *The Conservation of Plaster Casts in the Nineteenth Century*. Autorka mimo jiné popisuje nástroj vyvinutý pro rozprašování utvrzovacích prostředků (nástroj s pružnou hadicí a nastavitelnou tryskou). Tento nástroj měl usnadnit ošetření sádrových sbírek.

186 ECKEL, Edwin Clarence. *Cements, limes, and plasters, their materials, manufacture and properties*, s. 78. O Keenově cementu: Sádrové pojivo se po vypálení máčelo v roztoku kamence a po nasycení se suchý znovu přepálil na vysokou teplotu. Následně se mlel na jemný sádrový prášek, který se používal pro přípravu vysoce tvrdých malt s vlastnostmi podobnými cementu.

Kličová voda se jednak přidávala jako záměsová voda při přípravě sádrové směsi nebo se jí odlitek napouštěl. Suchý se ponořil do kličové vody až do úplného nasycení látkou. V případě dutých odlitků probíhalo jejich polévání či přetírání štětcem, vsáknutí prostředku bylo možné urychlit zahřátím odlitku.

K tvrzení odlitků se často používal síran hlinito-draselný ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), nazývaný kamenec. Jedna z mnoha receptur byla založena na máčení odlitku v horkém roztoku připraveném z 1 dílu kamence rozpuštěného v 5½ dílech vody. Plastiky se máčely v závislosti na jejich velikosti až po dobu několika týdnů a po vysušení se ještě polévaly kamencovým roztokem, aby byl povrch souměrně nasycen. Na povrchu sádry kamencová sůl vykrystalizovala ve formě bílého prášku. Povrch se proto musel po ošetření oprášit, příp. jemně přebrousit a očistit vlhkou látkou.^[187] Nákladnější bylo tvrzení odlitku ponořením do teplého 5–10% roztoku arabské gumy nebo dex-trinu.^[188] Dalším postupem bylo natírání odlitku polotučným mlékem ředěným z poloviny vodou, po jehož zaschnutí se mohl povrch dále opatřit vrstvou šelaku, aby byl omyvatelný vodou.

Ošetření často znamenalo, vedle úpravy vlastností odlitku, výraznou změnu optických vlastností povrchu sádry. Příkladem je imitace vzhledu mramoru nebo slonovinové kosti; lesklý a současně vodou omyvatelný povrch vzhledu slonoviny se získal pomocí kyseliny stearinové nebo parafínu či vosku. Při impregnaci byl odlitek v případě parafínu nejprve vystaven teplotě 60 °C, pro koupel v kyselině stearinové až 80 °C. Menší předměty se v ní koupaly několik minut, větší byly polévány, nakonec se suchý povrch překartáčoval a vyleštil.^[189] Sádrové odlitky se také namáčely do teplého roztoku lněného oleje. V lázni o teplotě 70–80 °C se odlitky koupaly 10–12 hodin, po vyjmutí se odstranily zbytky oleje a odlitek se nechal uschnout. Měkkou kůží nebo hadrem se povrch leštil, až byl lehce lesklý a vodou omyvatelný.^[190] O zušlechťujících povrchových úpravách podrobněji pojednává příloha „*Historické receptury povrchových úprav odlitků*“.

Recepty na přípravu a postupy tvrzení některými materiály byly často poměrně náročné na přípravu a aplikaci. Velmi odolný zůstával odlitek po koupeli v roztoku chloridu barnatého ($BaCl_2$)^[191] nebo v hydroxidu barnatého ($Ba(OH)_2$) za vzniku nerozpustného síranu barnatého ($BaSO_4$). Na přípravu barytové vody se používala zinková nádoba, která se naplnila 9,5 litry vody o teplotě 10–25 °C, do níž se přidalo 400 gramů

187 KARNET, Miroslav. *Štukatéřství: Určeno štukatéřům, staveb. odborníkům a arch.*, s. 45.

ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, s. 56 i BASL, Josef. *Modelování v hlíně: příruční kniha pro učitele modelování pro žáky škol měšťanských, středních i průmyslových a pro každého, kdo se o umění sochařské zajímá*, s. 74.

188 KARNET, Miroslav. *Štukatéřství: Určeno štukatéřům, staveb. odborníkům a arch.*, s. 45.

189 JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*, s. 422.

190 MĚŠŤAN, Radomír. *Štukatéřství I: [učební text pro 1. ročník středních odborných učilišť – obor štukatéř]*, s. 95.

191 KARNET, Miroslav. *Štukatéřství: Určeno štukatéřům, staveb. odborníkům a arch.*, s. 44.

roztaveného nebo 650 gramů krystalizovaného čistého hydratovaného oxidu barnatého a 9,5 procenta vápna. Jakmile se barytová voda vyjasnila, sádrové odlitky se do ní ponořily a nechaly v lázni 1–10 dnů. Po této době se odlitky vyjmuly a opláchly vápennou vodou, otřely bavlněným hadrem a nechaly oschnout. Při jiném postupu se ještě horký hydroxid barnatý nanášel na zahřátý odlitek o teplotě 60–80 °C, což zabraňovalo krystalizaci látky na povrchu a roztok se do odlitku dobře vsakoval. Při chlazení na vzduchu se vylučoval uhlíčitán barnatý nebo jiné soli.^[192]

Další způsob tvrzení popisuje přeměnu síranu vápenatého na nerozpustný křemičitan vápenatý (Ca_2SiO_4) pomocí roztoku křemičitanu draselného, připraveného z čisté kyseliny křemičité, která se přidala do horkého 10% roztoku hydroxidu draselného rozpuštěného ve vodě. Odlitky se ponořily do tohoto chladného roztoku na několik minut nebo se roztok nanesl či postříkával. Následně se omyl mýdlovou vodou nebo stearinovým roztokem, který se přivedl k varu, a poté se přidala čistá kyselina křemičitá. Při tom se usazuje křemičitan draselný a alumina (oxid hlinitý Al_2O_3).^[193]

Jiná receptura ke snížení rozpustnosti sádry spočívala v koupeli ve vodním skle a následném ponoření odlitku do roztoku chloridu vápenatého (CaCl_2) nebo chloridu hořečnatého (MgCl_2). Nebezpečí těchto látek spočívalo v tvorbě výkvětů chloridů na povrchu, které se musely opakovaným oplachováním odstranit.^[194] Rozpuštěním kyseliny borité (H_3BO_3) ve vodě s přidáním čpavku (NH_4OH) byl vyráběn rozpustný boritan amonný^[195], kterým se rovněž provádělo tvrzení.^[196] Popisováno je i natírání povrchu teplým chromovým kličem. Ke kliču rozpuštěnému ve vodě se přidal 4% dvojchroman.^[197]

Již z popisu aplikací a výčtu použitých látek je zřejmé, že většina těchto postupů včetně použitých materiálů je z dnešního hlediska pro konsolidaci degradované sádry nepoužitelná. Výjimku tvoří použití kamence, se kterým se pro zpevňování sádry experimentuje dodnes, i když ve zcela odlišné koncentraci a při použití odlišných aplikačních podmínek. Roztok kamence použitý pro zpevnění sádrových vzorků se i v nízké koncentraci (2 %) vyznačuje velmi dobrým zpevňujícím účinkem. Negativem aplikace tohoto prostředku je změna barevnosti povrchu sádry do šedavého odstínu.^[198] Změnu barevnosti sádrových odlitků do šeda popisuje u tvrzení kamencem již starší literatura.^[199]

192 BERNHARD, Ludwig. *Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und Künstlicher Marmor: Ein Handbuch für die Gips verarbeitenden Gewerbe und Industrien*, s. 34–35.

193 BRANNT, William Theodore a William Henry WAHL. *The Techno-Chemical Receipt Book*, s. 309–310.
BERNHARD, Ludwig. *Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und Künstlicher Marmor: Ein Handbuch für die Gips verarbeitenden Gewerbe und Industrien*, s. 34–35

194 KARNET, Miroslav. *Štukatéřství: Určeno štukatérům, staveb. odborníkům a arch.*, s. 44.

195 V originále je z pohledu dnešního názvosloví chybně uváděna kyselina borová a trojboran amonný.

196 ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, s. 56.

197 BERNHARD, Ludwig. *Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und Künstlicher Marmor: Ein Handbuch für die Gips verarbeitenden Gewerbe und Industrien*.

Další historické konsolidační postupy, které jsou z dnešního pohledu minimálně z materiálového hlediska přijatelnější, jsou založené na použití skupiny látek stejného nebo podobného chemického složení jako má sádra. Pro zpevňování sádry se používal nasycený roztok síranu vápenatého, tzv. sádrová voda^[200] a hydroxid vápenatý, tzv. vápenná voda^[201]. Aplikace se prováděla ponorem nebo natíráním či poléváním.^[202] Nevýhoda použití vápenné a sádrové vody spočívá v tom, že při konsolidaci se do materiálu dodává jen velmi malé množství účinné látky, což souvisí s nízkou rozpustností síranu a hydroxidu vápenatého ve vodě. Pro zaznamenání určitého zpevňovacího efektu je nutná mnohonásobná aplikace doprovázená vysokým zavlhčením sádrového substrátu.

Zřejmě nejběžnějším konsolidačním prostředkem používaným pro zpevňování sádry je přírodní živočišná pryskyřice šelak, užívaná jako roztok v ethanolu. Ve štukatéřské praxi se šelakové roztoky užívají od nepaměti pro širokou škálu aplikací. Ve vyšších koncentracích se rozpuštěný šelak užíval k uzavření sádry před aplikací separačního nátěru při formování, běžně se jím upravovala savost materiálu před nanášením barev a zředěný roztok šelaku sloužil i jako pojivo při provádění patin či tónování povrchu. Vedle těchto aplikací se v nižších koncentracích využívá pro konsolidaci sádry, i když jeho účinky nejsou v literatuře podrobněji popsány. Pro konsolidaci je nezbytné volit šelak bílý (bělený), jelikož ostatní druhy šelaků sádru zbarvují do žluta, růžova až hněda. Rizikem aplikace šelakových roztoků je možná tvorba lesklých filmů při opakovaném nanášení. Při nižších koncentracích (okolo 2 %) je možné zmíněné problémy eliminovat, ale snížením koncentrace se výrazně snižuje konsolidační účinek, jak prokázala studie provedená autory kapitoly.^[203] Ačkoliv se jedná o jeden z nejstarších a nejrozšířenějších prostředků používaných v restaurování, jeho značnou nevýhodou je nižší stabilita – časem síťuje, tmavne a stává se nerozpustným.^[204]

198 ZÍTKOVÁ, Petra. *Restaurování sádrové plastiky Havíře ze sbírek Českého muzea stříbra v Kutné Hoře; Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu*.

199 MĚŠŤAN, Radomír. *Štukatéřství I: [učební text pro 1. ročník středních odborných učilišť – obor štukatéř]*, s. 96.

200 NIKITIN, Michail Kapitonovič a Jelena Petrovna MEL'NIKOVA. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*, s. 71.

201 MĚŠŤAN, Radomír. *Štukatéřství I: [učební text pro 1. ročník středních odborných učilišť – obor štukatéř]*, s. 95.

202 ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, s. 56.

203 ZÍTKOVÁ, Petra a Renata TIŠLOVÁ. *Konsolidace sádry – testování prostředků s organickými rozpouštědly*.

204 FELLER, Robert L. *Standards in the Evaluation of Thermoplastic Resins*.

Od 2. pol. 20. století se v oblasti restaurování uměleckých děl začaly uplatňovat syntetické materiály, které se pro potřeby konsolidace porézních materiálů užívají ve formě roztoků v organických rozpouštědlech nebo disperzích.

Velmi rozšířeným prostředkem je akrylátová pryskyřice *Paraloid B72*, která se v restaurování užívá v široké škále aplikací a pro různé typy porézních materiálů včetně konsolidace sádrových odlitků.^[205] Jedná se o kopolymer ethylmethakrylátu/methylakrylát (70/30).^[206] Filmy polymeru vzniklé odpařením rozpouštědla jsou bezbarvé a pololesklé. Výhodou polymeru je poměrně dobrá stabilita a rozpustnost v široké škále různých rozpouštědel – v toluenu, xyleny, dále acetonu, i-propanolu, n-butanolu, tetrahydrofuranu nebo ethanolu. Typ rozpouštědla ovlivňuje viskozitu roztoku, jeho penetraci, respektive zpětnou migraci, mechanické vlastnosti roztoku i teplotu skelného přechodu, která se může od běžně udávané hodnoty 35–40 °C v závislosti na užitém rozpouštědle výrazně lišit.^[207] Paraloid si uchovává rozpustnost i po delší době, což je jednoznačně výhodou z hlediska případné nutnosti redukce obsahu prostředku v povrchové vrstvě, nicméně úplná odstranitelnost prostředku z porézní struktury materiálu je prakticky nemožná. Pro zpevnění sádry se běžně používá v nízké koncentraci většinou okolo 3 %, maximálně do 5 %.^[208] Obdobně jako u šelaku je hlavním nedostatkem užití *Paraloidu B 72* riziko tvorby lesklých filmů a možné změny barevnosti substrátu (zvláště ve vyšších koncentracích).^[209] V některých případových studiích byl 3–5% roztok *Paraloidu B72* v ethanolu odzkoušen pro zpevnění povrchově degradované sádry. Pro povrchové zpevnění je prostředek hodnocen velmi pozitivně pro dobré zpevňující vlastnosti, dostatečnou penetraci i barevnou stabilitu.^[210] Naopak jiné výzkumy a případové studie hodnotí vlastnosti *Paraloidu B72* jako neuspokojivé; testy poukazují na nežádoucí změny barevnosti povrchu sádry, nedostatečnou hloubku penetrace roztoku při hloubkové konsolidaci, nízkou míru zpevnění a v neposlední řadě riziko tvorby nepropustného filmu.^[211]

205 SOLÍS PARRA, Ángeles, Judit GASCA MIRAMÓN, Silvia Viana SÁNCHEZ a José María LUZÓN NOGUÉ. The Restoration of Two Plaster Casts Acquired by Velázquez in the Seventeenth Century: the Hercules and Flora Farnese. BEALE, Arthur. The Conservation of Plaster Casts.

206 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 160–161. *Paraloid B72* může mít mírně proměnlivé složení, které ovlivňuje stabilitu polymeru. EMA/MA jsou základní složky polymeru.

207 SCHILLING, Michael R. The Glass Transition of Materials Used in Conservation.

208 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

209 PAROBK, Martin. *Dva případy restaurování sochařských děl ze sádry*. Třemi způsoby aplikace testoval účinnost *Paraloidu B72* v toluenovém roztoku o koncentraci 2–10 %. Barevné změny byly zjištěny u všech koncentrací. Při konsolidaci 2% roztokem byly již zpevněny drobné částičky sádry, u 5% roztoku byl účinek vyšší, u opakované aplikace došlo ještě ke zvýraznění konsolidačního efektu. Nejúčinnější byl 10% roztok, avšak jeho barevná změna byla již hodně zřetelná.

210 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

211 BARTHE, George a Claude COLLOT. Traitement du relief en plâtre du musée d'Orsay, les Fugitifs de Daumier. ZÍTKOVÁ, Petra a Renata TIŠLOVÁ. Konsolidace sádry – testování prostředků s organickými rozpouštědly.

Akrylátové homopolymery či kopolymery esterů kyseliny akrylové a methakrylové se kromě roztoků používají ve formě vodných disperzí. Zpravidla se jedná o kopolymery MMA/EA (methylmethakrylátu/ethylakrylátu), příp. BA a BMA (butylakrylátu a butylmethakrylátu), které se vyznačují výbornou stabilitou.^[212] Stabilitu systému zajišťuje dispergační činidlo, příp. jiné přísady zlepšující odolnost prostředků. Částice polymeru s velikostí okolo 1–10⁻³ μm jsou dispergovány ve vodě, po jejímž odpaření vzniká homogenní film, který není ve vodě dále rozpustný. Pro zpevnění sádrových odlitků nebo jiných výrobků bylo dosud odzkoušeno jen několik akrylátových disperzí, *Plextol B500*^[213], *Primal AC35, AC33*^[214] nebo *Sokrat*^[215] většinou s celkem uspokojivými výsledky. *Plextol B500* se vyznačuje dobrou aplikací a penetračními schopnostmi, jeho zpevňující schopnosti jsou však nižší v porovnání s jinými konsolidačními prostředky, například estery kyseliny křemičité, *Paraloidem B72* aj.^[216] U prostředku je dále pozitivně hodnocen minimální vliv konsolidantu na barevnost substrátu, ale zároveň se i přes dobrou penetraci prostředku může na zpevňovaném povrchu vytvářet film.^[217] Obecně mohou mít akrylátové disperze tendenci ke žloutnutí a tvorbě lesklých filmů při vyšších koncentracích,^[218] proto se užívají disperze s maximální koncentrací do 5 %. Ze skupiny akrylátových disperzí vykazuje při konsolidaci jiných materiálů dobré vlastnosti prostředek *Dispersion K9*. Tento materiál zatím nebyl podroben systematickému testování na sádře, nicméně při zkouškách provedených v rámci jedné případové studie dosahoval dobrého zpevnění substrátu, způsoboval však výraznější posun barevnosti podkladu.^[219]

Další skupinou syntetických polymerů používaných nebo testovaných pro konsolidaci sádry, jsou prostředky na bázi polyvinylacetátů (PVAC). V restaurování se tato skupina polymerních látek již dlouhou dobu používá pro restaurování barevné vrstvy, konzervaci dřeva, kůže, papíru, tkanin a keramiky. Polyvinylacetáty jsou vyráběné polymerizací vinylových esterů s různou molární hmotností, která ovlivňuje výsledné

212 DOWN, Jane L., Maureen A. MACDONALD, Jean TÉTREAU, R. Scott WILLIAMS a Jean TETREAU. Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute: An Evaluation of Selected Poly(Vinyl Acetate) and Acrylic Adhesives.

213 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

214 HVĚZDA, Daniel. *Konzervační zásah na fragmentech polychromované sádrové plastiky a průzkum s koncepcí dlouhodobé ochrany reliéfu na Juditině věži v Praze.*

215 SVOBODOVÁ, Ljuba. Restaurování sádrového odlitku sv. Václava.

216 Ve studii byly testovány další prostředky: *Wacker OH, Paraloid B72, Plextol B500, Piloform BM18, Mowithal B 30H, Rhodopas M (3–6% koncentrace)*.

217 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

218 BARTHE, George a Claude COLLOT. Traitement du relief en plâtre du musée d'Orsay, les Fugitifs de Daumier.

219 ZÍTKOVÁ, Petra. *Restaurování sádrové plastiky Havíře ze sbírek Českého muzea stříbra v Kutné Hoře; Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu.*

vlastnosti polymeru. Teplota skelného přechodu těchto polymerů se nachází okolo pokojové teploty 18–45 °C v závislosti na stupni polymerace, z čehož vyplývá, že některé PVAC polymery mohou být při běžných pokojových teplotách kaučukovité a více náchylné ke špinění či studenému toku.^[220] PVAC polymery se užívají zpravidla jako vodné disperze, méně jako roztoky. Disperze jsou kvůli úpravě vlastností téměř vždy modifikovány aditivami, například vinylalkoholy, změkčovadly, škroby, vosky, mýdly, deriváty celulózy nebo například anorganickými látkami (jíly, jinými jemnozrnnými plnivými).^[221] Filmy připravené z PVAC polymerů jsou rozpustné v toluenu, esterech a ketonech. Podle starší Fellerovy klasifikace,^[222] jsou uváděny PVAC polymery obecně jako dlouhodobě stabilní. Nicméně PVAC adheziva se vyznačují spíše středně dobrou světelnou stabilitou a odolností proti vlivům stárnutí, přičemž stabilita prostředků je u jednotlivých prostředků značně individuální a je ovlivněna obsahem aditiv. Po aplikaci vodných disperzí na sádku dochází ke žloutnutí, které je ovlivněno přidávanými přísadami. Dalším omezením pro použití těchto látek je botnání ve vlhkém prostředí, což je ovlivněno přítomností polyvinylalkoholu (PVAL), který se zpravidla do disperzí přidává jako ochranný koloid.^[223] Molekuly polymeru se mohou na polyvinylalkohol přeměňovat hydrolyzou, což dále snižuje odolnost těchto prostředků vůči vlhkosti a mikroorganismům. Při hydrolyze se uvolňuje kyselina octová, která může působit korozivně na sádkový substrát. Kvůli zmíněným nevýhodám a projevům stárnutí se od užívání těchto prostředků v posledních letech ustupuje. Pro konsolidaci sádky byly v minulosti testovány prostředky řady *Mowilith* nebo *Rhodopas M*.^[224] Disperze *Mowilith D50*, *DMC2*, *DM5* mají pH kolem 3–5, u typů *DMC2*, *DM5* se uvádí větší tendence ke žloutnutí vlivem zvýšené teploty.^[225] *Rhodopas M* se v restaurování používá zejména pro konsolidaci archeologických předmětů. Nevýhodou tohoto polymeru je nízký zpevňující účinek, další problémy způsobuje nízká teplota skelného přechodu disperze, v jejímž důsledku se zvyšuje lepivost a zadržování prachu na ošetřeném povrchu.^[226] K pozitivům prostředku patří dobré penetrační vlastnosti a stálost disperze vůči UV záření.^[227]

220 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s.137.

221 DOWN, Jane L. The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: A final research update.

222 FELLER, Robert L. Standards in the Evaluation of Thermoplastic Resins.

223 KOOB, Stephen P. The Consolidation of a Archaeological Bone.

224 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

225 HOWELLS, Rachel, Aviva BURNSTOCK, Gerry HEDLEY a Stephen HACKNEY. Polymer dispersions artificially aged.

226 Ibidem.

227 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

Polyvinylbutyraly (PVB) jsou termoplastické polymery polyvinylacetalového typu připravené z polyvinylalkoholu reakcí jeho hydroxylových skupin s butyraldehydem. Tyto látky jsou bezbarvé, čiré, stálé vůči atmosférickým vlivům, UV záření, kyselinám a zásadám. Teplota skelného přechodu PVB polymerů se pohybuje v rozmezí 45–80 °C, v závislosti na přidaných příměsích, například plastifikátorech, které ji snižují. V porovnání s ostatními skupinami polymerů na bázi PVAC nebo PVAL jsou méně stabilní. V restaurování se začaly polyvinylbutyraly používat od 60. let 20. století pro konsolidaci papíru, archeologických předmětů či jako lepidla dřeva nebo skla.^[228] Pro konsolidaci sádky jsou zvláště rozšířené ve Francii, kde vzniklo v uplynulých letech několik studií vyhodnocujících konsolidační účinek PVB polymerů na sádkové odlitky.^[229] U prostředků *Mowital B30H*, *Pioloform BM18*, dnes *Mowital B60HH* nebo *Butvar B98* je shodně hodnocen horší konsolidační účinek a nedostatečná penetrace prostředku. Jako další negativní vlastnosti jsou zmiňovány nižší stabilita vůči UV a vliv na změnu barevnosti sádkových odlitků projevující se tmavnutím i žloutnutím.

Jiné makromolekulární látky se pro konsolidaci sádky využívají pouze ojediněle. U prostředků na bázi PVAL je problematická jejich citlivost na vlhkost a jejich reaktivita způsobená přítomností hydroxylových skupin. V přítomnosti solí, některých pigmentů, barviv, v kyselém nebo alkalickém prostředí vytvářejí nerozpustné komplexy.^[230] Zkušenosti s užitím PVAL polymerů pro konsolidaci sádky nejsou v literatuře příliš popsány. Jedna z mála publikovaných studií testovala prostředek *Rhodoviol 4/125*, u kterého je kladně hodnocen dobrý zpevňující účinek i minimální změna sádkového povrchu po konsolidaci, nicméně bez podrobnějšího studia stability tohoto prostředku.^[231]

Výše uvedené materiály patří mezi organické látky, ale pro sádku jakožto anorganický materiál jsou minimálně z materiálového hlediska vhodnější anorganické zpevňovací prostředky. Organokřemičité konsolidanty, tj. estery kyseliny křemičité, se v restaurování využívají od 60. let 20. století, kdy byly vyvinuty pro konsolidaci silikátových hornin. Kromě zpevnění kamene (pískovce, ale i vápence) se však využívají pro zpevnění dalších poréznych anorganických stavebních materiálů jako omítek, štuky aj. Přestože jsou díky složení primárně vhodné na silikátové materiály, dosahují podle některých

228 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 146.

229 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.

230 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 144.

231 BARTHE, George a Claude COLLOT. Traitement du relief en plâtre du musée d'Orsay, les Fugitifs de Daumier.

studii^[232] i osobních zkušeností autorů publikace dobrých výsledků i v oblasti zpevnování sádrových odlitků. I přes ojedinělé pozitivní zkušenosti s těmito materiály, systematická studie k použití těchto látek na sádrové odlitky prozatím nebyla zpracována.

Hlavní aktivní složku organokřemičitanových zpevňovacích prostředků tvoří látky na bázi alkoxyilanů (nejčastěji tetraethoxysilan). Polymerace probíhá vlivem vlhkosti přítomné v materiálu nebo prostředí nejprve hydrolyzou a následně kondenzací za vzniku křemičitého gelu (SiO₂).^[233] Kvalita gelu je závislá nejen na složení výchozí směsi esterů, typu a množství rozpouštědel nebo přidávaném katalyzátoru, ale i podmínkách prostředí při vytvrzování. Důležitá je přítomnost dostatečného množství vlhkosti pro průběh hydrolyzy, protože v případě nedostatku se reakce může zpomalit i zastavit.^[234] Doporučené podmínky pro aplikaci prostředků jsou teplota substrátu 10–32 °C a relativní vlhkost prostředí mezi 40–80 %, prostředky by neměly být aplikovány na mokřý substrát.^[235] Prostředky mají díky nízké viskozitě roztoku i velikosti částic účinné látky dobrou penetrační schopností do porézních materiálů. Při správné aplikaci výrazně nemění prodyšnost materiálu ani optické vlastnosti zpevňovaného materiálu. Nevýhodou je delší doba vytvrzování prostředků (týdny až měsíce v závislosti na podmínkách vytvrzování), po kterou je substrát hydrofobní. Po vytvrzení se prostředek stává nerozpustným a z porézního systému materiálu neodstranitelným. Pro zpevnění sádry byly odzkoušeny *Wacker OH*^[236] i prostředky řady *Funcosil*, které zlepšují mechanické vlastnosti sádry. Konsolidanty se vyznačují dobrou hloubkou penetrace bez vzniku nežádoucích barevných změn nebo filmů na povrchu. Podobný efekt na mechanické i optické vlastnosti byl prokázán v autory provedené studii, ve které byly pro zpevnění sádry testovány *Funcosil KSE 100* a *KSE 300*^[237] (naředěn 1:2 objemově s ethanolem na srovnatelnou koncentraci).^[238] Některé studie testující zpevnění sádry estery kyseliny křemičité však poukazují na nedostatečnou schopnost zpevnění a vznik povrchových filmů vytvořených vyloučením konsolidantu na povrchu v důsledku zpětné migrace prostředku při odpařování rozpouštědla.^[239]

232 NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

233 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 271–280.

234 KOTLÍK, Petr a Petra LESNIAKOVÁ. Vliv vnějších podmínek na konsolidační účinek organokřemičitých prostředků.

235 WHEELER, George. *Alkoxyilanans and the consolidation of stone*, s. 69.

236 BARTHE, George a Claude COLLOT. *Traitement du relief en plâtre du musée d'Orsay, les Fugitifs de Daumier.*

NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlée. Recherche sur la consolidation du plâtre.*

237 *KSE 100* – množství vyloučeného křemičitého gelu 100 g v 1 l prostředku, *KSE 300* – množství vyloučeného gelu je 300 g v 1 l.

238 ZÍTKOVÁ, Petra a Renata TIŠLOVÁ. Konsolidace sádry – testování prostředků s organickými rozpouštědly.

239 JROUNDI, Fadwa, Maria Teresa GONZALEZ-MUÑOZ, Ana GARCIA-BUENO a Carlos RODRIGUEZ-NAVARRO. Consolidation of archaeological gypsum plaster by bacterial biomineralization of calcium carbonate.

I přesto, že je sádra citlivá na vodu, jsou pro zpevňování sádry využívány i nasycené vodné roztoky anorganických látek jako hydroxidu vápenatého (vápenná voda) a síranu vápenatého (sádrová voda). Jednoznačnou výhodou těchto prostředků je materiálová kompatibilita, zejména v případě sádrové vody. Hlavní problém spočívá především v nízkém zastoupení účinné složky. Rozpustnost hydroxidu vápenatého při běžných podmínkách se pohybuje okolo 1,6 g/l, u síranu vápenatého 2,5 g/l, což znamená, že pro účinné zpevnění je třeba mnohonásobná aplikace, jejímž výsledkem je značné zavlhčení substrátu. Ani velké množství aplikací však, vzhledem k nízkému obsahu účinné složky, nemusí být zárukou dostatečného zpevnění. Přes tyto zásadní nedostatky se s jejich použitím můžeme setkat ještě v nedávné restaurátorské praxi.^[240] Řešení uvedených problémů může částečně představovat použití alkoholových nanosuspenzí, které mají násobně vyšší množství účinné složky a na místo vody je ředidlem prostředku nízkomolekulární alkoholové rozpouštědlo (ethanol, n-propanol, i-propanol). Nanosuspenze mají velikost částic v řádu desítek až stovek nm, což zajišťuje schopnost dobré penetrace i do systémů s menšími póry. Díky alkoholovému prostředí se eliminuje problém se zavlhčením sádrového substrátu, navíc alkoholy přispívají k urychlení vysychání a rychlému zahájení vytvrzování prostředku. Na trhu jsou již několik let dostupné nanosuspenze hydroxidu vápenatého s názvem *CaLoSil*, které se využívají pro konsolidaci porézních vápenců a nástěnné malby.^[241] Částice účinné látky se vyznačují velikostí částic okolo 50–200 nm, což zaručuje dobrou penetraci prostředku do porézního substrátu. Vysoká těkavost ethanolu spolu s vysokou stabilitou disperze však způsobují částečnou zpětnou migraci nanočástic, která se projevuje vznikem bílých zákalů na zpevňovaném povrchu. Ke stejnému efektu také dochází v případech méně nasákových podkladů. Rychlé odpaření je možné částečně redukovat zakrytím povrchu, pozitivní vliv na reakci má prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí nad 75 %.^[242]

CaLoSil E25 byl pro zpevňování sádry otestován v několika studiích, které poukazují na jisté problematické vlastnosti těchto prostředků.^[243] Hlavním problémem je usazování částic účinné látky na sádrovém povrchu, v jehož důsledku dochází k povrchovému zpevnění a tvorbě bílého povlaku. Autoři studií však také uvádí, že negativní

240 SLÁDKOVÁ, Vladimíra. *Restaurování sádrových plastik.*

241 GERALD, ZIEGENBALG, DRDÁČKÝ MILOŠ, DIETZE CLAUDIA a Dirk SCHUCH. *Nanomaterials in Architecture and Art Conservation*, s. 458.

242 LÓPEZ-ARCE, Paula a et al. Influence of porosity and relative humidity on consolidation of dolostone with calcium hydroxide nanoparticles: Effectiveness assessment with non-destructive techniques.

243 ZÍTKOVÁ, Petra. *Restaurování sádrové plastiky Havíře ze sbírek Českého muzea stříbra v Kutné Hoře; Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu.*

projevy je možné ovlivnit úpravou koncentrace nebo způsobem aplikace prostředku, které však více nebyly otestovány. O jednom z prvních použití vápenné nanosuspenze při konsolidaci sádrového díla bylo referováno v roce 2017 ve Francii.^[244]

Sádrové nanosuspenze představují novou skupinu konsolidantů, které jsou prozatím předmětem experimentálního vývoje. Kvůli chemickému složení i vlastnostem prostředku, které se podobají vápenným nanosuspenzím, se jedná o velice nadějnou skupinu látek, která však musí být podrobena dalšímu testování. Pro laboratorní testy zpevnění sádry byly první sádrové suspenze vyvinuty v laboratořích Zentrum für Bucherhaltung GmbH Leipzig v Německu. Sádrová nanosuspenze dispergovaná v isopropanolu byla připravena ze štukatérské sádry *Almod LC* v základní koncentraci 100 g/l. Prostředek se před použitím ředil na nižší koncentraci 10–50 g/l. Velikost částic dosahovala přibližně 100–200 nm.^[245] Pro konsolidaci degradovaných sádrových vzorků byly otestovány systémy o koncentraci 25 a 50 g/l, které zlepšují pevnost sádrových vzorků, nicméně hodnoty nedosahují pevnosti nepoškozeného substrátu. Přesto, že dosavadní testy zatím poukázaly na menší konsolidační účinek sádrových nanosuspenzí, s ohledem na materiálovou kompatibilitu a další pozitivní vlastnosti bude výzkum těchto materiálů nadále pokračovat.

Pro konsolidaci porézních anorganických materiálů včetně sádry je v zahraničí aktuálně testována tzv. biokonsolidace, která je založena na schopnosti určitých bakterií vyvolat tvorbu uhličitanu vápenatého v porézním systému materiálů a tím regenerovat v substrátu chybějící pojivo. Primárně se biokonsolidace používá pro zpevnění porézních vápenců,^[246] ale první testy již byly provedeny i na sádrových materiálech. Při testech konsolidace sádrových omítek bylo provedeno kultivační ošetření sádry sterilním nutričním roztokem M-3P po dobu 6 dnů s dobrými výsledky.^[247] Ošetření roztokem vytvářejícím vaterit (jeden z polymorfů CaCO_3) neuzavírá póry, vytváří dostatečnou a rovnoměrnou hloubku penetrace a významně zlepšuje mechanické vlastnosti omítek.^[248]

244 DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.

245 Hodnoty velikosti částic byly změřeny v laboratoři Zentrum für Bucherhaltung, Leipzig, Germany. Měření bylo provedeno na sádrové nanosuspenzi připravené ze štukatérské sádry *Almod LC* (Saint Gobain) v i-propanolu o koncentraci 100 g/l. Měření bylo provedeno technikou laserové difrakce. Přesné hodnoty velikosti částic uvádějí hodnoty d_{50} a d_{95} (tzv. medián, střední velikost částic, které tvoří 50, resp. 95 % celkového podílu částic nanosuspenze), d_{50} (99 μm), d_{95} (194 μm).

246 JROUNDI, Fadwa, Antonia FERNÁNDEZ-VIVAS, Carlos RODRIGUEZ-NAVARRO, Eulogio J. BEDMAR a María Teresa GONZÁLEZ-MUÑOZ. Bioconservation of Deteriorated Monumental Calcarene Stone and Identification of Bacteria with Carbonatogenic Activity.

247 Nutriční roztok M-3P složení: 1 hm.% Bacto™ Casitone (pankreatický rozklad kaseinu), 1 hm.% $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0,2 hm.% K_2CO_3 , $\frac{1}{2}$ H_2O v 10 mM fosfátovém pufru, pH 8 – patent Gonzalez-Muñoz: Gonzalez-Muñoz MT, Rodriguez-Navarro C, Jimenez-Lopez C, Rodriguez-Gallego M. Method and product for protecting and reinforcing construction and ornamental materials. Patent WO 2008/009771 A1, 2008.

248 JROUNDI, Fadwa, Antonia FERNÁNDEZ-VIVAS, Carlos RODRIGUEZ-NAVARRO, Eulogio J. BEDMAR a María Teresa GONZÁLEZ-MUÑOZ. Bioconservation of Deteriorated Monumental Calcarene Stone and Identification of Bacteria with Carbonatogenic Activity.

8.3.3 Způsoby a podmínky aplikace konsolidantů

Na typu a rozsahu narušení materiálu závisí nejen výběr vhodného prostředku, ale i volba vhodné aplikační metody. Každý postup aplikace má svoje specifika, která zásadním způsobem ovlivňují konsolidační efekt (hloubku průniku, množství přijatého konsolidantu aj.). Pro bezkontaktní nanášení konsolidačního prostředku, které zaručuje minimální riziko ztráty originálního povrchu, se používá postřík. Tento způsob nanášení lze doporučit spíše pro povrchově degradované sádrové odlitky. Z důvodu aplikace sníženého množství konsolidantu, případně odpařování rozpouštědla, je omezena hloubka průniku prostředku do povrchové vrstvy a k dostatečnému nasycení je často nutné aplikaci několikrát opakovat. Bezkontaktní aplikaci můžeme provádět například ultrazvukovým zmlžovačem vytvářejícím pomocí ultrazvukových vln z konsolidantu jemný aerosol, který lze kontrolovaně a šetrně nanášet na zpevňovaný povrch. Ultrazvukový zmlžovač je vhodnou metodou obzvláště v případech silně poškozených substrátů, které by při použití běžných metod aplikace byly vystaveny dalšímu namáhání. Nevýhodou je malá účinnost této metody odvíjející se od limitů přístroje; konsolidační roztoky je nezbytné používat ve velmi nízkých koncentracích, neboť přístroj je schopný vyvíjet aerosol pouze z málo viskózních roztoků.

Bez přímého kontaktu s povrchem lze konsolidant nanášet také kapáním (**obr. 8.3.2**), případně poléváním narušeného povrchu. Oproti postříku je množství aplikovaného konsolidantu vyšší a hrozí odmytí oddělených částic substrátu z konsolidovaného povrchu. Nanášení lze provést poměrně rovnoměrně pomocí pipety nebo injekční stříkačky, případně laboratorní stříčky, dávkování prostředku je v průběhu nanášení nutné upravovat v závislosti na rychlosti vsakování do podkladu, aby nedocházelo k jeho hromadění na povrchu nebo zatékání mimo zpevňovanou oblast. Ideální aplikace je prováděna v horizontální poloze, kdy působí gravitační i kapilární síly podporující penetraci konsolidantu.

8.3.2. Aplikace konsolidačního prostředku na zkušební tělesa kontinuálním kapáním. (foto: R. Tišlová)



8.3.3. Aplikace konsolidačního prostředku na zkušební tělesa nátěrem pomocí měkkého štětce. (foto: P. Zítková)



Velmi dobrou kontrolu procesu nanášení a absorpce konsolidantu zaručuje smáčení povrchu štětcem (**obr. 8.3.3**). Nátěrem konsolidantu je možné do materiálu kontrolovaně vpravit větší množství prostředku. V případě tohoto způsobu konsolidace hrozí vážné riziko ztráty zvětralého povrchu, který se může štětcem stírat. Úbytek materiálu lze snížit použitím ochranné vrstvy, například japonského papíru nebo netkané textilie, přes které se prostředek měkkým štětcem nanáší.

Nejúčinnější způsob konsolidace představuje ponoření odlitku do zpevňovací látky, případně metoda impregnace za sníženého tlaku. Právě v případě odlitků, obzvláště těch, kde je přístupná rubová strana, se nabízí možnost průběžného odsávání vzduchu z porézního systému, které výrazně zvýší penetraci konsolidačního prostředku a zkrátí dobu aplikace. S ohledem na křehkost odlitků je třeba dbát zvýšené opatrnosti při použití této metody, aby působením tlaku nedošlo k jejich poškození. Při aplikaci ponorem, případně za sníženého tlaku, je po ošetření zvláště potřeba zajistit odstranění přebytku zpevňovacího prostředku z povrchu, jinak může dojít k lokálnímu přezpevnění a vzniku optických změn.

Účinnost impregnace lze zásadně ovlivnit úpravou podmínek a prostředí aplikace. Hloubku penetrace konsolidantů je možné zvýšit předchozím smočením povrchu vhodným rozpouštědlem nebo zředěným prostředkem.^[249] V případě některých materiálů, jako jsou roztoky polymerů v organických rozpouštědlech nebo nanosuspenze v alkoholech, je zvláště důležité prostředí aplikace a způsob následného ošetření povrchu. V jejich případě hrozí zpětná migrace molekul konsolidantu k povrchu jako důsledek odpařování rozpouštědla, které ve výsledku může vyvolat hromadění zpevňovacího prostředku v povrchových vrstvách zpevňovaného materiálu.^[250] Z těchto důvodů je vhodné zpomalit odpařování rozpouštědla ihned po aplikaci překrytím impregnovaného objektu fólií nebo aplikovat konsolidant v prostředí nasyceném parami z rozpouštědla.^[251] Za takto upravených podmínek jsou molekuly konsolidantu transportovány porézním systémem hlouběji a zpětná migrace je výrazně omezena. Po čase je nutné rozpouštědlo nechat z porézního systému odpařit, aby mohla začít vytvrzovací reakce samotného konsolidantu. V případě vápenných nanosuspenzí byl pozorován pozitivní efekt na penetraci také při použití malého množství vody ve formě postřiku následně po aplikaci prostředku.^[252] U některých prostředků je pro vytvrzovací reakci nezbytné zaručit vhodné podmínky; příkladem může být vytvrzování konsolidantů na bázi esterů kyseliny křemičité, které pro zreagování prostředku potřebují zvýšenou vlhkost prostředí.^[253]

249 BORSOI, Giovanni. *Nanostructured lime-based materials for the conservation of calcareous substrates*, s. 63.

250 NIEDOBA, Krzysztof, Zuzana SLÍŽKOVÁ, Dita FRANKEOVÁ, Cristiana LARA NUNES a Ivan JANDEJSEK. Modifying the consolidation depth of nanolime on Maastricht limestone.

251 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 108.

252 NIEDOBA, Krzysztof, Zuzana SLÍŽKOVÁ, Dita FRANKEOVÁ, Cristiana LARA NUNES a Ivan JANDEJSEK. Modifying the consolidation depth of nanolime on Maastricht limestone.

253 KOTLÍK, Petr a Petra LESNIAKOVÁ. Vliv vnějších podmínek na konsolidační účinek organokřemičitých prostředků.

8.3.4 Případové studie použití konsolidačních prostředků

Nové materiály v oblasti konsolidace sádry, některé doposud odzkoušené pouze v rámci laboratorních studií, byly testovány při restaurování několika sádrových modelů. Cílem studií bylo ověřit a popsat zkušenosti i výsledky konsolidace v různých reálných situacích a podmínkách.

Tři modely návrhů pomníku Karla Vojáčka zhotovené v dílně Stanislava Suchardy na počátku minulého století se nacházely v různém stavu a stupni poškození (**obr. 8.3.4**). Dlouhodobým působením vlhkosti došlo u odlitků k degradaci, která se projevuje především na povrchu děl, ale lokálně zasahuje i do struktury odlitků. Odlitky se vyznačovaly nedostatečnou kohezí a tvrdostí povrchu (povrch se sprášoval nebo v šupinách odděloval) a výrazně nižší pevností i hmotností. Pro takto poškozené odlitky bylo třeba zvolit konsolidant s dobrými penetračními schopnostmi a dostatečným zpevňujícím účinkem, který by řešil povrchové i hloubkové zpevnění odlitku.

Při restaurování odlitku „návrh č. 1“ byl pro konsolidaci použit organokřemičitý zpevňovací prostředek *Funcosil KSE 100 Remmers*. Aplikací podmínky byly zajištěny dle doporučeného postupu při zpevňování anorganických materiálů. Konsolidant byl aplikován v jednom cyklu kapáním postupně na celou plochu narušeného povrchu při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolo 50 % až do nasycení konsolidovaného substrátu. Pro zajištění optimální reakce konsolidantu byly ošetřené části odlitku umístěny do podmínek se zvýšenou vlhkostí (50–60 %) pod krycí fólii po dobu jednoho měsíce. Konsolidovaná místa po zákroku vykazovala výrazné zlepšení pevnosti i soudržnosti na povrchu i v hloubkách odlitku.^[254]

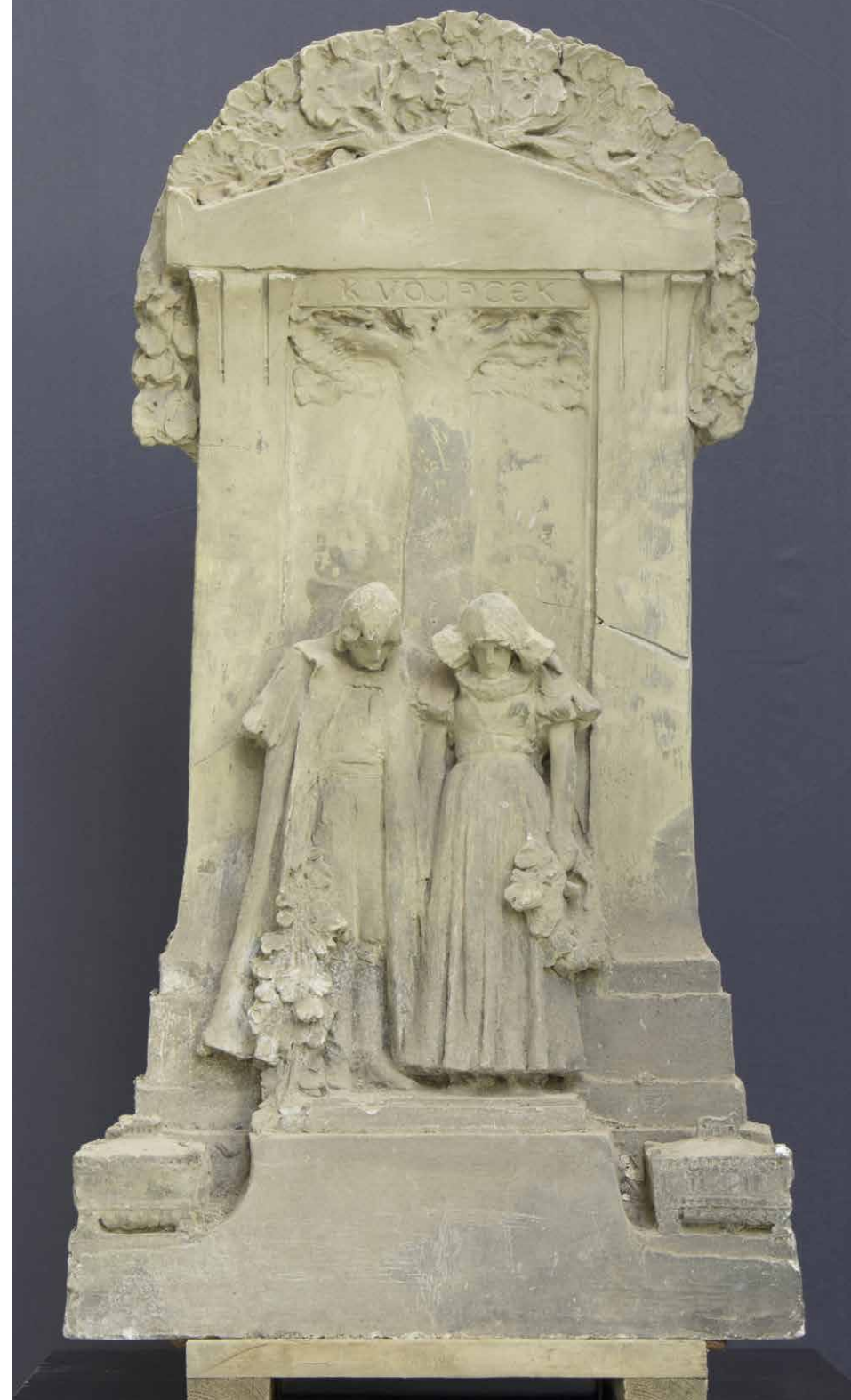
V rámci restaurování dvojice totožných odlitků „návrh č. 2“ a „návrh č. 3“ s mírně odlišnou problematikou degradace byly provedeny nejprve zkoušky vybraných konsolidantů, které byly odzkoušeny na vytipovaných místech povrchu odlitků. Při předběžných testech byly dále využity sádrové nanosuspenze v i-propanolu a vápenná nanosuspenze *CaLoSiL E25*.

Při zkoušce aplikace prostředku *CaLoSiL E25* se zpevnění ukázalo jako dostatečné pro středně degradovaná místa, konsolidant účinkoval spíše na povrchu kvůli horší penetraci prostředku. Při opakované aplikaci docházelo k tvorbě bílého povlaku na povrchu odlitku. Velmi dobrého účinku na zpevnění povrchu i hlubších vrstev odlitků bylo dosaženo aplikací vápenných nanosuspenzí použitých ve směsi s organokřemičitanu *KSE 100* odlitek přiměřeně zpevnila bez optických změn povrchu. U kombinace *CaLoSiLu* a *KSE 300 HV* také mísené v obj. poměru 1:1 již docházelo k „přezpevnění“ sádry a výsledný povrch byl příliš tvrdý a kompaktní.

254 ŠIBRAVOVÁ, Kateřina. *Sádrový model náhrobní plastiky od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace*.



a | b 8.3.4. Sádrové modely návrhů pomníku K. Vojáčka od S. Suchardy podrobené konsolidačnímu procesu; a) návrh 1; b): návrh 2 (patinovaný); c) návrh 3 – totožná modelace s návrhem 2. (foto: K. Šibravová, R. Zůfalá)





V případě „návrhu č. 2“ byla nejvíce poškozená zadní nepatinovaná strana odlitku, kde docházelo ke sprášování povrchu. Na základě výsledků zkoušek byla pro konsolidaci zvolena vápenná nanosuspenze *CaLoSiL E25* aplikovaná ve 2 cyklech prováděných po sobě v odstupu 15 minut. Po konsolidaci byl objekt umístěn do podmínek s vyšší relativní vlhkostí (50–60 %) a zakryt folií po dobu jednoho měsíce. Po vytvrzení konsolidantu došlo k dostatečnému zpevnění narušeného povrchu, vedlejším efektem bylo lokální zesvětlení hloubek vlivem nahromadění konsolidantu v nerovnostech povrchu nebo v důsledku zpětné migrace konsolidantu při vysychání. Optické změny způsobené konsolidantem byly v tomto případě akceptovány, neboť se jednalo o rubovou (nepohledovou) stranu objektu a zvolený materiál jinak vykazoval optimální míru zpevnění v porovnání se stavem před konsolidací.^[255]

255 ZŮFALÁ, Radka. *Sádrový model funerální plastiky od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace.*



8.3.5. Průběh konsolidace fragmentů modelu „návrhu č. 1“ organokřemičitým zpevňovacím prostředkem KSE 100. (foto: P. Zítková)



8.3.6. Aplikace konsolidantu laboratorní pipetou. Na degradovaný povrch zadní strany nepatinovaného modelu byla zvolena kombinace vápenné nanosuspenze *CaLoSiL E25* a organokřemičitanu *KSE 100* v poměru 1:1. (foto: K. Šibravová)

U nepatinované plastiky „návrh č. 3“ byla zadní strana odlitku narušena nejvíce a pro konsolidaci byla použita směs vápenné nanosuspenze *CaLoSiL E25* a organokřemičitanu *KSE 100* smíchané v obj. poměru 1:1. Konsolidant byl plošně aplikován na vodorovně ležící model ve 2 cyklech a lokálně dozpevněn ve třetím cyklu (**obr. 8.3.6**). První dva cykly byly provedeny v odstupu 30 minut (po částečném odpaření rozpouštědla), třetí cyklus byl proveden po 24 hodinách od zahájení konsolidace. Po aplikaci byl odlitek zakryt folií a přesunut do podmínek se zvýšenou relativní vlhkostí (50–60 %) po dobu vytvrzení konsolidantu. V těchto podmínkách byl ponechán jeden měsíc.^[256] Konsolidovaný povrch vykazoval výrazné zlepšení mechanických vlastností, povrch nebyl „přezpevněn“; jeho tvrdost se blížila tvrdosti „zdravé“ sádry. Kombinace s organokřemičitanem patrně omezuje zpětnou migraci částic vápenné nanosuspenze k povrchu a tím minimalizuje tvorbu bílého zákalu, který se objevuje při použití samotné nanosuspenze.

256 ZŮFALÁ, Radka. *Patinovaný sádrový model funerální plastiky od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace.*



8.3.7. Busta F. Dvořáka byla rozlomená na několik částí a hmota sádry byla výrazně degradovaná. (foto: P. Zítková)



8.3.8. Detail narušené sádrové hmoty. Degradace prostupovala celou tloušťkou sádrového střeptu. (foto: P. Zítková)



8.3.9. Průběh konsolidace: degradovaný povrch byl nejprve napuštěn organokřemičitanem KSE 100 a následně byla aplikována směs vápenné nanosuspenze CaLoSiLu E25 a KSE 100 v poměru 1:1. (foto: P. Zítková)

Stejná receptura směsi složená z vápenné nanosuspenze a organokřemičitanu byla aplikována i při restaurování sádrové busty Františka Dvořáka (obr. 8.3.7). Model vlivem dlouhodobé expozice zvýšené vlhkosti a patrně i důsledkem užití méně kvalitní sádry při zhotovení odlitku vykazoval výrazné oslabení ve hmotě, lokálně se materiál při dotyku drobil. V tomto případě byl povrch nejprve předzpevněn organokřemičitanem KSE 100 a následně byla aplikována směs KSE 100 a CaLoSiLu E25 připravená smícháním obou prostředků v objemovém poměru 1:1. Po konsolidaci následovalo překrytí povrchu fólií a uložení v podmínkách se zvýšenou relativní vlhkostí (50–60 %). Zvolená kombinace konsolidantů s předchozí penetrací napomohla k dostatečnému obnovení soudržnosti a pevnosti odlitku sádry.^[257]

257 ĐOUBAL, Jakub a Petra ZÍTKOVÁ. *Restaurování sádrové busty Františka Dvořáka: Restaurátorská dokumentace.*



8.3.10. Stav sádrové plastiky havíře před restaurováním. (foto: P. Zítková)



8.3.11. Stěr tmavou vatovou tyčinkou použitý pro hodnocení míry soudržnosti povrchu. (foto: P. Zítková)



8.3.12. Aplikace konsolidantu štětcem přes japonský papír. (foto: P. Zítková)

Další příklad konsolidace ilustruje polychromovaná plastika havíře z Českého muzea stříbra v Kutné Hoře. Dílo bylo dlouhý čas uloženo v nepříznivých podmínkách a vlivem přímého kontaktu s vodou došlo k vážnému poškození jednak samotného odlitku, tak polychromie. Polychromie byla silně degradovaná, oddělovala se od povrchu sádry nebo se sprášovala. Degradace sádry se projevovala práškovatěním povrchu a místy vznikem sítě jemných trhlin v povrchové vrstvě, což způsobovalo její lokální odlupování.

Konsolidaci v tomto případě komplikovala rezidua barevné vrstvy, která se rozpouštěla v polárních rozpouštědlech roztoků konsolidantů. Z těchto důvodů byl pro narušený sádrový povrch testován roztok *Paraloidu B72* v toluenu o nízké koncentraci (1% roztok) s předchozí penetrací podkladu rozpouštědlem, čímž se výrazně eliminovalo tmavnutí skvrn i rozpouštění polychromie. Konsolidant byl nanášen štětcem přes japonský papír až do nasycení povrchu. Takto byl ve dvou cyklech ošetřen celý sádrový povrch plastiky. V místech s výraznou dezintegrací materiálu se aplikace dále opakovala či byla navýšena koncentrace (až do 3%). Úspěšnost povrchové fixace byla hodnocena kontrolou stírání povrchu pomocí tmavé vatové tyčinky (*obr. 8.3.11*). Drobné mikrotrhlínky byly zajištěny koncentrovanějším roztokem konsolidantu (do 5%).

I přes některé limity použitého zpevňovacího prostředku se podařilo dosáhnout dostatečné fixace sádrového povrchu i hloubkového zpevnění vážně narušených míst. Úspěšné konsolidace bylo v tomto případě docíleno úpravou aplikačních podmínek, užití penetrace s rozpouštědlem a úpravou počtu aplikací i koncentrace konsolidačního roztoku volené v závislosti na míře lokálního poškození.

Při aplikaci roztoku konsolidantu ve vyšších koncentracích, respektive při opakované aplikaci, došlo k mírné změně barevného odstínu sádry do žluta. V daném případě se však nejednalo o závažný problém, neboť povrch měl být dále upravován barevnou retuší v rámci restaurování polychromie.^[258]

8.3.5 Shrnutí

Problematika zpevnění sádrového materiálu u odlitků je s ohledem na nedostatek odborných studií k tomuto tématu stále poměrně otevřená. Při zpevňování sádry je nutné poukázat na skutečnost, že se jedná o velmi komplikovaný proces, pro jehož úspěšnost je důležité zohlednit všechny okolnosti a faktory, které mohou výsledek konsolidace ovlivnit.

V první řadě je důležité zhodnotit stav a míru dezintegrace sádrového materiálu odlitku. Informace, do jaké míry je sádrový materiál poškozen, může pomoci při výběru vhodného konsolidačního prostředku i vhodné aplikační metody. Sádrové objekty jsou v mnoha případech poškozeny pouze povrchově, kdy dochází k tzv. práškovatění povrchu a zásadní kritérium při výběru konsolidantu tak nemusí spočívat v jeho dobré penetrační schopnosti. Naopak v případě hloubkového narušení materiálu jsou požadavky na vhodný konsolidant jiné. Důraz je kladen na schopnost prostoupit celou hmotou narušeného materiálu a následně mu navrátit pevnost. Vedle dobré penetrace do substrátu je důležitá i rovnoměrná distribuce účinných látek. Úspěšnost zásahu významně ovlivňují i podmínky aplikace prostředků zahrnující vhodnou metodu aplikace, okolnosti, za jakých je prostředek aplikován, až po podmínky při vytvrzování prostředku. Vhodné je zpevňované místo před aplikací samotného konsolidantu penetrovat rozpouštědlem nebo vhodně naředěným prostředkem. Metody aplikace využívající rozptyl prostředku postřikem jsou vhodnější pouze pro povrchové poškození, neboť i několikanásobně opakovanou aplikací touto metodou nejsou konsolidanty schopny proniknout hlouběji do materiálu, což platí zvláště u prostředků s těžkými rozpouštědly. U konsolidantů s těžkými rozpouštědly je nutné zamezit rychlému odparu a vylučování aktivních látek při povrchu. Pro dosažení konsolidačního efektu je ve všech případech nutné dodržet podmínky vytvrzování, které jsou individuální pro každý zpevňující prostředek.

Pro konsolidaci sádry se používají v restaurování materiály běžně aplikované na jiné porézní materiály, avšak pro sádru nebyly dosud tyto prostředky podrobeny exaktnímu vyhodnocení. Nejčastěji se setkáváme s ošetřením narušeného povrchu sádry

pomocí běleného šelaku nebo *Paraloidu B72*. Jejich použití lze na základě osobních zkušeností a výsledků testování doporučit spíše pro povrchově degradované sádry vzhledem k nižší míře zpevnění. Nižší penetrace těchto látek patrně souvisí s velikostí částic a rychlým odpařením rozpouštědla, které může způsobit i přezpevnění povrchu, což hrozí zejména v případě šelaku. Přijatelnou penetrační schopnost i zpevňující efekt pro povrchově degradované materiály mají při správné aplikaci vápenná i sádrová nanosuspenze, jejichž výhoda spočívá v materiálové kompatibilitě a vysoké stabilitě. Překvapivě dobré zpevňující účinky jsou pozorovány u organokřemičitých prostředků. Vzhledem k relativně vysoké schopnosti penetrace do substrátu a vysoké stabilitě těchto prostředků je lze doporučit pro strukturální konsolidaci sádry. Velmi dobré výsledky jsou pozorovány při kombinaci organokřemičitanů a vápenné nanosuspenze, jež způsobuje výrazné zlepšení pevnosti. Zároveň se zdá, že použití nanosuspenzí ve směsi s organokřemičitany významně redukuje efekt zpětné migrace částic k povrchu a tvorbu zákalů.

U sádrových odlitků se vzhledem k rozpustnosti sádry ve vodě předpokládá, že není vhodné volit konsolidanty na vodné bázi a odlitky vystavovat přímému kontaktu s vodou. Užití vodných roztoků pro konsolidaci však v praxi nemusí představovat až tak závažné riziko. Sádra je sice do určité míry rozpustná ve vodě, ale k jejímu rozpouštění nejvíce přispívá dlouhodobější zavlhčení a obměňování vody na jejím povrchu. Z tohoto hlediska by v případě nízkého počtu aplikací vodného prostředku nemělo docházet k významnému rozpouštění sádrového materiálu. Poškození v některých případech nemusí být primárně způsobeno vodou, ale naopak zvýšenou teplotou, kdy materiál ztrácí vázanou vodu, tedy mění se z dihydrátu na hemihydrát nebo anhydrit. V tomto případě může voda obsažená v konsolidantu vyvolat vratnou reakci a znovu sádru zpevnit (regenerace). Tento proces může spolupůsobit při zpevňování vodnými roztoky, například při zpevňování vápennou nebo sádrovou vodou. Regenerační účinek vody na vlastnosti sádry však bude teprve předmětem podrobného výzkumu.

Důležitým kritériem pro výběr zpevňovacího prostředku je minimální změna optických vlastností konsolidovaného materiálu po zpevnění. U většiny užívaných zpevňovacích prostředků ke změně vzhledu sádry dochází. Tento efekt však je do jisté míry způsoben rozdílem lomu světla na povrchu narušeného a konsolidovaného materiálu. Změna optických vlastností do jisté míry závisí na správné aplikaci prostředků (koncentraci prostředku, předpenetrování povrchu, aplikačních podmínkách atd.). Mírné prohloubení do tmavšího teplejšího odstínu můžeme očekávat například u prostředků *Paraloid B72*, kamence a akrylátových disperzí. Při nesprávné aplikaci některých konsolidantů může také dojít k vytvoření lesku na povrchu sádry (například u šelaku). K tvorbě bílého zákalů může u vápenných a sádrových nanosuspenzí docházet kvůli zpětné migraci konsolidantu při vysychání rozpouštědla nebo horší penetraci

258 ZÍTKOVÁ, Petra. *Restaurování sádrové plastiky Havíře ze sbírek Českého muzea stříbra v Kutné Hoře; Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu.*

prostředků do podkladu. Optické vlastnosti po konsolidaci mohou nepřímo ovlivnit i materiály přítomné ve struktuře sádry. Častým jevem je změna barevnosti substrátu vyvolaná mobilizací či chemickou reakcí v sádře přítomných materiálů po styku s konsolidantem. Takto mohou reagovat látky přidávané do sádry při její přípravě, rezidua ochranných ošetření povrchu sádry nebo korozní produkty z kovových armatur či výluhy z dřevěných konstrukčních prvků.

Uvedená škála materiálů pro konsolidaci sádry není ani zdaleka vyčerpána, stále jsou vyvíjeny materiály nové, které doposud nebyly pro sádro odzkoušeny. Samotná metodika testování zpevňovacích prostředků na sádro není dostatečně propracovaná a jednotná, což znesnadňuje objektivní hodnocení různých materiálů a jejich srovnání. V případě povrchové degradace je možné hodnotit míru poškození a následného zpevnění povrchu sádry po konsolidaci užitím tmavých vatových tyčinek. Na nich se dá sledovat, zda dochází k ulpívání sádry na vatě, a změny relativně kvantifikovat. Exaktní metodou pro hodnocení stavu povrchu je peeling test, kdy je vážen hmotnostní podíl sádry ulpělý na speciální lepicí pásce.^[259] V případě hloubkové dezintegrace je možné úspěšnost konsolidace do určité míry měřit pomocí ultrazvukové transmise, neinvazivní metody, která zjišťuje stav materiálu nepřímo podle průchodu ultrazvukové vlny. Obecně platí, že více stmelené či zpevněné materiály budou mít rychlost průchodu vyšší než materiály slabě stmelené a nezpevněné. Ačkoliv je metoda velmi citlivá a lze ji pro vyhodnocení konsolidace u sádry využít, není s ní možné spolehlivě vyhodnotit hloubku konsolidace. K těmto účelům lze využít metodu měření vrtného odporu, při které je sledována síla, která je dána mírou odporu materiálu při postupném pronikání vrtáku předmětem. Jedná se ale o značně invazivní zásah do objektu, který je nutné pro spolehlivé vyhodnocení několikrát opakovat. Změny mikrostrukturních vlastností před a po konsolidaci nebo studium chování konsolidantu v materiálu (hloubka penetrace, míra zpevnění aj.) lze dobře posoudit mikroskopickými technikami, které však pro provedení vyhodnocení vyžadují odběr reprezentativního vzorku.

I přes vyjmenované instrumentální možnosti ověření zpevnění zůstává v praxi zásadní subjektivní hodnocení restaurátora, který je na základě zkušenosti do určité míry schopen posoudit (poklepem, haptickým zkoumáním) míru dezintegrace materiálu, případně zda provedená konsolidace vedla ke zlepšení stavu.

259 DRDÁCKÝ, Miloš, Jaroslav LESÁK, Silvia RESCIC, Zuzana SLÍŽKOVÁ, Piero TIANO a Jaroslav VALACH. Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces.

8.4 Lepení

R. Tišlová — J. Ďoubal — P. Zítková — A. Kokstejnová

Sádra je relativně pevný, ale křehký materiál, který při manipulaci nebo nevhodném zacházení často podléhá mechanickým poškozením. V podmínkách nevhodného uložení, například v prostředí se zvýšenou vlhkostí a teplotou, příp. při vystavení odlitků teplotním výkyvům, se vlastnosti sádry dále proměňují a odolnost odlitků se snižuje. Mechanická poškození sádrových odlitků mohou být různého rozsahu, od drobných oděrek vznikajících zpravidla na vystupujících místech až po rozlomení na několik kusů, které vyžaduje přesné osazení a slepení. Častým jevem je poškození odlitku na rozhraní vrstev sádry, které vznikají při odlévání díla, nebo vylomení části v důsledku pnutí či koroze vnitřních armatur.

Při volbě vhodného řešení takových poškození je zásadní komplexní posouzení celkového stavu objektu a stanovení příčin poškození. Důležitou roli hrají i podmínky budoucího uložení, uvažovaná prezentace objektu a s tím související celková koncepce restaurování.

V praxi nejpoužívanějším způsobem opravy odlomených částí je lepení. Konkrétněji můžeme vymezit tento zásah jako proces, při kterém dochází k obnovení adheze rozlomených částí pomocí jiných materiálů, tzv. lepidel nebo adheziv, obecně látek s lepidivým účinkem. Škála užívaných adheziv zahrnuje široké spektrum materiálů, od přírodních látek používaných zejména v minulosti po syntetické materiály, které využívá moderní restaurátorská praxe. Přístup k provádění opravných zákroků v minulosti a dnes se výrazně liší. Zatímco dříve se opravy odlitků velmi často realizovaly řemeslným způsobem a nebylo výjimkou, že při lepení docházelo k výraznému zásahu do originální hmoty objektu, v moderní restaurátorské praxi je snaha maximálně respektovat originál a používat šetrné a reverzibilní postupy. Přes určitý posun v přístupu k restaurování sádrových děl není tomuto tématu věnováno mnoho odborných studií, zaměřených na testování materiálů a technologií, což platí i pro problematiku lepení. I přes nedostatek publikací zabývajících se specificky sádrovými odlitky lze informace k lepení částečně shromáždit z odborné literatury, která se vztahuje na jiné anorganické porézní materiály.^[260] Určitou příbuznost problematiky lze nalézt

260 DOWN, Jane L., Maureen A. MACDONALD, Jean TÉTREAULT, R. Scott WILLIAMS a Jean TETREAULT. Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute: An Evaluation of Selected Poly(Vinyl Acetate) and Acrylic Adhesives.

v oblasti lepení keramiky^[261], kostí, skla^[262] nebo například mramoru^[263]. Další informace o účinku jednotlivých adheziv lze čerpat také ze studií zabývajících se upevněním oddělující se nástěnné malby nebo polychromie na různých porézních materiálech.^[264]

8.4.1 Kritéria výběru adheziva

Výběr adheziva ovlivňuje řada okolností, které souvisí nejen s vlastnostmi samotného lepidla, ale i s charakteristikou lepeného substrátu (podrobně o vlastnostech v kapitole „5. Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry“). V neposlední řadě ovlivňují výběr prostředku předpokládané podmínky uložení zrestaurovaného díla a způsob dalšího užívání.

Než vyjmenujeme konkrétní požadavky, které ovlivňují výběr vhodného prostředku pro lepení, je na úvod nutné zmínit zcela obecné zásady, které se vztahují ke všem procesům, které zasahují do podstaty uměleckých děl. Restaurátorský zákrok, v tomto případě lepení, by měl být vždy šetrný k originálu a měl by být proveden materiály, které lze v případě, že dožijí nebo neplní svou funkci, odstranit nebo opravit v rámci následného restaurátorského zásahu. Materiál použitý pro lepení by neměl negativně ovlivnit vzhled, funkci a stav objektu a generovat nová poškození.

Pro hodnocení účinku na originál je nezbytné stanovení vlastností adheziva i originálu. Při stanovení konkrétních požadavků na adheziva můžeme v základu vyjít z práce G. Bergera, který formuloval základní požadavky na adheziva.^[265] Ačkoliv se jedná o starší studii, jsou tyto požadavky dodnes aktuální. Adhezivum by mělo mít v první řadě dostatečný lepicí účinek na lepený materiál, dlouhodobou trvanlivost a stabilitu vůči podmínkám expozice a mělo by být odstranitelné v případě, že oprava nevyhovuje nebo dožije. Mírou lepicích schopností adheziva je pevnost lepeného spoje. Při lepení sádry, ale i ostatních materiálů, je požadována pevnost adheziva vždy mírně nižší nebo srovnatelná s pevností lepeného materiálu. V opačném případě hrozí, že při mechanickém namáhání spoje dojde k poškození sádrového odlitku mimo lepený spoj. Ze spektra pevnostních charakteristik lze pevnost lepeného spoje na sádře ověřovat na zkušebních vzorcích měřením pevnosti v tahu za ohybu (při namáhání spoje

v ohybu) nebo pevnosti ve smyku v případech působení smykového napětí.^[266] Kvalitu spoje a jeho odolnost namáhání může ovlivnit nejen volba adheziva, ale také způsob aplikace i podmínky následné expozice odlitku.

Stabilita adheziva souvisí s chemickým složením prostředku. Užití lepidlo nesmí poškozovat objekt chemickou reakcí, zanášením škodlivých látek do podkladu nebo atakovat některé složky objektu (nemusí se vztahovat přímo na hlavní materiál lepeného objektu, ale například na povrchové úpravy, polychromie, podpurné konstrukce, armatury aj.). Vedle chemického složení sledujeme další fyzikálně-mechanické vlastnosti adheziva, které ovlivňují, jak bude spoj fungovat. Kromě pevnosti spoje je důležité například smrštění materiálu při vytvrzení lepidla. Z hlediska reálného fungování lepeného spoje při namáhání je důležitou vlastností elasticita materiálu, která by v ideálním případě měla být srovnatelná s lepeným materiálem. V případě užívání přírodních nebo syntetických látek ovlivňuje elasticitu teplota skelného přechodu – Glass Transition Temperature (T_g), která rozhoduje, v jakém stavu se polymer nachází v daných expozičních podmínkách.^[267] Ve většině případů je požadavkem, aby lepidlo vykazovalo určitý stupeň elasticity kvůli umožnění dlouhodobé absorpce napětí lepených materiálů. Naopak při užití polymerů nacházejících se v daném prostředí v plastickém stavu hrozí, že lepený spoj bude příliš pružný a bude docházet k pohybům spoje (zvláště při lepení rozměrnějších a těžších částí). Pružnost adheziva se stanovuje měřením modulu pružnosti, který vyjadřuje jeho tuhost; čím vyšší hodnota modulu, tím vyšší je jeho tuhost a naopak. Elastické chování polymerních látek je však mnohem komplikovanější a při skutečně zodpovědném výběru adheziva by kromě výše zmíněných základních vlastností, měly být posuzovány další vlastnosti jako mez pružnosti^[268] či tažnost^[269]. Důležitou roli hrají také tzv. kríповé charakteristiky (studený tok při pokojové teplotě nebo kríp při různých teplotách), které patří mezi základní konstrukční vlastnosti plastů, jež se stanovují při dlouhodobém zatížení vlivem různého typu napětí (tahem, ohybem).^[270] Otázku elasticity je ale nutné řešit i v případě použití anorganických adheziv. Z tohoto hlediska může být problematické použití tvrdých hydraulických pojiv, která se vyznačují nízkou elasticitou.

Za předpokladu, že odlitky budou uloženy ve stabilních podmínkách interiéru, není nezbytné určení dalších fyzikálně-mechanických vlastností adheziva. Pokud jsou odlitky uloženy v prostředí se zvýšenou vlhkostí, teplotou nebo v proměnlivých podmínkách, je rozhodující vlastností teplotní a vlhkostní roztažnost adheziva, případně jeho odolnost biologickému napadení.

261 BUYS, Susan a Victoria OAKLEY. *The conservation and restoration of ceramics*.

262 DAVISON, Sandra. *Conservation and restoration of glass*, s. 242–345.

263 JORJANI, Mersedeh, George WHEELER, Carolyn RICCARDELLI, Winston O. SOBOYEJO a Nima RAHBAR. An evaluation of potential adhesives for marble repair.

264 BERGER, Gustav. Art adhesive needs stability, reversibility, compatibility.

265 BERGER, Gustav. *Art adhesive needs stability, reversibility, compatibility*, 30–32.

266 PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. *Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility*.

267 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 22–27.

268 Mez pružnosti je hodnota napětí, při kterém nastává u polymeru trvalá deformace.

269 Poměrné prodloužení při přetržení.

270 WARD, Ian Macmillan a John SWEENEY. *Mechanical Properties of Solid Polymers*, s. 87–133.

Vedle výše uvedených nároků je nutné okrajově zmínit požadavky na optické vlastnosti adheziva (barva, struktura), i když v tomto případě nemusí mít rozhodující vliv na výběr prostředku. Adhezivum by mělo být aplikováno tak, aby se pohledově neuplatňovalo, i když ne vždy je to možné. Pokud se adhezivum částečně pohledově uplatňuje, je nutné požadavky na vzhled dodržet. Důležitým požadavkem je možnost lepený spoj následně retušovat plastickou i barevnou retuší.

Vedle uvedených požadavků je při provedení opravy vždy nutné myslet na funkci objektu v kontextu jeho budoucího užívání (funkční požadavek na spoj) a tento požadavek řešit v návaznosti na celkovou koncepci restaurování. Toto hledisko například v některých případech zahrnuje požadavek na snadnou rozebíratelnost spoje, nebo naopak požadavek na zvýšenou pevnost pro případ velkého namáhání či časového transportu.

8.4.2 Adheziva používaná pro lepení

Škála adheziv používaných pro lepení sádry se po mnoho let příliš neměnila. V minulosti byla užívána zejména lepidla na bázi sádry a přírodních látek s lepicím účinkem (zejména přírodní pryskyřice, vosky a kliš).^[271]

Tradiční variantu lepení představuje využití sádrové suspenze. Sádra se používá podle postupu, který uvádí i historické příručky;^[272] lomové plochy odlomených částí se navlhčí a nanese se na ně řídká sádrová směs. Obě plochy se poté přidrží do počátku vázání sádry a po zatvrdnutí se spoj začistí. Vedle samotné sádrové suspenze se do sádrových směsí mohly přidávat některé přísady pro modifikaci jejich vlastností. Ve starší literatuře z poč. 20. století můžeme najít například popis lepivého tmelu s obsahem kamence, salmiaku (chlorid amonný), vaječného bílku a arabské gumy.^[273] Při použití sádrové suspenze nelze na základě stávajících zkušeností vyloučit určitá rizika. Při aplikaci je nutné lepený materiál předem dostatečně navlhčit, což může být v mnoha případech problematické (zejména pokud sádra obsahuje vodorozpustné povrchové úpravy nebo kovové či dřevěné armatury). Další nevýhodou lepení sádrkou je, že i když bývá aplikována v řidší konzistenci, vytváří při nanesení relativně silný nános. Proto se při jejím užití často provádí rozšíření místa zásahem do samotného objektu, což je z dnešního pohledu nepřijatelné. Samotný sádrový spoj je

relativně křehký a lepicí účinek se často podporuje použitím armatur nebo výztuží, které také vyžadují fyzický zásah do objektu (časté bylo i vyřezávání tzv. rybinového spoje vyplněného sádrkou). Uvedené problémy a relativně komplikovaná aplikace sádry jako adheziva vedly postupně k nahrazení tohoto materiálu alternativními materiály na bázi jiných anorganických pojiv (vápno, cementy), případně přírodními nebo syntetickými polymery, které se vyznačují snazší přípravou a následnou aplikací.

Tradiční skupinu adheziv tvořila organická lepidla živočišného nebo rostlinného původu. K nejrozšířenějším bezpochyby patřilo využití šelaku či klišu. Lepení šelakem rozpuštěným v lihu patří k nejstarším technikám lepení sádry. Při lepení sádry je možné použít šelak více způsoby – klasická je aplikace koncentrovaného roztoku šelaku na lepený materiál.^[274] Další možností využívanou ve štukatérské praxi bylo lepení zapáleným šelakem. Šelak byl nanesen v husté vrstvě na lomovou plochu a zapálen, následně byly lepené plochy přitlačeny k sobě, čímž byl rychle vytvořen relativně pevný spoj. Vedle šelaku se v příručkách pro sochaře můžeme setkat třeba s doporučením pro užití třtinového cukru s bělobou.^[275]

Od pol. 20. století dochází k zásadní proměně přístupu v oblasti restaurování a konzervace uměleckých děl, která se dotýká i oblasti užívaných materiálů. Pro různé účely restaurování se testují syntetické polymery, které jsou využitelné i pro lepení porézních materiálů. Jedním z významných syntetických polymerů, které byly v 2. pol. 20. století vyvinuty, je dodnes užívaný akrylátový polymer *Paraloid B72*, který je využíván v široké škále aplikací včetně lepení.^[276] Složením se jedná o kopolymer ethylmetakrylátu/methylakrylátu (70:30).^[277] Samotný polymer a z něj připravené filmy vznikající odpařením rozpouštědla jsou čiré, bezbarvé, pololesklé až lesklé v závislosti na použitém typu rozpouštědla. Finální i aplikační vlastnosti filmu jako adhezi, viskozitu roztoků, elasticitu nebo odolnost vůči stárnutí je možné dále upravovat přidávkou plastifikátorů či stabilizátorů. V literatuře je například popisován přírůstek koloidního oxidu křemičitého, tzv. siliky (*Cab-o-sil*, *Santocel*, *Aerosil*), který se přidává do roztoku polymeru ve velmi nízkých koncentracích okolo 0,1 hm. %.^[278] Kromě úpravy rheologických vlastností zvyšuje přírůstek siliky také pevnost spoje, což při lepení sádry ale nemusí být vždy pozitivní (samotný spoj by neměl mít vyšší pevnost než lepený materiál). *Paraloid B72* si uchovává rozpustnost i po delší době, ale obtížně se odstraňuje z porézní struktury materiálu.

274 FIKAR, Alois. *Odlitky ze sádry, z kovů, papíroviny a jiných hmot ve školní praxi*, s. 28.

275 BASL, Josef. *Modelování v hlině: příruční kniha pro učitele modelování, pro žáky škol měšťanských, středních i průmyslových a pro každého, kdo se o umění sochařské zajímá: odlévání a úprava modelů a soch*, s. 76.

276 KOOB, Stephen P. The use of Paraloid B-72 as an adhesive: its application for archaeological ceramics and other materials.

277 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 160–161. *Paraloid B72* může mít mírně proměnlivé složení, které ovlivňuje stabilitu polymeru. EMA/MA jsou základní složky polymeru.

278 KOOB, Stephen P. The Consolidation of an Archaeological Bone.

271 SHURTLEFF, Nathaniel Brandstreet. *Description of the moulding and Casting Heads, Masks, Medallions etc.*, k problematice také: FIKAR, Alois. *Odlitky ze sádry, z kovů, papíroviny a jiných hmot ve školní praxi*, s. 26–28.

272 FIKAR, Alois. *Odlitky ze sádry, z kovů, papíroviny a jiných hmot ve školní praxi*, str. 27.

273 JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*, s. 423–424.

Roztok *Paraloidu B72* lze připravit rozpuštěním polymeru v různých organických rozpouštědlech, například alkoholech (ethanolu, i-propanolu, n-butanolu, acetonu, ethylacetátu, tetrahydrofuranu, xylenu, toluenu atd.), které ovlivňují vlastnosti roztoku i vzniklého filmu (tloušťka filmu, mechanické vlastnosti, teplotu skelného přechodu) a v konečném důsledku i lepicí účinek adheziva.^[279] Rozpouštědlo ovlivňuje vlastnosti roztoku například viskozitu roztoku, jeho penetraci, respektive zpětnou migraci a rychlost tuhnutí filmu a tím i vlastnosti lepeného spoje. Vlastnosti spoje závisí na několika faktorech, kromě vlastností samotného polymeru, jeho modifikace a použitého rozpouštědla, také na vlastnostech podkladu, zejména jeho porozitě a struktuře povrchu. Těkavá rozpouštědla, jako je aceton, se budou odpařovat rychleji a jsou vhodná spíše pro roztoky pro provedení lepení menších spojů a rychlé lepení, naopak pomaleji budou schnout filmy vytvořené z roztoků obsahujících ethanol. Roztoky *Paraloidu B72* s aromatickými rozpouštědly se pak budou pohybovat někde mezi těmito dvěma uvedenými příklady.^[280]

U vlastností filmu vzniklého z roztoku je však nutné upozornit na výrazný vliv rozpouštědel na retenci (zádrž) rozpouštědla ve filmu adheziva, které následně ovlivňuje plasticitu filmu a zásadním způsobem i teplotu skelného přechodu. Hodnota teploty skelného přechodu *Paraloidu B72* se v odborných publikacích rozchází; nejčastěji je uváděna hodnota mezi 35–40 °C, nicméně tento údaj se může v závislosti na užitém rozpouštědle významně lišit. Například použití acetonu či toluenu pro přípravu roztoku polymeru ovlivňuje pokles T_g až k pokojové teplotě.^[281] Podobný efekt byl potvrzen také u dalších rozpouštědel jako ethylacetát nebo butylacetát.^[282] Vliv retence rozpouštědla může podle citovaných studií za běžných klimatických podmínek trvat několik měsíců nebo dokonce let, což může zásadním způsobem ovlivnit vlastnosti lepeného spoje, a to po poměrně dlouhou dobu po samotné aplikaci.

Oblíbenou skupinou adheziv vyvinutou v 50. letech 20. století jsou kyanoakryláty, které se využívají jako lepidla v mnoha průmyslových, medicínských i biologických aplikacích.^[283] V restaurování jsou kyanoakryláty (nejčastěji polymethyl-, ethyl- a butyl-kyanoakryláty) používány pro lepení skla, kovů, jantaru a fosilií.^[284] K použití

těchto lepidel na sádru není mnoho referencí, i když je všeobecně známo, že jsou pro lepení sádry nebo jiných poréznych materiálů používána.^[285] Kyanoakryláty polymerují v důsledku přítomnosti povrchové vlhkosti materiálu, tzn., že lepicí schopnost určují vlastnosti samotného materiálu i podmínky jeho uložení.^[286] Funkční pevnost spoje se vytváří velice rychle (v rámci sekund), přičemž rychleji tuhnou vteřinová lepidla na hladkých a tvrdých substrátech. Od rychlého tuhnutí těchto lepidel byl odvozen známější název této skupiny adheziv jako vteřinová (sekundová) lepidla. Rychlost vytvrzování výrazně ovlivňuje možnosti použití těchto lepidel, spíše se hodí pro lepení menších částí, při kterém se vyžaduje přesná a rychlá práce při sestavování lepených dílů. Výhoda lepidel ze skupiny kyanoakrylátů jednoznačně spočívá ve snadné aplikaci (jednosložkový systém), univerzálním použití na různé typy materiálů a schopnosti rychle vytvářet pevné spoje s minimální tloušťkou a transparentním bezbarvým vzhledem. Teplota skelného přechodu nejčastěji užívaných kyanoakrylátů je poměrně vysoká nad 60 °C,^[287] takže filmy jsou po vytvrzení pevné, avšak málo elastické. Pevnost lepeného spoje ovlivňují zejména chemické složení samotného lepidla a vlastnosti lepeného materiálu.^[288] Vyšší pevnosti ve skupině kyanakrylátových lepidel dosahují zejména methyl- a ethyl-kyanoakryláty. Adhezivní schopnosti lepidla ovlivňuje i pH lepeného materiálu. Zatímco materiály se zásaditým pH, jako je sádra, výrazně zlepšují adhezivní schopnosti lepidel, kyselé materiály jako dřevo vyžadují přidání aktivátorů polymerace.^[289] Negativa lepidel na bázi kyanoakrylátů jsou křehkost filmů a dále velmi omezená reverzibilita a menší odolnost kyanoakrylátových polymerů vůči stárnutí. Jedna z mála studií porovnávající různé typy kyanoakrylátů uvádí, že stabilnější jsou vteřinová lepidla na bázi polybutyl-kyanoakrylátů. Dalším zjištěním je, že vlastnosti lepeného spoje ovlivňují vlastnosti lepeného substrátu jako je porozita a pH.^[290] Odstranitelnost nánosů lepidel po vytvrzení je velmi komplikovaná a běžnými rozpouštědly téměř nemožná.^[291] Vteřinová lepidla na bázi polymethylkyanoakrylátů lze obtížně rozpustit v chlorovaných rozpouštědlech, vyšší deriváty se dále částečně rozpouštějí v acetonu a tetrahydrofuranu.

279 HANSEN, Eric F. The Effects of Solvent Quality on Some Properties of Thermoplastic Amorphous Polymers Used in Conservation.

280 NEIRO, Michaela. Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics. O účinku rozpouštědel také PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility.

281 SCHILLING, Michael R. The Glass Transition of Materials Used in Conservation.

282 VINÇOTTE, Armand, Emmie BEAUVOIT, Nicolas BOYARD a Elodie GUILMINOT. Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation.

283 KLEMARCZYK, P. a J. GUTHRIE. Advances in anaerobic and cyanoacrylate adhesives.

284 HOWIE, Francis M. P. Materials used for conserving fossil specimens since 1930: a review.

285 ANZANI, Marilena a Alfiero RABBOLINI. Il restauro di un modello in gesso: la "Ebe" di Antonio Canova.

286 Polymerizaci iniciují hydroxylové vazby vody/vlhkosti na povrchu materiálu.

287 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 153–157.

288 KLEMARCZYK, P. a J. GUTHRIE. Advances in anaerobic and cyanoacrylate adhesives.

289 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 153–155.

290 DOWN, Jane L. a Elzbieta KAMINSKA. A preliminary study of the degradation of cyanoacrylate adhesives in the presence and absence of fossil material.

291 HRDLIČKA, Zdeněk. Kaučuková, tavná a kyanoakrylátová lepidla.

Ještě donedávna byla pro lepení keramiky a jiných porézních materiálů doporučována skupina adheziv na bázi nitrátů celulózy (vznikají esterifikací celulózy kyselinou dusičnou nebo nitrační směsí). Nitráty celulózy, v restaurování hojně využívané a testované zejména v 70. letech 20. století, mají dobrou rozpustnost v běžných polárních rozpouštědlech jako aceton, ethylacetát (obecně z důvodu jejich vysoké polaritě se vyznačují dobrou rozpustností v esterech, ketonech, směsi etherů a alkoholů) a jejich roztoky proto mají příznivé aplikační vlastnosti. Filmy a nánosy z roztoků jsou velmi tenké, lepivé, bezbarvé s nízkým indexem lomu, pevné, ale křehké.^[292] Jednoznačným pozitivem je také dlouhodobá rozpustnost filmů organickými rozpouštědly, neboť vlivem degradace nesíťují, a tudíž je lepený spoj snadno reverzibilní. Přes popsané výhody má však tato skupina adheziv mnoho problematických vlastností, které limitují širší uplatnění těchto látek v současné restaurátorské praxi. Hlavním, všeobecně známým problémem je nedostatečná dlouhodobá stabilita těchto polymerů; nitráty celulózy rychle degradují účinkem působení světla a podléhají kyselé i zásadité hydrolýze. Citlivost nitrátů celulózy vůči působení světla je velmi vysoká a degradace probíhá již v interiérových podmínkách. Účinkem světla dochází ke štěpení polymerního řetězce a uvolnění kyselin (kromě kyseliny dusičné také organických kyselin), polymer výrazně žloutne až hnědne a v důsledku narušení polymerního řetězce dochází ke zhoršení jeho mechanických vlastností (klesá pevnost, vzrůstá křehkost).^[293] Stabilitu polymerů lze však ovlivňovat přidáním stabilizátorů nebo plastifikátorů.^[294] V současné restaurátorské praxi se užití nitrátů celulózy výrazně omezilo a tyto materiály se používají prakticky jen v oblasti lepení keramiky. Jedním z užívaných prostředků je *Archäocoll 2000N*, který byl vyvinut přímo pro lepení archeologických keramických artefaktů. *Archäocoll 2000N* byl autory kapitoly odzkoušen i při lepení sádry, přičemž jeho vlastnosti byly pro lepení vyhodnoceny jako velmi diskutabilní.^[295] Filmy nanášené z roztoku jsou bezbarvé, lesklé, pevné, ale málo elastické. Optimální koncentrace roztoku pro lepení se pohybuje okolo 5–10 %, výše koncentrované roztoky (testovány roztok od výrobce s koncentrací 27 %, dále 20% roztok) se vyznačovaly vysokým smrštěním při tunutí filmu, který způsobil stržení svrchní vrstvy sádrového povrchu a odlepení filmu. Dalším negativem je rychlé zasychání filmů. Štětcem nanášené roztoky prostředku *Archäocoll 2000N* velmi rychle zasychají a přesné lepení rozlomených částí sádry je velmi komplikované. Pozitivní vlastností filmů na bázi *Archäocoll 2000N* je jejich výborná odolnost vůči působení zvýšené vlhkosti.^[296]

292 SELWITZ, Charles. *Cellulose Nitrate in Conservation*, s. 69.

293 KOOB, Stephen P. The instability of cellulose nitrate adhesives.

294 SELWITZ, Charles. *Cellulose Nitrate in Conservation*, s. 41–47.

295 KOKSTEJNOVÁ, Aneta a Renata TIŠLOVÁ. Testování prostředků pro lepení sádrových artefaktů.

296 Ibidem.

Přibližně od 60. let 20. stol. pronikla do široké škály restaurátorských postupů lepidla na bázi polyesterových a epoxidových pryskyřic, která patří mezi dvousložková lepidla. Obě skupiny lepidel zahrnují širokou škálu polymerů, jejichž složení a vlastnosti jsou dány složením nízkomolekulárních látek (monomerů) použitých při výrobě a dále i mechanismem a podmínkami vytvrzování. Důležitým krokem při jejich zpracování a následně pro finální vlastnosti je dávkování tvrdidla v přesném poměru. Finální struktura polymerů vzniká vytvrzovací reakcí tvrdidla s polymerem, případně s monomery za tvorby zesíťovaného reaktoplastu,^[297] který po vytvrnutí nelze rozpustit běžnými organickými rozpouštědly.^[298] Vedle základních složek mohou být přidávána další aditiva, která ovlivňují vlastnosti polymeru v průběhu vytvrzování nebo vlastnosti výsledného produktu.^[299] Jedná se zejména o přísady plniv, nejčastěji se používá koloidní oxid křemičitý (silika, *Aerosil*) nebo například skleněné mikrokuličky. Modifikace zlepšuje reologické vlastnosti lepidel a patrně může přispívat i ke zvýšení lepivosti.^[300] Vedle výplňových složek mohou tato lepidla obsahovat přísady organických rozpouštědel (snižují viskozitu) nebo plastifikátory přidávané s cílem zlepšit aplikační vlastnosti polymerů. Obě přísady však mohou mít významný vliv na průběh vytvrzování^[301] i výsledné smrštění při vytvrzování lepeného spoje.^[302]

Obě skupiny lepidel (epoxydy i polyesterové) se vyznačují výbornou adhezí k vysoce porézním i méně porézním anorganickým materiálům a vysokou pevností lepeného spoje, čehož se využívá při lepení různých materiálů jako skla, keramiky i různých typů hornin jako mramoru nebo pískovců.^[303] Při použití na sádro, která je podstatně méně pevným a tvrdým materiálem, je však tato skupina lepidel spíše nevhodující. Důvodem je příliš vysoká pevnost lepeného spoje, která je výrazně vyšší než pevnost samotné sádry.^[304] Při kritickém namáhání spoje dochází k porušení sádry mimo vrstvu adheziva, což se může stát i u namáhaného lepeného sádrového odlitku. Pevnost lepeného spoje na rozhraní mezi sádro a adhezivem lze redukovat použitím izolační

297 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 289–306.

298 Epoxidové i polyesterové pryskyřice botnají v chlorovaných rozpouštědlech, vybraných amidech nebo heterocyklických rozpouštědlech, které se vyznačují zdraví škodlivým a většina z nich také karcinogenním účinkem (např. chloroform, dichlormethan, tetrahydrofuran, N,N-Dimethylformamid). Účinek rozpouštědel je velmi pomalý, rozpouštědlo musí proniknout k lepenému spoji.

299 DOWN, Jane L. The yellowing of epoxy resin adhesives: report on natural dark aging.

300 PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility.

301 KOTLÍK, Petr, Ivana PICKOVÁ a Jiří ZELINGER. Sítování epoxidových pryskyřic v přítomnosti rozpouštědel.

302 CROLL, S. G. The origin of residual internal stress in solvent-cast thermoplastic coatings.

303 PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility. SELWITZ, Charles. *Epoxy Resins in Stone Conservation*, s. 21–49.

304 KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování objektů od Stanislava Suchardy sádrové plastiky Karla IV. a plastiky z pálené hlíny. Testování adheziv pro lepení sádrových artefaktů.*

mezivrstvy například z akrylátové pryskyřice *Paraloid B72*,^[305] jejíž přítomnost může zároveň podpořit reverzibilitu lepeného spoje.^[306] Více než pro samotnou sádku jsou tedy z uvedených důvodů epoxidy či polyestery spíše užívány pro lepení kovových nebo sklolaminátových armatur a výztuží v sádře,^[307] ke kterým mají tyto polymery výbornou adhezi. Výhodou některých epoxidových i polyesterových lepidel je jejich okamžitá přidrženost umožňující přesné sestavení spojů bez nutnosti další fixace či zajištění. Vzhledem k barvě filmu (bezbarvá až medově žlutá) se po lepení mění tón sádky v místě lepeného spoje, i když výsledek značně závisí na kvalitě provedené aplikace a použitém prostředku. Pryskyřice lze také barvit pigmenty, barevnost lze ovlivňovat i použitými plnivými. Jednoznačnou nevýhodou je také nižší stabilita epoxidových i polyesterových pryskyřic vůči působení světla. Odolnost různých prostředků se však může výrazně lišit v závislosti na konkrétním složení.^[308] Stárnutí může u některých typů epoxidových pryskyřic probíhat i bez přístupu světla.^[309] Epoxidy dále stárnou vlivem zvýšené teploty. Ačkoliv jsou obě skupiny adheziv vysoce odolné vůči vlhkosti, působení zvýšené vlhkosti nad 70 % RH v běžných teplotních podmínkách vyvolává zhoršení adhezivních vlastností vytvrzeného spoje.^[310]

Významnou skupinu adheziv představují vodou ředitelné disperze buď na bázi akrylátů, nebo vinylacetátů, které díky svým všeobecně dobrým vlastnostem našly použití v mnoha restaurátorských aplikacích včetně lepení. Akrylátové disperze jsou homopolymery nebo kopolymery esterů kyseliny akrylové a metakrylové zpravidla na bázi kopolymerů methylmetakrylátu/ethylakrylátu (MMA/EA), příp. butylakrylátu (BA) a butylmetakrylátu (BMA), které mají výbornou stabilitu.^[311] Vedle základních kopolymerů mohou být disperze modifikovány příměsí aditiv jako biocidů, plastifikátorů nebo zahušťovacích přísad (zpravidla kyselina akrylová). Vyznačují se všeobecně dobrými vlastnostmi, které vyhovují lepení porézních materiálů, jako je sádra či keramika. Jedná se o termoplasty s neutrálním nebo slabě alkalickým pH s proměnlivou velikostí

-
- 305 AMBERS, Janet. *Holding it All Together: ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation*. JORJANI, Mersedeh, George WHEELER, Carolyn RICCARDELLI, Winston O. SOBOYEJO a Nima RAHBAR. An evaluation of potential adhesives for marble repair.
- 306 PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility.
- 307 GASCA MIRAMÓN, Judit, Angeles SOLÍS PARRA a Silvia VIANA SÁNCHEZ. La restauración de los vaciados en yeso de la colección Velázquez, k lepení str. 275–276.
- 308 TENNENT, Norman H. Clear and Pigmented Epoxy Resins for Stained Glass Conservation: Light Ageing Studies.
- 309 DOWN, Jane L. Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation.
- 310 LEFEBVRE, D. R., P. R. ELLIKER, K. M. TAKAHASHI, V. R. RAJU a M. L. KAPLAN. The critical humidity effect in the adhesion of epoxy to glass: role of hydrogen bonding.
- 311 DOWN, Jane L. Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation.

částic, která ovlivňuje použití disperzí v restaurování. Pro lepení se obecně hodí spíše typy s větší velikostí částic, které nemají tendenci pronikat do porézní struktury. O využití akrylátových disperzí jako lepidel dále rozhoduje viskozita disperzí a další vlastnosti jako minimální filmotvorná teplota a teplota skelného přechodu (T_g), které jsou oproti jiným polymerům poměrně nízké, zpravidla nižší než 40 °C.^[312] Disperze běžně užívané pro lepení mají teplotu skelného přechodu nižší, než je pokojová teplota, zpravidla okolo 10–15 °C.^[313] Disperze mají řadu vlastností, které vyhovují požadavkům na lepení porézních materiálů, jako je sádra či keramika. Nejčastěji užívané akrylátové disperze jsou polární (polaritu ovlivňuje složení polymeru) a dobře smáčí povrchy anorganických materiálů včetně sádky, vytvořené filmy jsou poměrně houževnaté a po vyschnutí jsou odolné vůči působení vody a vlhkosti. Disperze *Plextol B 500*, která se původně využívala zejména pro rentoaláže obrazů, našla své využití i v restaurování sádkových objektů.^[314] Velmi dobré výsledky při lepení sádky vykazuje akrylátová disperze *Acrylkleber 498 HV*, která si po vytvrzení částečně uchovává jistou elasticitu a pevnost lepeného spoje se blíží pevnosti sádky. *Acrylkleber* má dobré aplikační vlastnosti a spoj je i po delší době snadno reverzibilní.^[315]

Polyvinylacetátové (PVAC) disperze se v restaurování začaly používat v polovině 20. století jako adheziva pro nažehlování obrazů a jejich užití se postupně rozšířilo do oblastí restaurování textilu, papíru, nástěnné malby, keramiky aj. Kvůli změnám vlastností v průběhu stárnutí (žloutnutí, rozkladu za uvolnění kyseliny octové, postupnému síťování) se však od konce 20. století od jejich použití postupně upouští.^[316] PVAC disperze jsou v současnosti nejčastěji kopolymery vinylacetátových monomerů. Nedílnou součástí většiny PVAC disperzí tvoří také ochranné koloidy (například polyvinylalkohol či ethery celulózy), které zásadním způsobem ovlivňují i vlastnosti PVAC filmů, zejména zvyšují rozpustnost ve vodě jinak ve vodě nerozpustného PVAC polymeru. Pro lepení sádkových artefaktů je možné využít například polyvinylacetátové vodné disperze s obchodními názvy *Mowilith* a některé disperze z řady *Dispercoll*. Polyvinylacetáty mají tu výhodu, že jsou velmi polární, což umožňuje jejich dobrou adhezi i k sádře. Mají však nízkou teplotu skelného přechodu, a proto jsou za běžných teplot poměrně měkké, při zvýšených teplotách může docházet k redukci pevnosti filmů.

-
- 312 HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, s. 168–171.
- 313 Pro sádku testovaný *Acrylkleber 498HV* (kopolymer s obsahem BMA) se vyznačuje T_g 13 °C a MFT 5 °C, *Plextol D500* (MMA/EA) má T_g 9 °C a MFT 7 °C. Informace získané z: <https://lascaux.ch/en/products/restauro/adhesives-and-adhesive-wax>.
- 314 FRANCESCHINI, Marianna a Cristina NORDIO. Endimione dormiente: diagnosi e restauro.
- 315 KOKSTEJNOVÁ, Aneta a Renata TIŠLOVÁ. Testování prostředků pro lepení sádkových artefaktů.
- 316 DOWN, Jane L. The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: A final research update.

Pro sádku málo odzkoušenou skupinu adheziv, která však našla široké využití při lepení a konsolidaci jiných porézních anorganických materiálů, představují polyvinylbutyraly (PVB). PVB jsou polymery, které patří do skupiny poly(vinylacetalů). Kvůli vysoké teplotě skelného přechodu (zpravidla okolo 60–70 °C) jsou polymery často modifikovány přísadami plastifikátorů, které snižují T_g . Polymery na bázi PVB jsou termoplasty využívané zejména v průmyslových aplikacích jako lepidla a pojiva nátěrů, ale i například při laminaci skel. V restaurování se hojně využívaly zejména v 80. a 90. letech 20. století při restaurování (lepení i konsolidaci) archeologické keramiky, kostí^[317] nebo dřeva^[318]. Pro restaurování sádky nejsou příliš rozšířené a účinek PVB lepidel na sádku nebyl dosud systematicky ověřen, i když vlastnosti by mohly pro lepení sádky vyhovovat. Dohledané studie hodnotí lepení pomocí PVB adheziv velmi rozporupně a patrně velmi závisí na složení prostředku.^[319] U prostředku *Mowital B 60 HH* testovaného například v koncentraci 5 a 10 % byly při aplikaci na sádku pozitivně hodnoceny dobrá lepidivost, optimální viskozita pro nanášení a propustnost, k negativům patří horší aplikační vlastnosti a nižší tvrdost.^[320] Poměrně nedávno publikovaná zpráva o restaurování sádkového odlitku také popisuje použití PVB adheziv *Butvar B-98* a *B-76* s mírně odlišnými vlastnostmi. Pro lepení sádky autor doporučuje spíše *B-76* v koncentraci 20–25% roztoku v ethanolu, nižší koncentrace jsou pro lepení nedostatečné a hodí se údajně spíše pro konsolidaci. Vysoce koncentrované roztoky jsou naopak příliš viskózní a obtížně se nanášejí. Roztok *Butvaru B-76* se vyznačuje při dané koncentraci optimální viskozitou pro aplikaci, po vytvrzení dostatečnou pevností (nižší v porovnání s *B-98*) i dobrou rozpustností po nanesení. Nespornou výhodou těchto materiálů je možnost propojení lepení i strukturální konsolidace sádky jedním typem materiálu. Naopak negativem je citlivost materiálu na vlhkost již při přípravě roztoku – vliv vlhkosti vyvolává zakalení roztoku jako důsledek srážení polymeru.^[321] Vlastnosti dané skupiny polymerů jsou zase zásadně ovlivněny jejich složením. Obecně nejsou polyvinylbutyraly rozpustné ve vodě, ale v organických polárních rozpouštědlech jako nižších alkoholech, ketonech nebo esterech. Rozpustnost

317 JOHNSON, Jessica S. Consolidation of Archaeological Bone: A Conservation Perspective.

318 UNGER, Achim, Arno P. SCHNIEWIND a Wibkw UNGER. *Conservation of wood artifacts: a handbook*, s. 451–452.

319 Mowital B60HH®, 20% v ethylacetátu: ethanolu 50:50 – CASSIER, Jeanne. *Etude et restauration d'un moulage en plâtre patiné d'un bas-relief d'Angkor-Vat (musée national des arts asiatiques-Guimet, Paris). Etude pour la solidification d'une structure de renfort par l'intermédiaire de fibre de verre imprégnée d'un adhésif*.

320 DUPIRE, Juliette Robin. *Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin. Autoři neuvádějí, jak byly vlastnosti testovány, tvrdost filmu polymeru souvisí do jisté míry s T_g a obsahem zbytkového rozpouštědla. T_g polymeru Mowital B 60 HH je dle technického listu 65 °C a nedostatečná tvrdost může být tedy spíše ovlivněna nesprávným hodnocením vlastností filmu, kdy je možné, že neuplynula dostatečná doba pro odpaření rozpouštědla. (o vlivu rozpouštědla na vlastnosti filmu jsme psali dříve).*

321 SHOCKEY, L. Hugh. Structural Repair of Plaster Sculpture Using Polyvinyl Butyral Resin.

polymerů značně závisí na obsahu hydroxylových skupin, tj. obsahu polyvinylalkoholu.^[322] Obsah hydroxylových skupin ovlivňuje i teplotu skelného přechodu. Vyšší obsah hydroxylových skupin zvyšuje hodnotu T_g ^[323] a při použití v normálních podmínkách interiéru bude polymer vytvářet spíše pevné a málo elastické spoje, nicméně pevnosti spojů lepených pomocí PVB dosud nebyly na sádkě systematicky studovány. Díky obsahu hydroxylových skupin se polymery vyznačují nižší odolností vůči působení vlhkosti, která kromě snížení lepidivých schopností snižuje teplotu skelného přechodu.^[324] Polymery mají dobré optické vlastnosti, zpravidla jsou bezbarvé nebo jen mírně nažloutlé. Z hlediska působení světla jsou relativně stabilní, i když mají tendenci pomalu žloutnout. Při normálních teplotách se nesnižuje jejich rozpustnost, čímž je zajištěna jejich dlouhodobá odstranitelnost. Odolnost vůči působení UV záření se zhoršuje při zvýšených teplotách, zvláště při teplotách nad T_g polymeru.^[325]

Do skupiny adheziv, která lze v určitých případech využít při lepení porézních materiálů včetně sádky, patří i tzv. teplem tavitelná lepidla. Jedná se o skupinu termoplastických lepidel, která jsou rozšířena v mnoha průmyslových aplikacích orientovaných pro lepení široké škály materiálů včetně plastických obalů, kartonu, kovů, izolačních i stavebních materiálů (dřeva, plastů).

Z chemického hlediska se nejčastěji jedná o kopolymery vinylacetátu a jiných polymerů (například polyamidů, polyurethanu, polyolefinů aj.), který modifikuje vlastnosti lepidla v průběhu tuhnutí i lepidivý účinek po vytvrzení. Další významnou skupinu tavných lepidel tvoří i samotné polyolefiny (nejčastěji na bázi polyethylenu či polypropylenu) nebo jejich kopolymery, které se vyznačují dobrými lepidivými schopnostmi a zpravidla nižší molární hmotností v porovnání s ethylvinylacetátovými (EVAc) typy.^[326] Zvláštní skupinu tavných lepidel tvoří tzv. reaktivní tavná lepidla (na bázi polyurethanů), která se nanášejí ve formě taveniny, a následný adhezivní efekt nastává druhotně vlivem vzdušné vlhkosti, účinkem které dochází na lepeném povrchu materiálu k polykondenzaci. Posledním typem tavných lepidel jsou tzv. přilnavá tavná lepidla (PSA – pressure sensitive adhesives), která zůstávají za normálních podmínek

322 CARROT, Christian, Amine BENDAOUD a Caroline PILLON. Polyvinyl Butyral.

323 Např. Butvar® B-79 (Eastman) s obsahem hydroxylových skupin 11–13,5 % se vyznačuje T_g 62–72 °C, Butvar® B-98 s obsahem těchto skupin okolo 20 % má T_g vyšší 72–78 °C. Viz <https://www.eastman.com/Products/Pages/ProductList.aspx?categoryName=Polyvinyl+Butyral-Resins>.

324 CARINI, Giovanni, Antonio BARTOLOTTA, Giuseppe CARINI, Giovanna D'ANGELO, Mauro FEDERICO a Gaetano DI MARCO. Water-driven segmental cooperativity in polyvinyl butyral.

325 FELLER, Robert L., Mary CURRAN, Val COLALUCA, John BOGAARD a Catherine BAILIE. Photochemical deterioration of poly(vinylbutyral) in the range of wavelengths from middle ultraviolet to the visible.

326 ROLANDO, T. E. *Solvent-Free Adhesives*.

trvale lepivá z důvodu velmi nízké teploty skelného přechodu). K vytvoření spoje dochází až při vyvinutí dostatečného přitlačného tlaku, který spojí lepidlo a lepený povrch. Z této skupiny PSA lepidel je na trhu několik typů s dlouhodobým i krátkodobým (odnímatelným) účinkem s nižší pevností, které by bylo možné v některých případech (spíše krátkodobého či dočasného) lepení sádry odzkoušet. Zcela současnou novinkou jsou akrylátová přilnavá tavná lepidla, která polymerizují vlivem UV záření a při normálních podmínkách si zachovávají trvale lepivé vlastnosti se středně vysokou odolností při zatížení v tahu, smyku nebo odtrhu. Kromě základních složek mohou být do lepidel přidávána další aditiva ovlivňující jejich lepivé účinky nebo teplotu tavení, například vosky, škroby.

Účinek tavných lepidel spočívá v převodu pevného kopolymeru do taveniny zahřátím na teplotu okolo 200 °C (v závislosti na složení, existují i typy tzv. nízkoteplotních tavných lepidel, u nichž probíhá tavení i při teplotách pod 100 °C). Tavení se při užívání běžně provádí pomocí tavné pistole s vyhřívanou tryskou, kam se mechanicky tlačí tyčinka (patrola) tuhého lepidla. Roztavené lepidlo se nanáší na čistý a odmaštěný povrch, na kterém zpravidla dochází během několika sekund k ochlazení roztaveného polymeru a jeho ztuhnutí. Během této krátké doby je nutné provést přesné slepení oddělených částí a stlačení spoje, které zajistí dobré spojení materiálu a adheziva. Delší dobou zpracovatelnosti (v řádu několika minut) se vyznačují tavná lepidla s obsahem amorfních polyolefinů, která se chovají podobně jako roztoková adheziva.

I přes jednoduchou aplikaci, dostatečné lepivé schopnosti na různé typy materiálů a nízkou cenu lepidel, nenašla prozatím tavná lepidla širší použití v restaurování uměleckých děl. Nevýhodou je zmiňovaná krátká doba zpracovatelnosti lepidla a vysoká viskozita lepidla po roztavení, které obecně znesnadňují přesnou práci s těmito lepidly a prakticky neumožňují lepení rozměrnějších částí a ploch. Viskozita navíc ovlivňuje tloušťku filmu, která je často vzhledem k nutnosti přesného sesazení i u nízkoviskózních typů stále nepřijatelná. Z těchto důvodů lze tavná lepidla spíše využít pro krátkodobé použití, například pro dočasné sestavování střepeň, kdy není možné lepený spoj fixovat a tavné lepidlo nám může zajistit krátkodobý podpůrný spoj, než vytvrde použité adhezivum. Při odstranění lepidla se využívá jeho termoplastických vlastností – v případě nutnosti rozebrání spoje se spoj zahřeje nebo se užívá běžných organických rozpouštědel.³²⁷ Diskutabilní je také vystavení lepených objektů krátkodobým teplotním šokům, které mohou teoreticky negativně ovlivnit vlastnosti sádry nebo jiných použitých materiálů v okolí aplikace.

V oblasti restaurování uměleckých děl jsou v současnosti využívána i tavná lepidla na bázi kopolymerů ethylenu a vinylacetátu. Nejrozšířenějším komerčním adhezivem tohoto typu jsou materiály *BEVA 371* a disperze *BEVA Gel*, které byly primárně vyvi-

nuty pro lepení jiných materiálů než sádry.³²⁸ Základ adheziva *BEVA 371* tvoří EVAc kopolymer, ketonová pryskyřice a parafín rozpuštěné ve směsi alifatických a aromatických rozpouštědel. Pro rozpouštění prostředku *Beva 371* se nejčastěji používá toluen, xylen nebo technický benzín (v alkoholech se nerozpouští). Primárně se *Beva* používá k dublování plátna a konsolidaci barevné vrstvy.³²⁹ Film je průhledný a bezbarvý s dobrou elasticitou a chemickou stabilitou. Prostředek je reverzibilní, neboť vlivem času nesítuje a zůstává proto rozpustný. *BEVA 371* méně vyhovuje z hlediska hygieny práce (přítomnost aromatických rozpouštědel). Nižší polarita se může negativně projevit na slepeném spoji a při dalších úpravách v rámci restaurování – komplikované provedení retuší vodorozpustnými systémy barev nebo dotmelení slepených spojů minerálními typy tmelů.

BEVA Gel je vodná disperze – směs EVAc kopolymeru a akrylových pryskyřic dispergovaných ve vodném roztoku esterů celulózy. Vznikl jako vodou ředitelná alternativa k tradičnímu produktu *BEVA 371*. Má vynikající přilnavost, dovoluje snadné, přesné a pevné spojení různých typů povrchů, a to již za studena, teplem je dále tavitelná.³³⁰ *BEVA Gel* má krémovitou konzistenci a světlou, mírně nažloutlou barvu. Před aplikací je nutné prostředek dobře promíchat, neboť se jednotlivé složky prostředku oddělují. Mléčně zbarvené filmy vytvořené z prostředku *BEVA Gel* jsou díky složení citlivé na vlhké prostředí (stejně jako *BEVA 371*), ve kterém mohou podléhat hydrolyze, při které se uvolňuje kyselina octová.³³¹ Ve vlhkém prostředí dochází také k botnání a zvyšuje se riziko napadení mikroorganismy.³³²

Skupinou adheziv, která se používají pro lepení sádry spíše okrajově, jsou ethery celulózy. Tyto polymery jsou odvozené od celulózy a vznikají substitucí jejích hydroxylových skupin. Rozpustnost jednotlivých typů etherů celulózy se liší v závislosti na typu substituentu a míry substituce. Například pro lepení sádry odzkoušený komerční prostředek *Klucel G* (hydroxypropylcelulóza – HPC)³³³ se běžně rozpouští ve studené vodě (nikoliv však v teplé) a v dalších polárních rozpouštědlech (alkoholech, ketonech), druhý pro lepení sádry testovaný derivát methylcelulóza se rozpouští ve studené vodě (nikoliv v teplé), dále pak ve směsi voda/ethanol (1:1). Vzhledem k vysoké viskozitě se používají v nízkých koncentracích (2–4 %).³³⁴

328 BERGER, Gustav. Art adhesive needs stability, reversibility, compatibility.

329 PLOEGER, Rebecca, Chris W. MCGLINCHEY a E. René DE LA RIE. Original and reformulated BEVA® 371: Composition and assessment as a consolidant for painted surfaces.

330 BERGER, Gustav. Art adhesive needs stability, reversibility, compatibility.

331 BERGER, Gustav. Testing Adhesives for the Consolidation of Paintings.

332 KOKSTEJNOVÁ, Aneta a Renata TIŠLOVÁ. Testování prostředků pro lepení sádrových artefaktů.

333 DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.

334 FELLER, Robert L. a Myron WILT. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*, s. 26.

327 HRDLIČKA, Zdeněk. Kaučuková, tavná a kyanoakrylátová lepidla.

Ethery celulózy lze využít v mnoha restaurátorských aplikacích. Pokud se v této kapitole omezíme na jejich využití jako adheziv, využívají se převážně při restaurování papírových dokumentů, knižní vazby, kůže a minoritně jiných materiálů jako textilu, dřeva³³⁵ nebo například papírmaše.³³⁶ Pouze výjimečně lze najít zmínku o použití etherů celulózy pro lepení porézních materiálů jako sádry, a to i přesto, že případové studie vyhodnocují tyto látky pro sádku velmi pozitivně.³³⁷ V citované studii byly testovány dva typy etherů celulózy – *Klucel G* a methylcelulóza, použité jako vodné nebo vodno-ethanolové roztoky adheziv ve dvou koncentracích (2 a 4 %). Zvláště roztoky o koncentraci 4 % byly vyhodnoceny jako nejlepší ze skupiny jiných testovaných adheziv (ve srovnání s *Paraloidem B72*, *PVB*). Podle publikovaných výsledků mají testované prostředky velmi dobré aplikační vlastnosti zejména díky konzistenci roztoku. Pozitivně jsou hodnoceny i další vlastnosti jako odpovídající pevnost lepeného spoje, paropropustnost spoje a výborné optické vlastnosti adheziva.³³⁸ Informace o pevnosti se však v literatuře značně rozcházejí; ethery celulózy jsou celkově spíše hodnoceny jako slabší adheziva, jejichž lepidivé vlastnosti se musí zvyšovat přidáním dalších látek jako škrobu nebo PVAC disperzí.³³⁹ Zásadní nevýhodou těchto adheziv je jejich hygroskopicita v prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí díky vysokému obsahu hydroxylových nebo karboxylových skupin a schopnosti tvořit vodíkové můstky. Vyšší hygroskopicitou se obecně vyznačují typy etherů celulózy s obsahem karboxylových skupin COO⁻ (CMC – nebo CEC, tj. karboxymethyl-, respektive karboxyethylcelulóza), které vytváří s vodou stabilní hydráty. Obsah vlhkosti ve výsledku ovlivňuje mechanické vlastnosti lepeného spoje.³⁴⁰ Další nevýhodou je nižší odolnost proti biologickému napadení, zvláště u méně etherifikovaných typů. Tento nedostatek řeší výrobci přidávkem přísad, které mikrobiologickou odolnost zvyšují.

8.4.3 Případové studie lepení sádrových odlitků

Vybrané případové studie představují škálu mechanických poškození, která mohou být v rámci procesu restaurování sádrových děl řešena. Popisované postupy ilustrují různé varianty přichycení, lepení, případně armování lepeného spoje.

335 FELLER, Robert L. a Myron WILT. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*, s. 101–104, Appendix B.

336 ROCCO, Fabiola. A multidisciplinary approach to the study and conservation of the contemporary Sarah Lucas' paper-maché sculpture *Love Me*.

337 DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.

338 Ibidem.

339 FELLER, Robert L. a Myron WILT. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*, s. 101–104.

340 Ibidem s. 26–29.



8.4.1. Detail plastiky alegorie Nebezpečí před restaurováním. Odložené jsou části rukou a kohouta. (foto: V. Douša)

První příklad představuje model alegorie Nebezpečí od Stanislava Suchardy.³⁴¹ V důsledku nevhodného způsobu uložení a neodborné manipulace došlo v minulosti k odlomení několika větších částí, přičemž některé fragmenty se nedochovaly (**obr. 8.4.1**). Při restaurování bylo třeba dochované fragmenty opětovně připevnit a vyřešit způsob doplnění chybějících částí.

Ke slepení oddělené ruky byla použita akrylátová disperze *Acrylkleber 498 HV* bez použití podpůrných armatur nebo výztuží. Samotné aplikaci lepidla předcházela penetrace zředěným adhezivem, které bylo připraveno z akrylátové disperze *Acrylkleber 498 HV* zředěním vodou v poměru 1 díl prostředku a 2 díly vody (odpovídá koncentraci přibližně 13% disperze). Penetrace byla nanášena štětcem na obě lomové plochy slepovaných částí, napenetrovaný povrch se ponechal zaschnout. Samotné lepení bylo provedeno prostředkem *Acrylkleber 498 HV* o koncentraci 20 hm. % sušiny, který se nanášel na oba oddělené fragmenty špachtlí. Slepované fragmenty byly zajištěny fixačním pásem, podloženým měkkou podložkou *Mirelon* po dobu 48 hodin (**obr. 8.4.2**).

341 Restaurování plastiky bylo provedeno BcA. Václavem Doušou, viz DOUŠA, Václav. *Restaurátorská dokumentace: Sádrová plastika alegorické postavy Nebezpečí/Oheň od Stanislava Suchardy*.

Vedle lepení originálních fragmentů bylo třeba osadit i nově modelované doplňky provedené nejprve v hlíně a následně odlité v sádře. Protože se jednalo o doplňky volně modelované (bez dochované předlohy) bylo lepení originálních fragmentů provedeno tak, aby byla zachována jejich jednoduchá odstranitelnost v případě změny koncepce nebo nahrazení tvarově odlišným doplňkem. Při fixaci doplňků byly zvoleny stejné materiály i postup při jejich aplikaci (penetrace – aplikace adheziva). Odlišnost však spočívala v nanášení adheziva, které bylo pro snazší odstranitelnost aplikováno nikoli celoplošně, ale pouze v bodech.



8.4.2. Průběh lepení ruky, zajištění textilním upínacím pásem a měkkou podložkou. (foto: V. Douša)



8.4.3. Stav plastiky po restaurování. (foto: V. Douša)



8.4.4. Poškozený sádrový odlitek plastiky Karla IV. Stav díla před restaurováním. (foto: A. Kokstejnová)

Druhým případem je restaurování sádrové plastiky Karla IV., při kterém bylo provedeno lepení odlomených fragmentů a zároveň nově vytvořených doplňků.^[342] Na odlitku byly patrné různé stupně mechanického poškození od drobnějších oděrek až po odlomení větších částí. Jednalo se především o oddělení hlavy s krkem a velké části plintu. Odlomená hlava s krkem se dochovala jen částečně a její osazení ke zbytku odlitku nebylo možné provést, neboť styčná plocha byla velmi malá. Tloušťka tohoto odlitku se na jednotlivých částech lišila, v nejtenčích místech byl střeš silný pouze pár milimetrů, což komplikovalo jednak vytváření modelovaného doplňku a jednak lepení. Poškození ve spodní části znemožňovalo postavení sochy. Značná část plintu se bohužel nedochovala a bylo nutné provést jeho rekonstrukci.

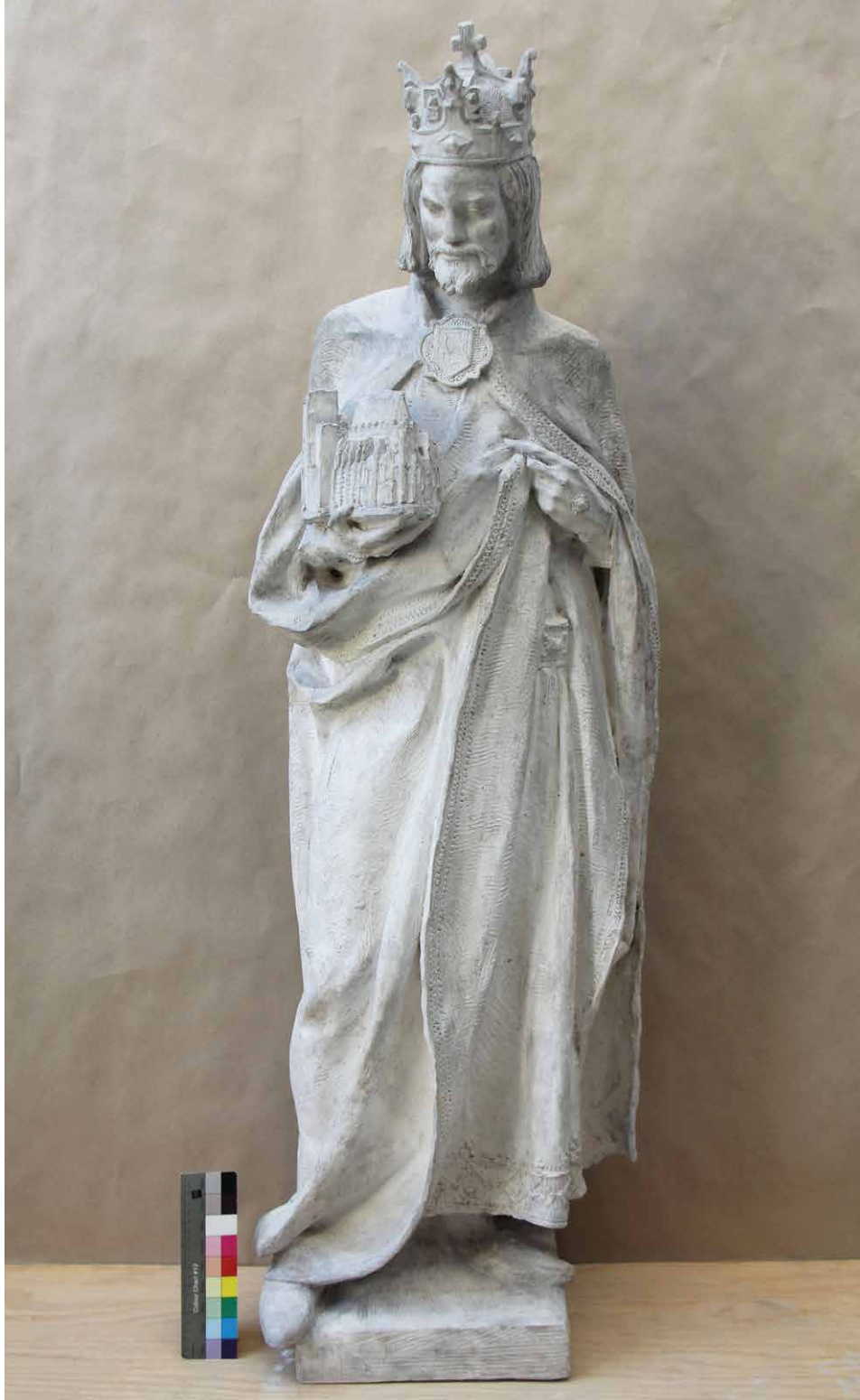


8.4.5. Průběh lepení. Vztyčení plastiky a provizorní uchycení oddělené hlavy pomocí vsazení plastové trubky. (foto: A. Kokstejnová)



8.4.6. Průběh lepení. Přilepení oddělených fragmentů a nově vytvořených doplňků. (foto: A. Kokstejnová)

342 KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování objektů od Stanislava Suchardy sádrové plastiky Karla IV. a plastiky z pálené hlíny. Testování adheziv pro lepení sádrových artefaktů.*



8.4.7. Stav plastiky po restaurování. (foto: A. Kokstejnová)

Dříve než mohla být osazena hlava plastiky, bylo třeba nejprve zhotovit doplněk chybějící části, aby byla zajištěna dostatečná styčná plocha pro lepení. Dochovaný fragment hlavy byl zafixován ve správné pozici nasazením na PVC trubku, která byla dočasně uchycena v dutém odlitku. Poté byla namodelována a odlita chybějící část hlavy a krku. Po vyschnutí nového odlitku byly slepeny fragmenty originálu a doplněk do jednoho celku a po zaschnutí adheziva (cca 24 hodin) byla celá část hlavy přilepena k torzu sochy. Před samotným lepením byla na plochy štětcem aplikována přípravná penetrační vrstva akrylátové disperze *Acrylkleber 498 HV* ředěná v poměru 1:2 s vodou, která měla zajistit dobré propojení s lepidlem. Po zaschnutí byly dochované a nově odlité části přilepeny disperzí *Acrylkleber* v poměru 1:1 s vodou (ca 20 % hm. sušiny). Adhezivum bylo na lepenou plochu aplikováno rovnoměrně špachtlí v přibližné tloušťce do 1 mm.

V případě doplňku plintu, který nesl váhu celé sochy a zajišťoval její stabilitu, bylo přistoupeno k užití čepu pro posílení spoje. Byl použit sklolaminátový čep, který byl připevněn dvousložkovou epoxidovou pryskyřicí *Akepox 5010*. Následně byl celý doplněk přilepen obdobným způsobem jako hlava pomocí adheziva *Acrylkleber 498HV*. V tomto případě byla zvolena kombinovaná technika lepení, kdy bylo nutné použít dva typy adheziv.

Dalším zajímavým příkladem poškození a řešení lepení je polychromovaný sádrový odlitek plastiky Nejsvětější srdce Ježíše Krista z kostela sv. Petra a Pavla v Korouhvi. Plastika byla po pádu rozlomena na nespočet velkých i drobných fragmentů, přičemž část fragmentů byla ztracena (**obr. 8.4.8**).

Před započítím lepení byly drobné fragmenty nejprve roztříděny podle barevnosti polychromie a tvaru pro lepší orientaci. Následně probíhalo dohledávání návaznosti mezi jednotlivými fragmenty a jejich přiřazení do větších celků. Proces sestavování a dohledávání návaznosti fragmentů značně usnadnily fotografie analogického odlitku, který se podařilo dohledat. Sestavování a postupné lepení bylo prováděno z jednoho místa, a to ve směru od plintu plastiky k hlavě. Pro přidržení střepe v požadované poloze byly užity různé svorky, pérka, stahovací pásy. V případě menších střepe se velmi osvědčily zadržovací pásy s ozubením (tzv. elektrikářské pásy).

Pro lepší orientaci byly nejprve drobné fragmenty spojovány do větších celků, ale hrozilo, že v konečném lepení vznikne posun, ať už drobnou chybou v lepení nebo kvůli deformaci sádrových střepe (k deformaci dochází u sáder, které jsou po delší dobu skladovány v nevhodném prostředí). Při restaurování bylo nutné někdy i několikrát lepený spoj rozebírat a z tohoto důvodu bylo třeba zvolit adhezivum, které umožňuje rozebrání spoje bez poškození originálu.



8.4.8. Stav před započatím restaurátorských prací. Dílo bylo dochováno ve fragmentárním stavu, rozbito na desítky kusů. (foto: V. Douša)

Pro zajištění plastiky bylo nutné vytvořit vnitřní zpevňující konstrukci ze čtyř měděných trubiček. Měď byla zvolena kvůli snadné ohybatelnosti umožňující přesně kopírovat vnitřní stěny sádrového odlitku (**obr. 8.4.9**). Armatury byly odspodu lepeny k vnitřním stěnám, postupně budovaným z fragmentů odlitku. Jednotlivé trubičky byly v určité výšce spojeny měděným drátem a zality do sádrového prstence, čímž vznikl další podpůrný systém v podobě sádrových žeber. Pro uchycení armatur k sádře byla zvolena dvousložková epoxidová pryskyřice *Akepox 5010*, kterou byly trubičky přilepeny v bodech. Pro lepení velkého množství sádrových fragmentů se osvědčilo akrylátové disperzní lepidlo *Acrykleber 498 HV*, které umožňuje opětovné rozebírání spojů v případě zjištění, že došlo k posunu lepených částí nebo jejich chybnému sesazení. Zároveň zvolené adhezivum vykazovalo dostatečnou pevnost slepených částí. Pro spojení fragmentů, které na sebe přesně nedoléhaly, bylo možné do lepidla přimíchat plnivo (drcenou sádro) tak, aby se dosáhlo hustší konzistence umožňující překlenout větší vzdálenosti mezi střepy.

Tam, kde je nutné vyplnit otvory po chybějících fragmentech, je pro přemostění mezery mezi fragmenty možné použít různé armovací síťované materiály, jako je například juta, gáza, případně síťka ze skelného vlákna. V tomto případě byla použita perlinka, která byla pomocí sádry přichycena z vnitřní strany odlitku přes otvor, a na takto připravený podklad mohlo být provedeno další tmelení. Kvůli snadnější dostupnosti byl tento postup prováděn průběžně, jak se postupně sestavovaly střepy.



8.4.9. Průběh lepení. Detail konstrukce z měděných trubiček, perlinky a sádrových prstenců. (foto: V. Douša)

8.4.10. Průběh lepení. Postupné sestavování jednotlivých fragmentů sochy s podpůrným systémem trubiček a sádrových žeber. (foto: V. Douša)



8.4.11. Stav po sestavení, slepení a doplnění díla. (foto: V. Douša)

Další příklad, kdy bylo při restaurování potřeba zajistit dílo rozlomené na několik částí, představuje skica náhrobku Karla Vojáčka od Stanislava Suchardy.^[343] Odlitek se nacházel v Suchardově pozůstalosti a v minulosti došlo k odlomení nápisové desky, která se roztříštila na několik větších i menších fragmentů (**obr. 8.4.12**). Zároveň byla ulomena hlavička figury mládence a na povrchu se nacházela řada menších oděrek způsobených patrně otěrem o jinou sádrovou plastiku. Fragmenty rozlomeného pozadí byly vystaveny odlišným podmínkám uložení, a proto byl charakter jejich poškození odlišný. Působením vlhkosti došlo k deformaci některých úlomků a několik fragmentů zcela chybělo.

Před vlastním lepením byly očištěny styčné plochy plastickou gumou. Konsolidace sádry v tomto případě nebyla nutná, proto byly lepené plochy pouze ošetřeny 2% bílým šelakem kvůli omezení penetrace lepidla. Jednotlivé fragmenty byly nejprve nasucho sestaveny na rovnou desku, přičemž vyrovnávání návaznosti fragmentů probíhalo pomocí podložek a klínů. Sestavení na sucho umožnilo vyhodnotit, nakolik k sobě jednotlivé díly dosedají a rozsah chybějících částí. V návaznosti na tyto informace byly definovány požadavky na adhezivum. Postupným slepováním jednotlivých fragmentů byla deska lepena do celku pomocí lepidla *Acrylkleber 498 HV*. V případě, že na sebe prvky zcela nedoléhaly, se ukázala jako značná výhoda pastózní konzistence lepidla, které bylo nanášeno neředěné. Adhezivum bylo nanášeno na obě lepené plochy a následně byly k sobě lepené části přitlačeny a zajištěny svorkami. Takto byly nejprve slepeny menší fragmenty k sobě v horizontální poloze a následně byla celá odlomená část pozadí přilepena ke zbytku originálu (tentokrát již ve vertikální poloze). Přestože došlo k zatuhnutí adheziva cca do 30 minut, byl v případě větších fragmentů mezi jednotlivými kroky lepení ponechán odstup 24 hodin, aby byla zajištěna dostatečná pevnost lepeného spoje.

Vzhledem k relativně malým styčným plochám lepených spojů, které byly dány malou tloušťkou sádrového střepu, bylo nutné lepený spoj podpořit podpůrnou konstrukcí v podobě sádrových pásů.^[344] Pásky byly rozvrženy tak, aby pokrývaly všechny lepené spoje. Povrch sádry byl před nanášením sádry separován aplikací 4% roztoku šelaku, aby bylo možné pásky v případě potřeby odstranit bez narušení originálního povrchu.

Sádrové pásky napomohly také k vyplnění chybějících částí, kdy byly defekty přetaženy ze zadní strany sádrovým pásem, na který bylo poté možné zepředu provést doplnění modelace.

343 Restaurování sádrové plastiky realizovala Kateřina Šibravová, viz: ŠIBRAVOVÁ, Kateřina. *Sádrová plastika návrhu náhrobku Karla Vojáčka od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace*.

344 Sádrové pásky Safix® plus (rychloobvazy) se primárně používají ve zdravotnictví k sádrové fixaci. Výrobce je společnost HARTMANN – RICO a.s.



Vedle lepení oddělených částí lze při restaurování využít i jiné dočasné nebo snadno rozebratelné postupy. Rozměrnější či komplikované sádrové plastiky byly ve štukatérských dílnách odlévány po částech. Následně byly spojovány na kovové trny s vnější fixací kovovými sponami, případně byly fixovány tzv. klečováním (lepení pomocí nanesení bodů mírně zatuhlé sádry). Časté je také spojování jednotlivých dílů na sucho. K tomu byly vytvořeny speciální zámky, případně zámky se závlačkami. Tyto spoje byly většinou precizně vymyšleny štukatéry a umožňují vystupující části odlitku demontovat, například pro jednodušší transport, a následně opět sestavit. Tyto suché spoje by při restaurování neměly být slepovány, neboť dojde ke ztrátě informace o štukatérské technice spojování a ztížení případného transportu.

S technikou sesazení na sucho je možné se setkat i v současné době zejména u konzervačních zákroků, které jsou často prováděny v muzejních expozicích. Tradičně se využívá sesazení a upevnění částí pomocí kovového čepu, který je vsazen do trubicek upevněných do spojovaného materiálu. Spojené díly u sebe poté drží pomocí čepu a vlastní vahou objektu. Tato technika je velmi náročná na přesnost a provedení a vyžaduje většinou zásah do originálu.^[345]

Další zajímavou možností sesazení suchou metodou bez lepení je využití přitažlivých sil magnetů. Spojení pomocí magnetů umožňuje snadné rozebrání spoje při transportu nebo přenášení.

Podle hmotnosti osazovaných doplňků je možné vybrat optimální přídržnou sílu a tvar magnetu. Magnety se upevňují na obě spojované části, přičemž na originál se magnety nalepí na lomovou plochu a do doplňku se magnety zapustí, tzn., že se v doplňku vytvoří lůžko, kde se oba magnety budou spojovat. Lepení magnetů je vhodné provést taktéž reverzibilním materiálem, zvláště v případě osazení na originální povrch. Pro menší magnety je možné použít neředěné akrylátové lepidlo *Acrylkleber 498 HV*, případně s předchozím vytvořením adhezivního můstku – nanesením epoxidového lepidla na magnet a následným vtisknutím kousků drcené sádry. Pro vytvoření pevnějšího spoje je po předběžné úpravě originálního povrchu reverzibilní separační vrstvou (například 20% lepidlem *Acrylkleber 498 HV*) možné použít i lepidla na polyesterové, epoxidové kopolymerové nebo kyanoakrylátové bázi.

345 VOLÁKOVÁ, Šárka a Jakub ĎOUBAL. *Metoda přesného zaměření čepu při čepování: Didaktický návod.*



8.4.13. Stav po slepení a doplnění chybějících míst. Na zadní straně jsou vidět zajišťující sádrové pásy. (foto: K. Šibravová)

Postup osazení nových částí pomocí magnetů byl použit při restaurování sádrové plastiky modelu k rodinné hrobce Mildeho.³⁴⁶ Plastice truchlící ženy a muže záměrně rozdělené na dva kusy chybělo několik částí modelace. V rámci restaurování byly vytvořeny doplňky významnějších nedochovaných částí. Cílem tohoto zásahu bylo optické scelení díla pro potřeby výstavy bez nutnosti pevného spojení doplňků s originálem. Osazení doplňku bylo řešeno reverzibilním způsobem, kdy kotvení k originálu zajišťují permanentní magnety (*obr. 8.4.15*). Nově vytvořené části tak mohou být podle potřeby sejmuty a je možné je při transferu díla převážet odděleně. Magnety byly přilepeny pomocí dvousložkového epoxidového lepidla *Akepox 5010*, separace sádry před použitím epoxidového lepidla byla provedena adhezivem *Acrylkleber 498 HV*.

346 Restaurování sádrové plastiky realizoval Marek Laška, viz: LAŠKA, Marek. *Sádrová plastika modelu k rodinné hrobce Mildeho od Stanislava Suchardy*.



8.4.14. Příklady historických způsobů řešení suchých spojů pomocí zámků a závlaček. (foto: J. Ďoubal)



8.4.15. Průběh lepení. Sádrové doplňky s osazenými magnety. (foto: P. Zítková)



8.4.16. Stav po osazení doplňků na originál (před barevnou retuší). (foto: P. Zítková)

8.4.4 Shrnutí

Spojování rozlomených částí sádrových odlitků lze řešit několika způsoby, avšak nejčastější způsob spojování představuje lepení za použití různých typů adheziv. V rámci systematického testování^[347] a rešerše literatury byla odzkoušena různá adheziva pro lepení sádry. Jednalo se jednak o adheziva z řady přírodních a syntetických makromolekulárních látek (*Acrylkleber 498 HV*, *BEVA Gel*, *Ponal Super 3*, roztoková lepidla *BEVA 371*, *Archäocoll 2000N*, *Kanagom*, šelak) a dále směsi, jejichž hlavní složkou je sádra, která byla dále modifikována další příměsí anorganického nebo polymerního původu.

Anorganické systémy na bázi sádry, které představují výhodu z hlediska podobného materiálového složení jako lepené části, nelze na základě výsledků provedených testů doporučit. Hlavním důvodem je nedostatečná pevnost lepeného spoje, což je v rozporu se základním požadavkem při spojování pomocí adheziv. Sádrové lepicí systémy dále obvykle neumožňují přesné a dostatečně těsné spojení oddělených lepených dílů.

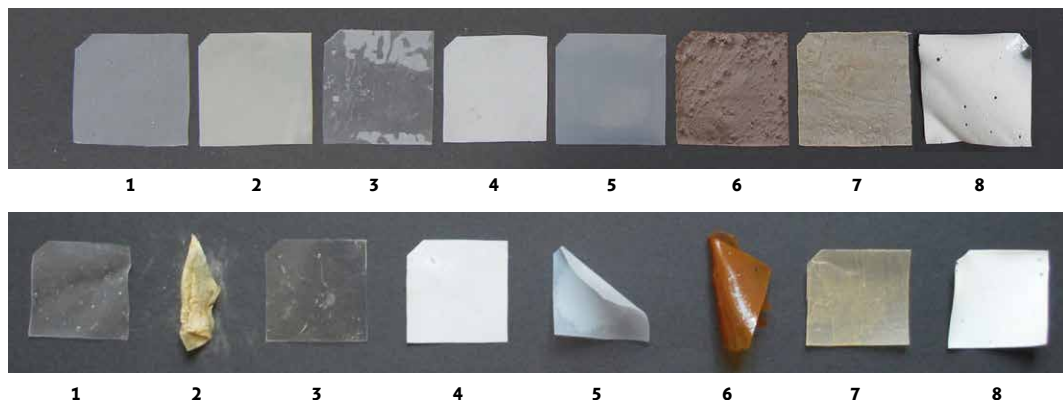
Výrazně lepší výsledky vykazují adheziva na bázi syntetických makromolekulárních látek. Před aplikací těchto adheziv je nutná penetrace povrchu, která se u sádry běžně provádí zředěným roztokem bílého šelaku (10% roztok, hm.) nebo zředěným užitým lepicím systémem.^[348] Primární penetrace povrchu lepených dílů redukuje penetraci vlastního adheziva do porézní struktury sádry a tím zlepšuje pevnost spoje.

Z hodnocení výzkumu i praktické zkušenosti jednoznačně vyplývá pozitivní hodnocení adheziv na bázi polymerních disperzí. Velmi dobře se osvědčil zvláště prostředek *Acrylkleber 498 HV*, který v mnoha hodnocených vlastnostech převyšuje ostatní testované prostředky. Pro lepení sádrových částí daným adhezivem je optimální obsah sušiny 20 hm. %, disperze se ředí vodou.^[349] Při tomto obsahu se vytvoří na povrchu sádry pevný film, který se nesmršťuje, ale zároveň je obsah polymeru v disperzi dostatečný i na dobré vyplnění tenkých prasklin a přesné sesazení sádrových dílů. Obsah polymeru v disperzi, síla nánosu lepicí vrstvy a také typ podkladu jsou klíčové pro dobu zpracovatelnosti, která se pohybuje v řádu několika minut. Pro správnou aplikaci je velmi důležité zvolení optimálního množství lepidla aplikovaného na styčné plochy tak, aby nevytékalo z lepeného spoje. V případě znečištění povrchu je možné nezaschlé lepidlo šetrně odmyt vodou. Po zaschnutí film již není vodou rozpustný a jeho odstranění je možné pouze vhodným organickým rozpouštědlem.

347 KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování sochy "Múzy lyrického zpěvu Aiodé" z parku státního zámku Konopiště. Restaurování sádrových plastik rytířů, modelů stavebních článků chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře.*

348 Ibidem.

349 KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování objektů od Stanislava Suchardy sádrové plastiky Karla IV. a plastiky z pálené hlíny. Testování adheziv pro lepení sádrových artefaktů.*



8.4.17. Filmy připravené z testovaných adheziv: horní řada před umělým stárnutím; dolní řada po zkoušce zatížení zvýšenou vzdušnou relativní vlhkostí (90 % RH, T 20 °C, expozice – 3 měsíce). 1. Acrykleber 498 HV; 2. Beva Gel; 3. Archäocoll 2000N; 4. Beva 371; 5. Ponal Super 3; 6. šelak; 7. Airocoll Spachtel Transparent; 8. Kanagom. (foto: A. Kokstějnová)

Rozebíratelnost spojů lepených prostředkem *Acrykleber 498 HV* je vzhledem k reverzibilitě tohoto materiálu možná a relativně bezpečná. Jestliže není výsledek lepení uspokojivý a lepidlo plně nevytvrdo, je možné provést oddělení lehkým tahem. V případě úplného vytvrnutí nebo jedná-li se o starší spoj, musí být k opětovnému rozpojení užito vhodné organické rozpouštědlo.^[350] Rozpouštědlo částečně rozpustí nebo nabobtná polymerní film ve spoji, lepidlo tím ztrácí svoje adhezivní schopnosti a při dostatečně dlouhém působení rozpouštědla lze postupně jednotlivé díly od sebe mechanicky oddělit. Rozpouštědlo je možné do spoje aplikovat pomocí injekční stříkačky. Ve všech případech je zásadní po oddělení očistit styčné plochy lepeného spoje od zbytků lepidla. To lze provést kombinací působení rozpouštědla a mechanického odstraňování, například pomocí vatové tyčinky nebo skalpelu. Při aplikaci rozpouštědla je vždy nutné dbát na to, aby nedošlo k narušení jiných materiálů díla (například barevné vrstvy), a proto je důležité vycházet z detailního poznání díla při restaurátorském průzkumu a provedených zkouškách rozpustnosti. Lepení akrylátovou disperzí *Acrykleber 498 HV* se osvědčilo v praxi a bylo použito při restaurování řady poškozených odlitků. Podobné vlastnosti byly zjištěny také u jiných disperzních systémů jako *Beva Gel*, *Beva 371*.

Pro lepení sádky se v praxi využívá také akrylátová pryskyřice *Paraloid B72*. Nevýhodou tohoto prostředku je vysoká penetrace roztoků do porézního systému sádky, čemuž se dá předejít použitím předpenetrace nebo užitím vyšších koncentrací roztoku.^[351]

350 Lepený spoj je možné reaktivovat pomocí acetonu, toluenu, ethanolu a xylenu.

351 VON GRAEVEINTZ, Anna. Restaurierung eines stark fragmentierten Gipsreliefs von Christian Daniel Rauch aus der Alten Nationalgalerie in Berlin.

Přidání malého množství aerosilu (koloidní oxid křemičitý) výrazně zlepšuje vlastnosti lepidla. Částice oxidu křemičitého jsou velmi malé a mají amorfní strukturu a velký specifický povrch. V modifikovaném lepidle jsou schopné vytvářet trojrozměrnou síť přes vodíkové můstky a zlepšit kohezní i spojovací síly filmu. Směs se po rozmíchání stává tixotropní, což usnadňuje aplikaci.^[352] *Paraloid B72* má výhodu v tom, že se může použít v různých rozpouštědlech, což umožňuje velkou variabilitu viskozity a dobu vzniku filmu: od rychlého kontaktu až po dlouhé nastavení pro lepení problematictějších fragmentů. V praxi se pro lepení nejvíce osvědčil 50% roztok *Paraloidu B72* ve směsi ethylacetátu a ethanolu (1:1), ke které se přidá malé množství Aerosilu (0,1 % hm.).^[353] Použitá rozpouštědla mají významný vliv na vlastnosti lepeného spoje, neboť ta s větší retencí zůstávají ve filmu i několik měsíců.^[354] V současné restaurátorské praxi se využívá i kombinace *Paraloidu B72* a *Paraloidu B44*.^[355]

V posledních letech se zejména ve Francii a Itálii^[356] při lepení sádky úspěšně využívají adheziva na bázi polyvinylbutyralu, například prostředek *Mowital B 60 HH* nebo etherů celulózy, nejčastěji prostředek *Klucler G*,^[357] přičemž ale tyto materiály mají pro použití na sádku své limity a je potřeba je podrobit systematickému testování.

Všechna výše uvedená adheziva lze spíše doporučit pro lepení menších částí a současně za předpokladu ideálních podmínek uložení.

Další možností dostatečného zajištění těžších a rozměrnějších střepeň je možné provést mimo samotného lepení také pomocí nerezových, sklolaminátových čepů či armatur, pro jejichž lepení lze použít dvousložkové pryskyřice – epoxidové nebo polyesterové, které mají výbornou adhezi k sádkě i uvedeným typům výztuže. Zásadním nedostatkem, kvůli kterému nelze tato adheziva doporučit pro přímé lepení sádky, je jejich vysoká pevnost převyšující vlastní pevnost sádky. Také reverzibilita takto vytvořených spojů je běžně dostupnými prostředky prakticky nemožná.

352 BYRNE, Gregory S. Formulation d'adhésifs transformés par addition d'aérosols de silice colloïdale.

353 PIERI, Lucie. *Etude et restauration de quatre Génies des Saisons en plâtre patiné bronze d'Edme Bouchardon: Recherche sur la mise en oeuvre et l'analyse des patines imitant le bronze du milieu du 18e à la fin du 19e siècle.*

354 VINÇOTTE, Armand, Emmie BEAUVOIT, Nicolas BOYARD a Elodie GUILMINOT. Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation.

355 COURTIADÉ, Lucie. *Restauration de Sapho ou Le Chant de Raoul Verlet.*

356 MORADEI, Rosanna. *Il restauro delle opere ingesso: appunti da esperienze di laboratorio.*

BYRNE, Gregory S. Formulation d'adhésifs transformés par addition d'aérosols de silice colloïdale.

PIERI, Lucie. *Etude et restauration de quatre Génies des Saisons en plâtre patiné bronze d'Edme Bouchardon: Recherche sur la mise en oeuvre et l'analyse des patines imitant le bronze du milieu du 18e à la fin du 19e siècle.*

VINÇOTTE, Armand, Emmie BEAUVOIT, Nicolas BOYARD a Elodie GUILMINOT. Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation.

COURTIADÉ, Lucie. *Restauration de Sapho ou Le Chant de Raoul Verlet.*

357 DUPIRE, Juliette Robin. *Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.*

8.5 Plastické a barevné retuše

J. Ďoubal — B. Glombová — P. Zítková

Sádra je měkký a křehký materiál a v případě tenkostěnných sádrových odlitků je poškození spojené s úbytkem originální hmoty a tvarů poměrně častým jevem. Rozsah těchto poškození se pohybuje od drobných vrypů a odřenin, přes olámané hrany až po rozsáhlé ztráty modelace.

Cílem finální fáze procesu restaurování je snaha o větší či menší eliminaci těchto poškození a pokus o obnovu vizuální celistvosti díla. Rozhodování o míře a způsobu provedení barevných a plastických retuší vyžaduje zodpovědné zvážení mnoha faktorů, neboť tento zákrok zásadním způsobem determinuje celkové vnímání uměleckého díla. Úvahy o míře doplnění jsou součástí přípravy koncepce restaurování, která by měla vycházet z poznání hodnot díla a z požadavků na jejich prezentaci či interpretaci (více v kapitole „8.1 Úvod k problematice restaurování“).

Při uvažování o způsobu restaurování uměleckého díla je důležité pochopení jeho výtvarné formy a nepřipustné jsou takové zásahy, které deformují výraz díla, jak po stránce výtvarné, tak významové. Proto by rozsáhlejší tvarové doplňky měly vždy vycházet z kvalitních podkladů pro rekonstrukci. Doplnky a barevné retuše by pak měly být koncipovány tak, aby v případě přehodnocení způsobu prezentace díla bylo možné jejich odstranění bez rizika poškození originálu.

V následujícím přehledu je představena základní škála restaurátorských zásahů a přístupů k doplnění chybějících částí.

Minimální zásah do vzhledu restaurovaného artefaktu představuje tzv. „konzervační tmelení“, což je zákrok, který směřuje pouze k zajištění stavu dochování daného objektu (**obr. 8.5.1**). V tomto případě se jedná o tmely určené pouze k základní stabilizaci díla s přiznáním všech poškození a atributů jeho chátrání. Dalším stupněm tohoto zásahu může určité zjemnění projevů stárnutí a destrukce, jako například zatmelení spár a trhlin pod líc, barevná retuš lomových ploch a defektů s cílem zmenšit kontrast a celkově zjemnit negativní působení defektů. U konzervačně ošetřených děl s minimálním zásahem do jejich vzhledu, je dominantním motivem kvalitní sanace díla v dochované podobě v kontextu s jeho historickými proměnami.

Samostatným případem, do určité míry vycházejícím z předchozího, je sanace torzálně dochovaného díla, u kterého je žádoucí propojit a adjustovat dochované fragmenty doplněním základního tvaru, bez snahy zcela obnovit původní vzhled díla (**obr. 8.5.2**). Důvodem pro volbu tohoto způsobu může být například absence dostatečných podkladů pro rekonstrukci a zároveň snaha o obnovení statiky a stability ob-



8.5.1. Prezentace dochovaných fragmentů polychromované sádrové madony. Fragmenty jsou adjustovány k pozadí bez tvarových doplňků, přičemž je akcentována zejména fragmentalita dochování a dokumentační hodnota díla. (foto: D. Hvězda)

jektu. Doplnky, provedené často „pod líc“, případně v rozdílné struktuře, jsou většinou pojednávány barevně neutrální retuší, která umožňuje jejich snadnou rozlišitelnost a zároveň potlačí rušivé kontrasty.

Třetím základním typem uvažovaných zásahů je doplnění poškozených míst tak, aby doplňky při celkovém pohledu splývaly s originálem, ale aby bylo možné je při bližším pohledu odlišit. V takovém případě je odlišení prováděno například rozdílnou úpravou struktury povrchu doplňků či odlišením způsobem provedení barevné retuše (například formou užití tečkované či neutrální retuše). Volba této varianty doplňků je vedena snahou nalézt rovnováhu mezi materiálovými, vypovídacími a výtvarnými složkami díla.



8.5.2. Restaurování poškozeného odlitku, kde byl doplněn pouze základní tvar kopule, aby byla zajištěna stabilita díla. Doplněvané partie byly modelovány mírně pod úroveň povrchu dochovaného originálu. (foto: J. Kudrna)



Nejnáročnějším a nejdiskutovanějším typem zásahu je provedení rekonstrukce chybějící části odlitku. Takový zásah se v nejvyšší možné míře snaží respektovat a napodobit původní výtvarnou formu díla. Rekonstrukční způsob zásahu směřuje k prezentaci artefaktu jako celistvého výtvarného díla a akcentuje tak především jeho estetické a umělecké hodnoty. Zároveň klade vysoké nároky na výtvarné schopnosti provádějícího restaurátora, především schopnost pochopení autorského záměru a jeho interpretaci adekvátními výrazovými prostředky (**obr. 8.5.3**). Rozhodnutí o provedení rekonstrukce chybějících částí také předpokládá existenci kvalitních podkladů.

Všechny vyjmenované typy plastických retuší a doplňků na sádrových artefaktech jsou vždy interpretací – dobovým výkladem původního díla.



8.5.3. Detail z poškozeného modelu, kde bylo přistoupeno k úplné plastické i barevné rekonstrukci na základě dohledaného identického odlitku. Při doplňování byly využity otisky chybějících částí, které byly následně upraveny a zapojeny do celku nápodobivou barevnou retuší. (foto: P. Majoroš)

8.5.1 Plastické retuše

Kritéria výběru materiálu pro doplňování

Při definování požadavků na tmely pro sádrové objekty lze v obecné rovině vycházet z kritérií stanovených pro doplňování jiných poréznicích anorganických materiálů jako je například kámen či omítka.³⁵⁸ Jistá specifika vyplývají z odlišné materiálové skladby sádry a jejích chemických, fyzikálních i mechanických vlastností (více v kapitole „5. Vlastnosti sádrového pojiva a odliktů ze sádry“).

K nejdůležitějším požadavkům při provádění plastických retuší na sádrových objektech patří chemická a materiálová kompatibilita doplňku vůči originálu. Chemickou kompatibilitou je kromě skladby doplňku míněna i chemická stálost doplňku, který by neměl ovlivňovat složení originálu chemickou reakcí nebo zanášením škodlivých látek. Do materiálové kompatibility patří i dlouhodobá stabilita materiálu, i když v případě doplňků lze dožitý materiál většinou beze zbytku odstranit, a proto toto kritérium není tolik zásadní jako například v případě materiálů používaných pro konsolidaci. Nicméně právě z důvodů snadné odstranitelnosti v případě dožití tmelu nebo změny koncepce prezentace díla je dobré, pokud tmel obsahuje složky, které jsou naměkčitelné (například užitím vhodných rozpouštědel).

Při tmelení sádrových odliktů, zvláště pokud jsou prezentovány bez povrchových či barevných úprav, je důležitým kritériem vyhodnocení optických vlastností doplňku. Ze základních optických vlastností hodnotíme u plastického doplňku jeho strukturu, barvu a opacitu. Toto hodnocení provádíme v návaznosti na celkovou koncepci restaurování, která stanoví, zda má doplněk splynout s originálem, nebo má být naopak rozlišitelný.

Stejně jako u jiných poréznicích materiálů určují výběr doplňovacího materiálu fyzikálně-mechanické vlastnosti tmeleného materiálu. Ačkoli v případě sádry, uložené zpravidla ve stabilních podmínkách interiéru, nejsou tato kritéria natolik určující jako u památek vystavených povětrnostním vlivům v exteriéru (více k doporučeným podmínkám uložení v kapitole „9. Podmínky pro uložení a transport sádrových odliktů“). Z mechanických vlastností je důležité posouzení tvrdosti tmelu, kterou sledujeme zejména z hlediska jeho opracovatelnosti po nanesení a také kvůli případnému odstranění doplňků v budoucnu. Z těchto důvodů by doplňovaný materiál měl vykazovat menší tvrdost než originál, aby při opracování, respektive odstraňování tmelu nedošlo ke

ztrátám originálu. U rozměrnějších doplňků (například části končetin nebo doplňků staticky zatížených částí) je třeba posuzovat i další pevnostní charakteristiky (pevnost v tlaku, tahu za ohybu, případně modul pružnosti, který je mírou elastických vlastností materiálu).

Z fyzikálních vlastností je v některých případech nezbytným kritériem požadavek na porozitu a kapilární nasákavost doplňku, které by se měly v ideálním případě blížit originálu. Zásadní rozdíly v těchto parametrech mohou komplikovat jednotlivé restaurátorské kroky díky odlišné nasákavosti originálu a tmeleného místa. Typickým příkladem, při kterém je rozdíl v nasákavosti povrchů problematický, je provádění barevné retuše nebo jiné povrchové úpravy. Odlišná porozita a nasákavost originálu a doplňků může také v budoucnu vést k nerovnoměrnému znečištění povrchu.

Další požadavky na materiály doplňků závisí na podmínkách, v jakých budou restaurované sádrové objekty uloženy. Pokud počítáme s uložení restaurovaného originálu ve stabilních podmínkách, nejsou další kritéria kompatibility, zahrnující požadavky na shodu v dalších fyzikálních a mechanických vlastnostech, natolik určující. Jestliže však nejsme schopni garantovat přísné dodržování režimu preventivní konzervace, je třeba u užitých materiálů pro tmely a doplňky sledovat i výslednou navlhavost, nasákavost a paropropustnost, dále pak tepelnou či vlhkostní roztažnost.

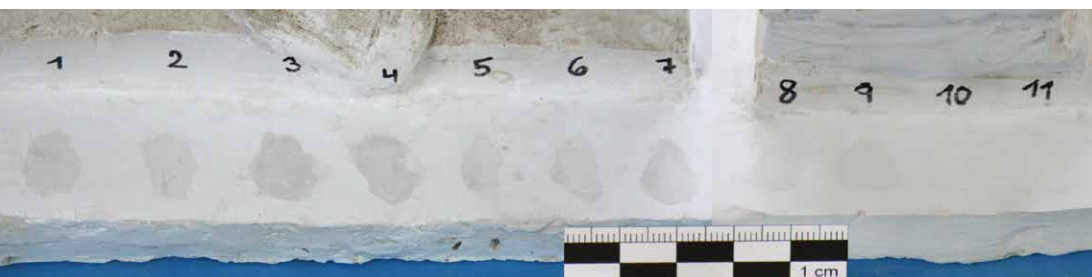
Vedle kritérií směřujících ke kompatibilitě doplňovaného materiálu a originálu jsou při vlastním použití materiálu důležité informace o chování materiálu při aplikaci. Toto kritérium je určující zejména v případech, kdy vybíráme tvárnou směs pro rozsáhlejší tmelení složitých tvarů. Pro tyto účely potřebujeme materiál, který má dobré modelační vlastnosti, případně dobrou opracovatelnost v průběhu tuhnutí nebo po vytvrzení. Mezi další pozitivní aplikační vlastnosti materiálů, které však nejsou natolik určující, patří snadná příprava, přijatelná délka zpracovatelnosti a zdravotní nezávadnost.

Materiály používané pro doplňování sádry

Zatímco škála materiálů a postupů používaných pro čištění, konsolidaci či lepení je poměrně široká, v případě plastických doplňků tomu tak není. V minulosti se používala pro doplňování převážně sádra, která byla případně modifikovaná přídavkem křídý, vápna nebo jinými materiály prodlužujícími její zpracovatelnost či jinak upravujícími její vlastnosti. Ačkoli se užití sádry jeví z hlediska materiálové kompatibility jako dobrá volba, je tento postup z několika důvodů problematický. Hlavním problémem je vysoká savost sádrového podkladu a vlastnosti sádrových tmelů na takový podklad nanesených. V důsledku odsátí vody je výsledný doplněk totiž výrazně tvrdší a značně tmavší než sádra odlitá do formy. Tento problém lze částečně eliminovat izolací

358 TIŠLOVÁ, Renata, Zuzana SLÍŽKOVÁ a Adéla NOVOTNÁ. Určování mezí a intervalů významných materiálových charakteristik opravných materiálů a technologií pro kompatibilní zásah.

MATERIÁL	POMĚR	KONZISTENCE	ÚPRAVA POVRCHU	PŘEDVLHČENÍ	TVRDOST
1. sádra	–	řidká (50:50)	–	–	střední
2. sádra	–	řidká (50:50)	–	voda	střední
3. sádra	–	tužší (100:50)	–	–	větší
4. sádra	–	tužší (100:50)	–	voda	větší
5. sádra	–	řidká (50:50)	2% bílý šelak	–	střední
6. sádra	–	řidká (50:50)	2% bílý šelak	voda	střední
7. sádra	–	tužší (100:50)	2% bílý šelak	–	velká
8. sádra + křída	2:1	řidká (50:50)	–	voda	nižší
9. sádra + křída	1:1	řidká (50:50)	–	voda	nižší
10. sádra + Rokoplast	3:1	řidká (50:50)	–	voda	malá
11. sádra + Rokoplast	2:1	řidká (50:50)	–	voda	malá



8.5.4. Zkoušky plastických retuší na sádrovém podkladu. Negativní efekty nanášení sádry nebyly dostatečně eliminovány ani přidáním vody, ani izolací povrchu šelakem. Při modifikaci sádry plavenou křídou se stále projevovale tmavnutí a tvrdost materiálu byla stále vyšší než u originálního povrchu. Další zkouškou byla modifikace se sádrokartonářskou směsí Rokoplast. V tomto případě se již povedlo negativní efekty výrazně eliminovat, barevnost odpovídala originálu a tvrdost tmelu byla menší. (foto: P. Zítková)

podkladu, která se tradičně provádí zředěným roztokem běleného šelaku. Ze zkušeností sochařů a štukatérů s vyspravováním nových odlitků jsou převzaty různé speciální postupy při přípravě sádry, umožňující omezit negativní jevy při jejím použití pro tmelení. Doporučuje se například použití velmi chladné záměsové vody, dále omezení množství záměsové vody a sádro nechat postupně navlhnout a použít jí bez míchání, nebo přidání malého množství křihu.^[359] Starší sochařské příručky doporučují pro vyspravování sádrových modelů užít sádro starou, již částečně hydratovanou, která

359 CHANDLER, Elizabeth Gordon a Laci de GERENDAY. Eleven ways to patch a plaster.

tuhne pomaleji a je méně tvrdá.^[360] Sádra, jejíž vlastnosti jsou upraveny přísadou dalších materiálů, je využívána i v současné restaurátorské praxi. Příkladem může být případová studie popisující komplexní restaurování sádrového reliéfu, která zmiňuje tmelení sádry s příměsí křihu a vápna (aplikovanou na povrch důkladně separovaný *Paraloidem B 72*).^[361]

Pro menší vysrávky poškozených povrchů odlitků se můžeme setkat i s různými variantami receptur užívaných k přípravě malířských podkladů, například s užitím křihu s boloňskou křídou.^[362]

Dnes se v restaurátorské praxi setkáváme především s komerčně vyráběnými materiály, které se většinou užívají v jiných oblastech pro tmelení sádry či jiných typů materiálů a nebyly primárně vyvinuty pro restaurování sádrových artefaktů.^[363] Jednu skupinu materiálů tvoří modifikované sádrové materiály s různými plnivými. Jedná se například o produkty *Albacol Plus*, *Polyfilla*^[364], *Moltofill*. Další skupinou materiálů jsou různé pasty většinou na bázi akrylátů a polyvinylacetátů jako například *Flügger* nebo *Modostuc*^[365].

U většiny těchto komerčně dodávaných materiálů je těžké zjistit jejich přesné složení, neboť ho výrobci buď neuvádějí, nebo uvádějí dosti obecně. Také se může stát, že pod stejným obecným názvem jsou v různých zemích dodávány rozdílné prostředky. V případě materiálu *Albacol Plus* (Rigips, Saint Gobain) se podle technického listu jedná o sádro s přidavkem methylcelulózy a organického pojiva (příčemž organické přísady by měly tvořit cca 3 % objemu sušiny). *Polyfilla* používaná v Itálii a Francii je také sádra s přísadou celulózy a dodává se jako prášek, který se mísí s vodou. Pod stejným komerčním názvem jsou však dodávány i produkty s jiným složením včetně pasty na bázi styren-akrylového polymeru s plnivem z uhlíčitánu vápenatého (*Polyfilla Fine Surface*).^[366] V některých případových studiích je tmel *Polyfilla* hodnocen jako příliš hrubý a šedavý,^[367] ale vlastnosti tmelu lze dále upravovat dalšími přísadami, napří-

360 JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*, s. 417.

361 VON GRAEVEINTZ, Anna. Restaurierung eines stark fragmentierten Gipsreliefs von Christian Daniel Rauch aus der Alten Nationalgalerie in Berlin.

362 D'ALESSANDRO, L. a F. PERSEGATI. *Scultura e calchi in gesso: storia, tecnica e conservazione*, s. 104.

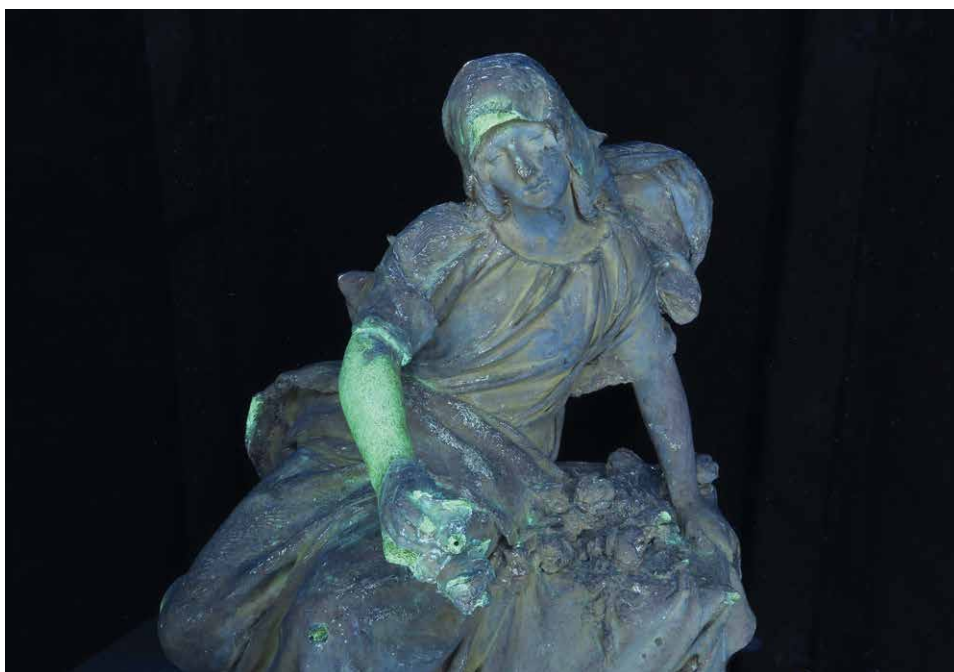
363 FRANCESCHINI, Marianna a Cristina NORDIO. Endimione dormiente: diagnosi e restauro.

364 ANZANI, Marilena a Alfiero RABBOLINI. Il restauro di un modello in gesso: la „Ebe“ di Antonio Canova. *Problemi Conservativi dell'Ottocento: Parte Prima: i Dipinti, la Carta, i Gessi*. Milano: Spazio Oberdan, 2006, s. 113–124.

365 SOLÍS PARRA, Ángeles, Judit GASCA MIRAMÓN, Silvia Viana SÁNCHEZ a José María LUZÓN NOGUÉ. The Restoration of Two Plaster Casts Acquired by Velázquez in the Seventeenth Century: the Hercules and Flora Farnese.

366 CAMEO: *Conservation & Art Materials Encyclopedia Online* [online]. Dostupné z: <http://cameo.mfa.org/wiki>.

367 DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.



8.5.5. Snímek odlitku v denním a UV světle. Luminiscence doplňků s přídavkem zinkové běloby v UV světle v budoucnu usnadní jejich přesnou identifikaci. (foto: K. Šibravová)

klad titanovou bělobou.^[368] *Modostuc* je značka italského původu určená pro tmelení dřeva a kamene. Tmel má jemnou strukturu, snadnou zpracovatelnost přímo z nádoby, dobré modelační vlastnosti a i po zatvrdnutí zůstává rozpustný ve vodě a rozpouštědlech jako ethanol a aceton. Podle provedené analýzy se jedná o materiál s polyvinylacetátovým kopolymerovým pojivem, plněný uhlíčitánem vápenatým s malým množstvím síranu barnatého.^[369] *Flügger* je obchodní název pro bílou akrylovou pastu složenou z butylmethakrylátu a plniva z uhlíčitánu vápenatého.^[370]

Mezi tuzemské komerční tmely patří produkt *Rokoplast* (výrobce ROKOSPOL a.s.). Jedná se o sádrokartonářskou směs, která je určena do interiéru. Výrobce uvádí, že jde o sádrovou směs modifikovanou „zušlechťujícími přísadami“. Z analýzy tohoto materiálu provedené na Fakultě restaurování Univerzity Pardubice vyplývá, že obsahuje směs sádry a uhlíčitánu vápenatého, přibližně v poměru 1:1. Organické přísady nebyly prokázány. Tyto komerční směsi jsou užívány buď samostatně, nebo ve směsi se sádrovou.

Přesto, že tmely na bázi modifikované sádry mají teoreticky optimální materiálovou kompatibilitu a jejich modelační vlastnosti jsou také dobré, mohou představovat určitý problém z hlediska etiky restaurování. Sádrové vysprávky totiž materiálově a vizuálně splynou s originálem natolik, že v budoucnu bude těžko rozpoznatelné, kde byl originál doplněn. Zejména v případě větších modelačních doplňků je přitom žádoucí, aby bylo možné je v budoucnu identifikovat a revidovat. Samozřejmě by mělo být pečlivé zaznamenání lokalizace doplňků do restaurátorské zprávy, nicméně ne vždy jsou zprávy o starších zásazích při dalším restaurování dohledatelné. Zajímavým řešením může být přimíchání zinkové běloby (stačí 3–5 % k celkovému objemu směsi). Zinková běloba i po letech lumínuje v UV světle a při podrobnějším restaurátorském průzkumu tak lze doplňky jednoznačně identifikovat (**obr. 8.5.5**).

Další skupinou materiálů, které je možné využít pro doplňování menších defektů, jsou tmely připravené z roztoků či disperzí polymerů, zahuštěné různými anorganickými plnivými. Jako pojiva se používá například kopolymer ethylmethakrylátu a methylakrylátu – *Paraloid B72* nebo *Paraloid B44* a hydroxypropylcelulóza – *Klucel G*. Jako plnivo se dá využít mletá sádra, drcený vápenec nebo skleněné mikrokuličky. Typem použitého plniva lze upravovat optické vlastnosti, ale i zpracovatelnost a výslednou pevnost tmelu. Jednoznačnou výhodou připravovaných směsí je velká variabilita umožňující přizpůsobení konkrétním vlastnostem originálu a i fakt, že se jedná vesměs o bezvodé systémy. Také reverzibilita těchto systémů je většinou velmi dobrá, neboť tmely z nich

368 COURTIADÉ, Lucie. Restauration de Sapho ou Le Chant de Raoul Verlet.

369 KESSLER, Sabine. *Etude et restauration d'une Jeanne d'Arc en terre cuite conservée au Musée des Beaux-Arts d'Orléans*.

370 CAMEO: *Conservation & Art Materials Encyclopedia Online* [online]. Dostupné z: <http://cameo.mfa.org/wiki>.

zhotovené jsou naměkčitelné rozpouštědly. Značnou nevýhodu u těchto materiálů představuje zpracovatelnost. Polymerní systémy je možné nanášet pouze v tenké vrstvě, případně je nutné vrstvit je postupně, nechat proschnout a teprve následně opravovat. Tento proces je poměrně zdoluhavý, a navíc může při opracovávání tmelu dojít poškození okolí tmelu, tedy originálního povrchu. Také použítá rozpouštědla mohou představovat riziko v případě, že je restaurovaný odlitek opatřen povrchovou úpravou. V tomto případě může dojít k naměkčení barevné vrstvy v okolí tmelu, případně k aktivaci rozpustných přísad v sádře a vzniku skvrn na rozhraní tmelu. Dlouhodobá stabilita tmelů na bázi polymerů je vesměs nižší než v případě minerálního pojiva, i když v případě tmelů, které je možné po jejich dožití odstranit, není tento nedostatek zásadní.

Jednou z mála prací zabývajících se testováním materiálů pro doplňování sádry je případová studie restaurování reliéfu od Augusta Rodina.^[371] Tato studie se mimo jiné věnuje testování vhodného materiálu pro drobné zajišťující tmelení prasklin. Z důvodu reverzibility a minimalizace kontaktu s vodou byly pro zkoušky voleny polymerní systémy v rozpouštědlech, konkrétně akrylátová pryskyřice *Paraloid B72* (40% roztok v ethanolu a ethylacetátu), směs *Paraloidu B72 a B44* v poměru 1:1 (40% roztok v ethanolu), polyvinylbutyral *Mowital B 60 HH* (10% a 20% roztok v ethanolu), hydroxypropylcelulóza *Klucel G* (2 a 4% rozpuštěný v ethanolu) a methylcelulosa *Sigma Aldrich* (2 a 4% rozpuštěná ve směsi vody a ethanolu). Jako plniva byly testovány dva materiály – uhlíčitán vápenatý (drcený vápenec) a síran vápenatý (tzv. „mrtvá sádra“). Pro daný případ byla hodnocena jako nejlepší směs 4% *Klucel G* s vápenným plnivem v poměru 1 díl pojiva a 2–3 díly plniva. Tato směs však neumožňuje nanášení složitějších tvarů a je využitelná pouze pro zatmelení prasklin a drobných poškození. Při restaurování reliéfu bylo nutné provádět i rozsáhlejší doplňky. Ze dvou zkoušených materiálů (komerčního produktu *Polyffila* a směsi sádry a drceného vápence v poměru 1:3) byla nakonec zvolena směs sádry a drceného vápence, neboť lépe vyhovovala z vizuálního hlediska (*Polyffila* byla hodnocena jako tmavá a příliš hrubá). Materiál nebyl v tomto případě nanášen přímo na originál. Okraje originálu byly izolovány, odlitky po nanesení a vytvrnutí sejmuty a po vyschnutí přilepeny.

Samostatnou kapitolu tvoří doplňování rozměrnějších částí. I v případě, že máme k dispozici kvalitní podklady pro rekonstrukci tvarů ve formě historických fotografií, je pro restaurátora náročné tuto dvourozměrnou informaci převést do prostorové realizace. Proto je pro tento proces hledání tvaru ideální užít nejprve tvárný materiál a výsle-

371 DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin.

dek pak odlít do finálního materiálu. Nejvhodnější modelační materiál je sochařská hlína, protože většina sádrových odlitků byla původně modelována v hlíně a teprve poté odlita, a proto nám užití stejného materiálu a pracovního postupu umožní lépe napodobit způsob modelace, případně strukturu povrchu (například užitím obdobných nástrojů). Při použití modelovací hlíny je však nutné ochránit originální materiál proti přenosu vlhkosti a znečištění. Pro tuto dočasnou ochranu se v praxi osvědčila latexová disperze *Arte Mundit*, vyvinutá původně jako slupovací metoda čištění zaprášených povrchů.^[372] Tento prostředek po nanesení na lomovou plochu vytvoří elastický film, který ochrání sádro a po dokončení modelování je možné ho bez problémů odstranit. Další možností je ošetření povrchu a bezprostředního okolí cyklododekanem,^[373] který se nanáší ve formě taveniny nebo v roztoku technického benzínu. Tento materiál poskytne dočasnou ochranu a po nějakém čase beze zbytku vysublimuje.^[374] Při volbě modelovací hmoty pro hledání tvaru je dobré, aby její barevnost co nejvíce odpovídala originálu. Velké barevné kontrasty mohou zkreslovat velikost doplňku vůči originálu a komplikovat tak kontrolu proporcí.^[375] Doplněk odlitý do formy je možné zhotovit ze sádry, jejíž tvrdost lze upravovat přidáním křídly, drceného vápence nebo jiných přísad, případně lze přidat i zinkovou bělobu pro lepší identifikaci doplňků v budoucnu, podobně jako v případě nanášených tmelů.

Někdy je žádoucí, aby doplňky měly co nejmenší hmotnost, zejména pokud jsou rozměrnější nebo mají malou styčnou plochu. V takových případech lze do sádry přidat některá lehčená plniva, například duté skleněné kuličky, a snížit tak celkovou hmotnost přidaného materiálu.^[376]

Při shromažďování podkladů pro plánovanou rekonstrukci se často podaří dohledat totožný odlitek ze stejné formy nebo realizaci v bronzu, pro kterou sloužil odlitek jako model. V tomto případě lze chybějící část zaformovat, odlít a následně použít při doplnění poškozeného odlitku. Pokud provádíme formování z bronzu, je tento proces relativně bezproblémový a bezpečný, ale u sádrových odlitků (které mohou být případně opatřeny povrchovou úpravou) je důležité zajistit při formování maximální ochranu originálu. I v tomto případě se v praxi osvědčil cyklododekan, který zajistí dočasnou separaci a navíc fixaci povrchové vrstvy v případech, kdy je povrch nesou-

372 MOENS, Filip. Arte Mundit – the stone cleaning product.

373 JÄGERS, Elizabeth a Erhardt JÄGERS. Volatile Binding Media – Useful Tools for Conservation.

374 Cyklododekan patří do třídy nasycených alicyklických uhlovodíků. Tavný bod: 58–61 °C. Tavenina o síle 1 mm potřebuje k úplnému odpaření bez přidané ventilace cca 30 dní.

375 Někdy bývá restaurátory užívána modelovací plastelína, neboť se dá sehnat v bílých odstínech. Její nevýhodou je mastnot a jiné modelační vlastnosti než v případě sochařské hlíny.

376 VON GRAEVEINTZ, Anna. Restaurierung eines stark fragmentierten Gipsreliefs von Christian Daniel Rauch aus der Alten Nationalgalerie in Berlin.

držný. Pokud potřebujeme odformovat drobné části, je možné využít kondenzační silikonové otiskovací hmoty používané zubaři (například *Stomaflex putty*). Tento materiál tuhne velmi rychle a práce s ním je snadná a materiál je dostatečně tuhý, takže není nutné používat zpevňující kadlub (více o formování v kapitole „3. Technologie zhotovení odlitek“). Materiál není na rozdíl od některých silikonů mastný, a tudíž nehrozí znečištění originálu.

8.5.2 Barevné retuše

Nedílnou součástí plastických retuší a doplňků je barevná retuš, která napomůže jejich integraci do celku díla. Způsobem a intenzitou provedení barevné retuše je možné ovlivnit míru zapojení doplňku respektive jeho případnou rozpoznatelnost. Proto by barevná retuš měla být řešena v návaznosti na plastickou retuš a v souladu s celkovou koncepcí restaurování díla.

Vedle větších defektů vyžadujících plastickou retuš se na poškozených dílech mohou nacházet i drobné oděrky povrchové vrstvy. Tato poškození mohou působit značně rušivě a znesnadňovat celkové vnímání díla. Cílem barevné retuše je v tomto případě zapojení těchto defektů, čímž dojde k podpoření plastického vnímání díla.

V případě povrchově neupravené sádry by se barevné zapojení tmelů a doplňků mohlo jevit jako jednoduchý problém, nicméně rozdílná savost a porozita různých materiálů a povrchů činí tento úkol poměrně náročným na zručnost a zkušenost restaurátora. Zásadní je v tomto případě míra izolace podkladu, kterou je možné provést například bílým šelakem či *Paraloidem B72*³⁷⁷ (koncentrace 0,5–5 % v závislosti na typu podkladu). Míra uzavření, respektive izolace povrchu determinuje výsledek retuše. I teoreticky dobře rozpustné a tedy odstranitelné barevné systémy jsou při aplikaci na vysoce porézní a savé podklady prakticky neodstranitelné, neboť dojde k jejich penetraci do porézního systému. Proto je nutné budovat retuš postupně v lazurních vrstvách. V případě retuše na doplňcích je problém penetrace a následné neodstranitelnosti retuše spíše záležitostí znesnadňující restaurátorovi práci, neboť musí v případě, že se retuš nezdaří, znovu upravit nebo přebrousit povrch tmelu (případně zhotovit nový doplněk). Závažnější situace nastává, pokud se jedná o retuš drobnějších defektů přímo na originálu. Zde je na místě maximální opatrnost a k retuši by mělo být přistoupeno teprve po důkladném odzkoušení a úpravě savosti povrchu.

377 PIERI, Lucie. *Etude et restauration de quatre Génies des Saisons en plâtre patiné bronze d'Edme Bouchardon: Recherche sur la mise en oeuvre et l'analyse des patines imitant le bronze du milieu du 18e à la fin du 19e siècle.*

Vzhledem k charakteru práce se jako nejlepší jeví užití kvalitních akvarelových barev, případně přímo arabské gumy s pigmentem.³⁷⁸ V restaurátorské praxi se dále můžeme při retušování sádry setkat například s užitím barev na bázi aldehydových pryskyřic³⁷⁹ nebo kvašových barev³⁸⁰.

Pokud je odlitek opatřen patinou nebo polychromní úpravou, otevírá se tím celá široká problematika restaurování barevné vrstvy, jejíž zkoumání by vydalo na samostatnou publikaci. Přesto, že jsme se rozhodli se tímto tématem nezabývat, v případě barevných retuší, které neoddělitelně souvisí s plastickými doplňky, shrneme alespoň některé základní teoretické principy.

Pro barevné retuše patinovaných a polychromovaných sádrových odlitek se v praxi používají technologie a metody převzaté převážně z praxe restaurování maleb a dvou- a trojrozměrných děl na různých druzích podložek. V případě sádrových odlitek jde o optické zapojení plastických retuší, případně menších defektů v povrchové úpravě. Ideální retušovací systém by měl během stárnutí podléhat co nejméně optickým změnám a změnám ve své chemické struktuře,³⁸¹ přičemž stabilitu barev ovlivňuje nejen typ pojiva, ale i užití pigmenty.³⁸²

Typ pojiva zásadně ovlivňuje způsob malířské práce a výsledný vzhled. To v praxi znamená, že vaječnou temperou je třeba pracovat odlišným způsobem než s akvarelem nebo olejovou barvou. Retušovací barvy by měly být reverzibilní, proto by měly mít odlišné chemické složení a lepší rozpustnost než originální barevná vrstva.

V restaurátorské praxi se pro retuš barevných vrstev používají dva typy systémů. Jedním jsou polymerní pojiva, z nichž jsou barvy připravovány smícháním s pigmentem (například roztok arabské gumy s práškovými minerálními pigmenty nebo vodná akrylátová disperze smíchaná s pigmenty). Druhou skupinu tvoří hotové malířské barvy různého složení (například akvarelové barvy, kvašové barvy, olejoprskyřičné a pryskyřičné barvy vyvinuté pro restaurování). Každý z těchto materiálů má své specifické vlastnosti. Výhodou komerčně dodávaných barev je snadnější aplikace a příprava. Také jsou v nich pigmenty většinou lépe dispergované a měly by mít tedy teoreticky homogennější barevnost. Naopak v případě připravovaných směsí je výhodou, že má restaurátor přesnou představu o složení a koncentraci použitého materiálu. Právě

378 Více v případové studii zahrnující testování různých pojiv pro barevnou reintegraci viz D'ALESSANDRO, L. a F. PERSEGATI. *Scultura e calchi in gesso: storia, tecnica e conservazione*, s. 110.

379 DUPIRE, Juliette Robin. *Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin*, musée Rodin.

380 VON GRAEVEINTZ, Anna. *Restaurierung eines stark fragmentierten Gipsreliefs von Christian Daniel Rauch aus der Alten Nationalgalerie in Berlin.*

381 MORA, Paolo, Laura MORA a Paul PHILIPPOT. *Conservation of Wall Paintings.*

382 ŠIMŮNKOVÁ, Eva a Tatjana BAYEROVÁ. *Pigmenty.*



8.5.6. Příprava odlitku na výstavu. Finální barevné retuše akvarelovými barvami prováděné přímo na místě v daném osvětlení. (foto: R. Kolář)

koncentrace pojiva v některých případech významně ovlivňuje odolnost vůči stárnutí. Komerční systémy obecně obsahují více pojiva, což se pak může projevit ve výraznějších barevných změnách v důsledku působení UV záření.^[383]

Polychromie a patiny sádrových plastik mívají někdy matný, velice suchý charakter povrchu, někdy jsou naopak lesklé. Tomu by měl být přizpůsoben výběr barev. Kvašové a temperové barvy mají obecně poměrně matný vzhled a naopak barvy s pryskyřičným nebo olejoprskyřičným pojivem vytvářejí lesklý film. Lesku lze v případě potřeby dosáhnout i závěrečným přelakováním retušovaného povrchu.

Při provádění barevné reintegrace doplňků je třeba mít na paměti, že retuše se na trojrozměrném objektu projevují jinak než na ploše. Proto zde musíme počítat s jiným působením světla a stínu a objekt retušovat v takové poloze, v jaké bude prezentován. Vzhledem k rozdílnému chování barev v závislosti na typu osvětlení by dílo mělo být finálně retušováno ve stejných světelných podmínkách, v jakých bude vystaveno (**obr. 8.5.6**). Pokud se snažíme o retuš rozeznatelnou, měla by působit o něco chladněji a světleji než originální malba.

383 GLOMBOVÁ, Barbora. *Restaurování polychromované sochy svatého Václava z Národního muzea; Odolnost retušovacích prostředků vůči stárnutí.*

I při definování typu retuše můžeme v rámci volby koncepce restaurování barevné vrstvy vycházet z názvosloví používaného v restaurování maleb. Slánský v 50. letech teoreticky rozdělil retuš na nápodobivou (snaží se o retuš nerozeznatelnou od originálu), neutrální (poškozená místa se zapojují do svého okolí pomocí neutrálního barevného tónu) a lokální (kompromis mezi nápodobivou a neutrální retuší, tmely se retušují tónem barvy, která je obklopuje).^[384]

Při vlastním provedení retuše můžeme v závislosti na konkrétní situaci zvolit různé varianty retuší běžných v restaurování obrazů, jako je retuš tečkovaná, šrafovaná nebo plošná nápodobivá. Metoda tečkování se provádí pomocí drobných teček jednoho nebo více odstínů a může být provedena buď jedním lokálním tónem, nebo i několika transparentními tóny vrstvenými přes sebe, jejichž optický součet dává zamýšlenou barevnost. *Trattegio* (šrafovaná retuš) se skládá z těsně vedle sebe kladených vertikálních čárek, jejichž barevnost využívá čistých základních barev.^[385] U plošné nápodobivé retuše jde o vyplnění defektů malířskou technikou, přičemž požadovaného tónu můžeme dosáhnout buď nanesením krycí barvy v daném tónu (*alla prima*), nebo skládáním výsledného odstínu v lazurních vrstvách v několika tónech.

8.5.3 Případové studie doplňování sádrových odlitků

Následující případy restaurování reprezentují několik různých přístupů a možností při doplňování sádrových odlitků.

Prvním případem je model plastiky pro náhrobek Karla Vojáčka od Stanislava Suchardy.^[386] Tento model byl součástí pozůstalosti zanechané v Suchardově vile a vlivem nevhodných podmínek uložení a špatného zacházení došlo v minulosti k vážnému poškození a ztrátě horní části odlitku. Při shromažďování podkladů se podařilo dohledat totožný odlitek v majetku novopacké farnosti. Oba odlitky jsou zcela shodné rozměrově i modelačně a musely být odlity z jedné formy (**obr. 8.5.7**). S ohledem na existenci totožného odlitku, který mohl sloužit jako model pro doplnění, a po dohodě s kurátorem sbírky bylo přistoupeno ke komplexnímu restaurování včetně rekonstrukce chybějících tvarů.

384 SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby*, s. 238.

385 Tímto termínem ji označuje Slánský, viz: SLÁNSKÝ, Bohuslav. Příspěvek k řešení otázky retuše a rekonstrukce nástěnných maleb.

386 ZŮFALÁ, Radka. *Sádrový model funérální plastiky od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace.*



8.5.7. Náhrobek K. Vojáčka. Při hledání podkladů pro rekonstrukci chybějící části se podařilo najít totožný odlitek ze stejné formy, který mohl sloužit jako podklad pro doplnění chybějících tvarů poškozeného odlitku vpravo. (foto: R. Zůfalá)

Chybějící část byla odformována z nepoškozeného odlitku. Při snímání formy bylo nezbytné ochránit okrovo-šedou patinu na formované části před možným poškozením. Povrch patinovaného modelu byl ošetřen 66% roztokem cyklododekanu rozpuštěného v lékařském benzínu. Roztok byl na odlitek nanášen bezprostředně po rozpuštění v horké lázni a také v průběhu aplikace byl zahříván (už při mírném zchlazení vytvářel nežádoucí silnější vrstvu vedoucí k zaslepení jemné modelace). Takto připravený povrch odlitku byl odseparován ředěným tenzidem a poté byl již na povrch nanesen silikon v několika vrstvách. Bylo důležité nanést silnější vrstvu silikonu (alespoň 5 mm), zejména na rovné architektonické části. V případě nanesení slabé vrstvy ve větších plochách by silikon ve formě pružil, což by mohlo vést k deformaci odlitku. Po vytvrzení silikonu následovalo vytvoření sádrových klínů v místech, kde by došlo k „uzamčení“ formy. Jednotlivé klíny byly postupně odseparovány 10% šelakem a poté stearinem rozpuštěným v petroleji. Posledním krokem k vytvoření formy bylo vylití kadlubu s kovovým očkem pro snadnou manipulaci při vytahování odlitků. Po vytvrnutí sádry byla forma z modelu bez problému sejmuta a zkompletována na odlévání. Stejným způsobem se postupovalo při odlévání mužské hlavy s tím rozdílem, že forma se skládala ze dvou částí.

Před nalitím sádry byla silikonová forma důkladně natřena vodou s tenzidem, aby se předešlo tvorbě vzduchových bublin v odlitku. Po nalití první vrstvy byla architektonická část pozadí vyztužena jutou.

Okolo poškozeného originálu byla vytvořena pomocná dřevěná konstrukce, na kterou byl zavěšen nový odlitek (**obr. 8.5.8.**). Nejprve však byla dotvarována styčná plocha nového odlitku, aby přesně dosedla na lomové plochy originálu. Dotykové plochy byly odseparovány 2% bílým šelakem. Lepení důkladně vysušeného odlitku bylo provedeno pomocí akrylátové disperze *Acrylkleber*. Vzniklé spáry po osazení byly domodelovány směsí sádry a tmelu *Rokoplast*. Nově vzniklé pozadí bylo ze zadní části ještě zajištěno vytvarovanou nerezovou armaturou, která byla přichycena k sádrovému podkladu jutovou tkaninou namočenou v sádře.

Při osazování mužské hlavy byla styčná plocha nejprve nahrubo vytvarována a poté byla hlava nasucho uchycena pomocí textilních pásů. Po proměření a dotvarování byly styčné plochy odseparovány 2% šelakem a poté byla hlava přilepena. Vzniklé spáry poté byly domodelovány podle předlohy patinovaného modelu.

Nově osazené části byly ošetřeny 2% bílým šelakem kvůli snížení nasákavosti povrchu. Retuš byla provedena postupným lavírováním šedých tónů akvarelových barev a místy byla použita technika tečkování. Cílem bylo napodobit povrch originálu a zapojit doplňky do celku s určitou odlišitelností od originálu.



8.5.8. Průběh odlévání a osazování chybějící části modelu. (foto: R. Zůfalá)



8.5.9. Stav po osazení doplňku a plastické retuši. (foto: R. Zůfalá)

Dalším modelovým případem je doplňování poškozeného sádrového reliéfu od Stanislava Suchardy. Stylizovaný reliéf kněžny Libuše byl zhotoven jako model k následné realizaci v glazované keramice pro Národní dům v Prostějově (obr. 8.5.10). V tomto případě byla situace komplikovaná tím, že odlitek byl armovaný železnými výztužemi. V minulosti došlo zřejmě k mechanickému poškození a následné korozi kovových armatur urychlené uložením v nevhodném prostředí se zvýšenou vlhkostí. Nejvýraznější ztráty se nacházely v horní části reliéfu nad hlavou ženské figury. Chyběla i část lemování na levé a spodní straně reliéfu. V tomto případě se však fragment dochoval a bylo možné ho přilepit.

Na základě diskuze se zástupci majitele objektu a s ohledem na fakt, že reliéf měl být prezentován na připravované výstavě mapující tvorbu Stanislava Suchardy, bylo rozhodnuto, že chybějící části budou doplněny. K tomuto rozhodnutí jsme se přiklonili i s ohledem na fakt, že defekty se nacházely v místech rámu a nezasahovaly do složitější modelace figury. Navíc se podařilo dohledat kresebný návrh, který nám umožnil upřesnit geometrický tvar chybějící části.

Před samotným doplněním bylo nutné nejprve provést zajištění odhalených armatur. V některých případech restaurátoři přistupují k vyjmutí ocelových armatur z obavy z dalšího poškození sádry v důsledku koroze. Tento přístup je však značně radikální a znamená poměrně drastický zásah do originálu. Na základě naší zkušenosti, sledování chování deponovaných odlitků i provedených testů³⁸⁷ jsme dospěli k názoru, že armatura zalitá v sádře sice v první fázi koroduje velmi rychle, ale tento proces se výrazně zpomalí, respektive zastaví v momentě vyschnutí sádry. Pokud je tedy objekt nadále umístěn v kontrolovaných podmínkách, riziko poškození se výrazně snižuje.³⁸⁸ Nicméně armatury, které jsou odhalené a korodované, je třeba důkladně ošetřit předtím, než přistoupíme k nanesení nového sádrového tmelu. V tomto případě byly kovové výztuže nejprve mikropískováním zbaveny korozních produktů a následně byl kov ošetřen odrezovačem na bázi taninu a kyseliny fosforečné. Finální úprava byla provedena nátěrem komerční antikorozi barvou *Alkyton*.³⁸⁹ Chybějící horní část byla vymodelována v sochařské hlíně, která umožnila reprodukovat povrch modelovaného originálu včetně stop po nástrojích. Lomové plochy originálu byly předtím ošetřeny latexovým kaučukem *Arte Mundit*, aby se zamezilo znečištění a pronikání vlhkosti do originálu. Po vymodelování byl doplněk zaformován do silikonové formy. Forma byla pak přesně nasazena na originál a připevněna pomocí stahovacích textilních pásů. Lomové plochy byly odseparovány 2,5% šelakem a následně bylo

387 AUSKÁ, Zuzana. *Restaurování sochy sv. Václava z Lažan, restaurování sádrového reliéfu od Stanislava Suchardy.*

388 PILLARD, Violaine. La corrosion des armatures de fer dans le plâtre.

389 *Alkyton* je antikorozi nátěrová hmota na bázi alkydových pryskyřic modifikovaných uretany.

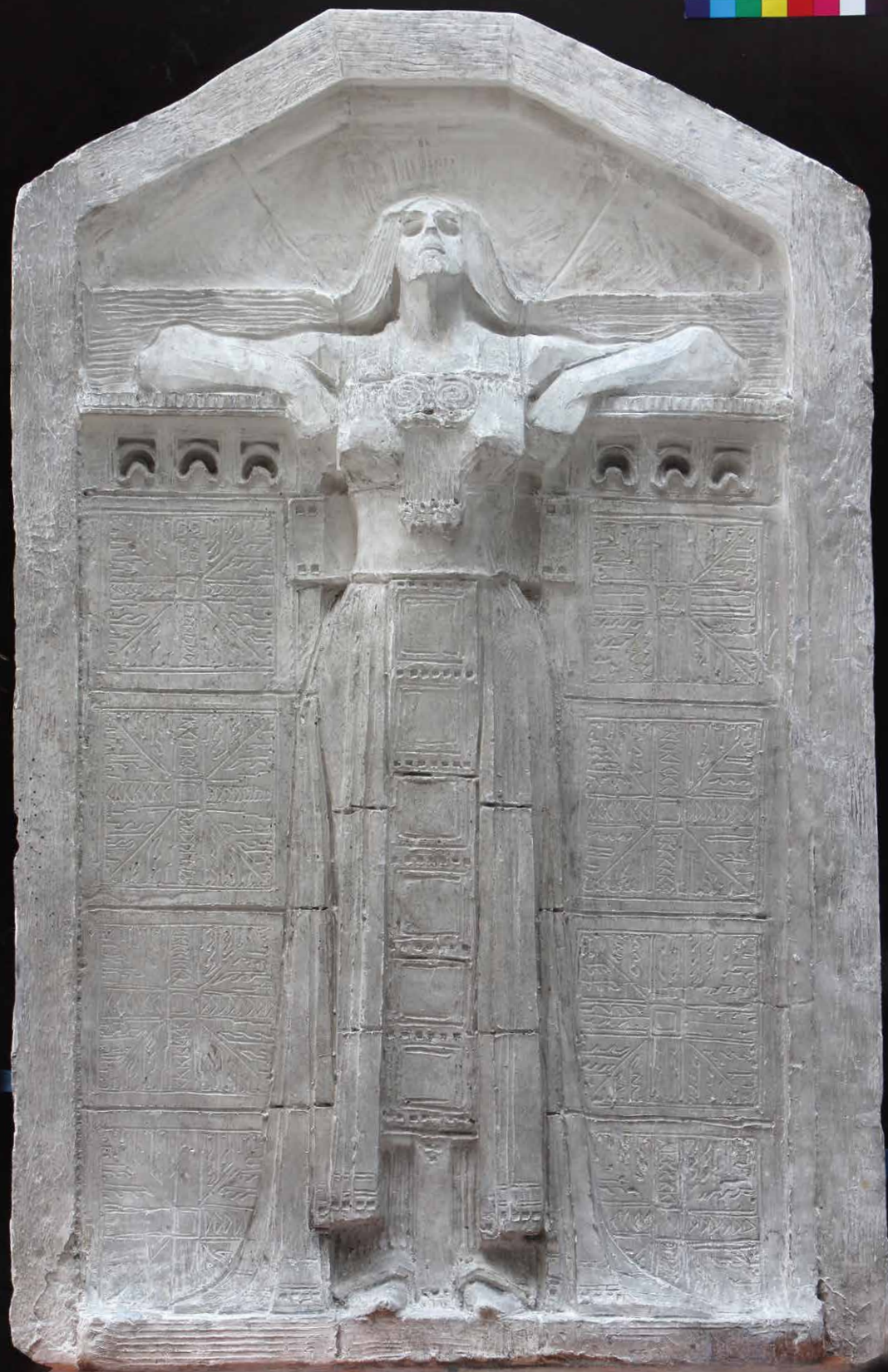
provedeno vylití formy přímo na originálu (**obr. 8.5.11**). Drobnější plastické retuše byly provedeny tmelem ze sádry a sádrokartonářského tmelu *Rokoplast* v poměru 2:1. Po vyschnutí tmelů a doplňku byly tmely ošetřeny 4% bílým šelakem v ethanolu pro sjednocení savosti povrchů a následně byla provedena barevná retuš 1% arabskou gumou s pigmenty. Retuš byla postupně nanášena v lazurách a jejím cílem bylo zapojení nových tmelů. Retušovány byly i drobné oděrky a celkovým zklidněním ostrých barevných kontrastů se podařilo podpořit plastický účín reliéfu.



8.5.10. Stav sádrového reliéfu před restaurováním. (foto: Z. Auská)



8.5.11. Průběh doplňování reliéfu: chybějící tvar byl nejprve namodelován v sochařské hlíně, poté zaformován a odlit do formy přímo na originálu, což umožnilo zachovat původní kovovou armaturu. (foto: Z. Auská)



Třetím příkladem doplňování sádrového odlitku je model alegorie Ochrany od Stanislava Suchardy (**obr. 8.5.13**).^[390] Dílo pochází ze souboru dvou plastik zpodobňujících ženu a muže sedících na odvráceně nakloněných volutových římsách. Sádrové odlitky sloužily jako modely pro finální realizaci v kameni na budově pojišťovny Assicurazioni Generali na Václavském náměstí v Praze. Sádrová plastika byla uložena na půdě Suchardovy vily, kde byla vystavena nevhodným podmínkám a zacházení, v důsledku čehož došlo k závažným poškozením. Odlomení částí voluty způsobilo, že plastika nebyla bez podpory schopna stát a byla položena na zadní straně. U ženské figury chyběla hlava a také v oblasti drapérie došlo ke značným ztrátám. Plastika byla po nějakou dobu vystavena kapalně vodě, což na některých místech způsobilo erozi sádrového povrchu. Při diskuzích o koncepci restaurování jsme vycházeli ze skutečnosti, že restaurovaná díla mají být po dokončení zákroku součástí výstavní expozice prezentující tvorbu Stanislava Suchardy. Po dohodě s kurátorem výstavy a vlastníkem odlitku bylo rozhodnuto, že součástí restaurování bude doplnění chybějících částí na základě dochovaných podkladů. Právě existence kvalitních historických fotografií modelu, zhotovených krátce po jeho vzniku přímo Stanislavem Suchardou, hrála zásadní roli při finálním rozhodnutí o provedení rekonstrukce.

Při doplňování byly v závislosti na rozsahu poškození zvoleny různé přístupy. Méně rozsáhlé poškození bylo řešeno tmelením. Poškozené místo bylo ošetřeno roztokem 2% šelaku a dotvarováno směsí sádry s křídou v poměru 2:1. Takto modifikovaná sádra splňovala požadavky na vzhled a materiálovou kompatibilitu. Sádra modifikovaná křídou nebyla příliš tvrdá a její odstín byl mírně posunut do barvy slonové kosti (což v tomto případě nevadilo, vzhledem k celkovému odstínu povrchu díla po očištění). Povrch tmelů byl po vytvrdnutí ještě dále upravován, aby korespondoval s okolní strukturou.

Velké chybějící části plastiky jako je hlava nebo část drapérie byly vytvořeny jako sádrové odlitky. Doplnky byly nejprve vymodelovány v sochařské hlíně, kdy jako podklad pro rekonstrukci sloužily dohledané historické fotografie. Lomové plochy originálu byly před modelováním separovány snímatelnou vrstvou z *Arte Munditu*, aby se zabránilo znečištění sádry a průniku vlhkosti do originálu. Vymodelované prvky byly zaformovány do silikonové formy a odlity do sádry. Po vyschnutí byly doplnky bodově přilepeny akrylátovým lepidlem *Acrylkleber 498 HV*, které zajišťuje reverzibilitu spoje (více viz případové studie v kapitole „8.4 Lepení“.)

Sjednocení kontrastu nových bílých doplňků a šedavého povrchu originálu bylo docíleno vrstvenou barevnou retuší. Povrch doplňků byl nejprve ošetřen 2% roztokem bílého šelaku, aby se sjednotila jeho nasákavost. Barevná retuš spočívala v postupném nanášení lazurních vrstev akvarelových barev.

390 ZÍTKOVÁ, Petra. *Sádrová plastika alegorie Ochrany: Restaurovátká dokumentace*.



8.5.13. Stav modelu před restaurováním. (foto: P. Zítková)



8.5.15. Stav po doplnění chybějících částí. Nově zhotovené odlitky chybějících částí byly osazeny na originál a menší poškození byla doplněna modifikovaným sádrovým tmelem. (foto: P. Zítková)



8.5.14. Průběh prací na doplňku hlavy. Modelace byla nejprve provedena v sochařské hlině a následně byla hlava odlita do sádry. (foto: P. Zítková)



8.5.16. Průběh barevné retuše. Sádrové doplňky a tmely byly zapojeny do celku pomocí vrstvené tečkované retuše akvarelovými barvami. (foto: P. Zítková)



8.5.17. Sádrová plastika po restaurování. (foto: P. Zítková)

Poslední příklad představuje velmi komplikovaný restaurátorský zásah, při kterém byla vedle doplňování provedena i rozsáhlá rekonstrukce chybějící části barevné vrstvy.

Busta Františka Dubského ze zámku v Lysicích byla zhotovena na počátku 19. století jako sádrový odlitek, opatřený barevnou úpravou imitující ušlechtilý materiál, patrně mramor nebo alabastr. Dílo bylo v minulosti vlivem nevhodných podmínek vážně mechanicky poškozeno, kdy došlo k rozlomení na několik částí a ztrátě množství fragmentů (*obr. 8.5.18a*). Materiály, které byly při výstavbě barevné vrstvy užity, jsou citlivé na zvýšenou vzdušnou vlhkost.^[391] Vlhkost způsobila nejen značné poškození povrchové úpravy, ale i degradaci a rozpad sádrového materiálu odlitku.

Po nezbytné materiálové stabilizaci objektu a po očištění povrchu bylo přistoupeno k plastickým doplňkům a rekonstrukci ztracené barevné vrstvy. Větší chybějící tvary byly doplněny modifikovaným sádrovým materiálem. Tmelící směs byla připravena z 2 dílů sádry a 1 dílu sádrokartonářského tmelu *Rokoplast*. Drobné oděrky byly doplněny v akrylátovém tmelu, jehož výhoda spočívá v dobrém nanášení bez nežádoucího znečištění okolí.

Poměrně velká část povrchu ztratila svoji původní barevnou vrstvu zhotovenou zřejmě technikou „leštění bělí“.^[392] Postup původní techniky leštění bělí se skládal z několika kroků, kdy byl nejprve zhotoven měkký sádro-křídový podklad, na který byly následně nanášeny a leštěny vrstvy s olovnatou bělobou. Kvůli rozlišitelnosti a možnosti odstranitelnosti rekonstrukčního zásahu jsme se rozhodli užít rozdílné materiály a technologii, než byla původní technika leštění bělí. Pro vyrovnání sádrového povrchu a povrchu barevných vrstev se nejprve uvažovalo o použití akrylátového tmelu, ale místy mohutnější vrstvení v rozsáhlejší ploše by mohlo být problematické kvůli sesychání tmelu a vzniku prasklin. Povrch pod barevnou úpravu byl nakonec na základě výsledků zkoušek zhotovený ze sádrokartonářského tmelu *Rokoplast*, který byl po vyschnutí separován 3% akrylátovou disperzí *K9*. Pro barevnou retuš byly užity olejovopryskyřičné barvy, které díky svému charakteru umožnily přiblížit se optickým vlastnostem původního povrchu. Výstavba vrstvy probíhala ve dvou etapách, v první byl nanesen barevný tón světlejší, po zaschnutí této vrstvy byla nanesena vrstva druhá, intenzivnější. Po vyschnutí barev byl povrch ošetřen ředěným retušovacím lakem, který dodal povrchu více lesku. Závěrem byla na takto rekonstruovaném povrchu vytvořena lazurní vrstva patiny pomocí akvarelových barev. Místa, kde došlo k doplnění barevné vrstvy, jsou při podrobném zkoumání rozlišitelná, ale při celkovém pohledu nepůsobí rušivě (*obr. 8.5.21*).

391 ĐOUBAL, Jakub a Petra ZÍTKOVÁ. *Restaurování sádrové busty Františka Dubského: Restaurátorská dokumentace*.

392 LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*, 93–98.



a | b
c |

8.5.18. Průběh prací při restaurování poškozené sádrové busty: a) stav před restaurováním; b) stav po očištění povrchu a doplnění ztracené modelace včetně vyrovnání povrchu chybějící barevné vrstvy; c) rekonstrukce barevné úpravy postupným nanášením barevných vrstev. (foto: P. Zítková)



8.5.19. Průběh doplnění chybějící modelace v modifikovaném sádrovém tmelu. (foto: P. Zítková)



8.5.20. Výstavba barevné vrstvy na povrch vyrovnaný modifikovaným sádrovým tmelem. Barevná vrstva byla nejprve vystavěna vrstvením olejovopryskyřičných barev a finální retuš byla provedena akvarelovými barvami. (foto: P. Zítková)



8.5.21. Stav po restaurování. (foto: P. Zítková)

8.5.4 Shrnutí

Při volbě materiálu pro doplňování máme v zásadě dvě možnosti. První možnost představuje užití materiálů na bázi sádry modifikovaných různými přísadami a plnivými pro optimalizaci jejich vlastností. Druhou možností je použití tmelů připravených z polymerního pojiva a různých plniv. Každá z těchto možností má své výhody a nevýhody. Volba vhodného prostředku pro plastické retuše tak bude vycházet z provedených zkoušek přizpůsobených vlastnostem daného materiálu a také z požadavků na rozsah doplnění. Jiné požadavky na modelační vlastnosti a zpracovatelnost budeme mít na materiál pro konzervační tmelení, kdy předpokládáme pouze zapravení mezer mezi lepenými fragmenty, a jiné nároky budeme mít na tmel, kterým potřebujeme vytvářet složitější tvary při rekonstrukci. Materiály na bázi modifikované sádry se vyznačují ve směs dobrou zpracovatelností a materiálovou kompatibilitou a stabilitou. Polymerní systémy s plnivem pak mohou nabídnout větší variabilitu ve vlastnostech a snadnější odstranitelnost. Jejich nevýhodou jsou naopak horší zpracovatelské vlastnosti, které omezují jejich užití pro rozsáhlejší doplňky.

Na základě výsledků testů i praktických zkušeností vykazují velmi dobré vlastnosti tmely, kde je využita směs sádry a *Rokoplastu*.³⁹³ Takto připravené tmely mají velmi dobrou zpracovatelnost, adhezi i barevnost a strukturu. Úpravou poměru sádry a *Rokoplastu* lze regulovat tvrdost tmelu, přičemž čím větší bude podíl sádry, tím bude výsledný doplněk tvrdší. Pro mírně degradovanou historickou sádro se osvědčil poměr sádry a *Rokoplastu* 2:1. Na tvrdší povrchy nebo mechanicky namáhané části je vhodnější poměr 3:1. Tento tmel nanášený na povrchy izolované roztokem šelaku vyžaduje minimální předvlhčení a je možné jej ještě před úplným vytvrzením dobře opracovávat, takže hrozí minimální riziko poškození okolního materiálu. Pro snadnější odlišení tmelu od originálu je vhodné přidat malé množství zinkové běloby zajišťující luminescenci v UV světle.

Přes pozitivní praktické zkušenosti z různými recepturami je třeba říci, že materiály pro doplňování by měly být podrobeny dalšímu zkoumání. V případě modifikovaných sádrových směsí by bylo vhodné nahradit komerčně dodávané produkty vlastními recepturami, u kterých bude zřejmé přesné složení. V případě tmelů připravených z polymerů nebyly dosud systematicky hodnoceny jejich fyzikální vlastnosti ve vztahu k sádrovému substrátu, ani nebyla věnována dostatečná pozornost možnostem optimalizace jejich zpracovatelských vlastností.

Nedílnou součástí plastické retuše je barevná integrace doplňků – barevná retuš. Konkrétní volba použitého malířského systému bude vycházet z cíle, kterého potřebujeme při retuši dosáhnout.

Míra doplnění a barevné retuše by měla být stanovena v návaznosti na celkovou koncepci restaurování, která je výsledkem diskuze mezi restaurátorem a uživatelem díla (majitelem, kurátorem, správcem sbírky). Zásadním faktorem ovlivňujícím míru rekonstrukce je i existence či naopak absence vhodných podkladů (historických vyobrazení, identických odlitků atd.), neboť rozsáhlejší rekonstrukce tvarů nesmí vést ke zkreslení a dezinterpretaci díla.

Prezentace uměleckého díla a s tím spojená plastická a barevná retuš jako finální krok restaurátorského zásahu je neustále diskutované téma. Názory na míru a formu doplňování a retuší se průběžně mění a jsou ovlivněny dobovým estetickým cítěním. Proto by každý restaurátorský zákrok měl ponechat prostor pro případné přehodnocení názoru na estetickou prezentaci v budoucnu používáním rozeznatelných a reverzibilních postupů.

393 TETUROVÁ, Klára. *Restaurování reliéfu „Libuše věštíci slávu Prahy“ od Stanislava Suchardy.*

Podmínky pro uložení a transport sádrových odlitků

M. Kulhánek — J. Ďoubal — P. Rejman

Pro zachování sádrových odlitků jsou, vedle péče spočívající v provádění restaurování, rovnocenně důležitá preventivní opatření, která vedou k eliminaci rizikových vlivů působících poškození objektů ze sádry. Mezi rizikové faktory patří v první řadě vlivy prostředí jako teplota a vlhkost, ale také znečištění prostředí pevnými nebo plynnými polutanty, příp. mikroorganismy. Součástí preventivní konzervace jsou i opatření, která brání poškození při manipulaci a transportu, a také kroky zajišťující ochranu před vandalismem, krádeží nebo přírodními pohromami.

9.1 Podmínky uložení a prezentace

Při definování podmínek vhodných pro uložení sádrových odlitků vycházíme z poznatků o vlastnostech použitých materiálů a příčinách jejich poškození (kapitola „5. *Vlastnosti sádrového pojiva a odlitků ze sádry*“).

Odlitky by měly být uloženy ve stabilním suchém, čistém a větraném prostředí s relativní vlhkostí okolo 50 % a stabilní teplotou (ideálně v rozmezí 18–22 °C).^[394] Relativní vlhkost prostředí by neměla dlouhodobě překročit 60 % a teplota prostředí, v němž jsou sádrová díla uchovávána, by se neměla (ani krátkodobě) zvýšit nad 40 °C.^[395] Nepříznivé mohou být i podmínky s velmi nízkou relativní vlhkostí (pod 30 %) obzvláště v kombinaci se zvýšenou teplotou.^[396] Při definování podmínek uložení je třeba zo-

394 GASCA MIRAMÓN, Judith, Ángeles SOLÍS PARRA a Silvia VIANA SÁNCHEZ. La restauración de los vaciados en yeso de la colección Velázquez.

395 V prostředí interiéru nebo depozitářů je možné zvýšené teploty dosáhnout v blízkosti zdrojů tepla, případně v podkrovních místnostech a půdách.

396 D'ALESSANDRO, Lorenza a Francesca PERSEGATI. *Scultura e calchi in gesso: storia, tecnica e conservazione*, s. 85.

hlednit i přítomnost případných povrchových úprav a jiných materiálů, tj. kovů, dřeva, textilií, které mohou být součástí odlitku. Jednoznačně poškozující jsou rychlé výkyvy podmínek, naopak uložení v méně vhodných, ale stabilních podmínkách větší nou poškození neindukuje. S ohledem na vlastnosti sádrových povrchů je nezbytným požadavkem čistota prostředí. I v relativně bezprašném prostředí je vhodné zakrytí objektů propustným a inertním materiálem.

Při stanovení podmínek pro uložení sádrových odlitků nelze pominout ani specifikaci ochrany proti světlu. Samotná sádrová díla jsou vůči působení světla inertní, ale při posuzování odolnosti díla je třeba vzít v úvahu případné povrchové úpravy a patiny, které ovlivňují požadavky na uložení použitými pojivy a pigmenty. V případě uložení a vystavování polychromovaných a patinovaných odlitků je tedy třeba stanovit obdobný režim jako u vystavování malířských děl, a tedy minimálně zajistit ochranu proti UV záření (například ochrannými fóliemi na oknech nebo vitrínách).³⁹⁷

Vedle klimatických podmínek je nutné zvažovat i způsob uložení děl v depozitáři. Menší díla je možné uložit do regálů, ale některé materiály mohou být pro sádru škodlivé. Dřevěné a dřevotřískové podklady nebo police mohou být zdrojem kyselých výluhů, formaldehydu z lepidla, případně škodlivých výluhů z povrchových úprav dřeva.³⁹⁸ Vhodnější jsou regály kovové s práškovou barvou, i když i v tomto případě je nutné podložit díla měkkým materiálem, aby nedošlo k poškození hran při manipulaci. Drobné sošky mohou být umístěny na polyethylenových pěných (například *Plastazote* nebo *Mirelon*). Nevhodné jsou naopak polyuretanové pěny (molitan), které mohou stárnutím vytvořit na sádře skvrny, a kyselá lepenky a kartony, které mohou způsobit poškození sádry. Materiál pro podložení odlitku by neměl být příliš silný a měkký, vzhledem k riziku zhoršení stability díla a tím jeho ohrožení v důsledku pádu. Větší objekty, které není možné uložit do regálů, by měly být alespoň dostatečně podloženy a izolovány, aby nedošlo ke vztlínání vlhkosti z podlahy, případně k zavlhčení při nenadálé havárii rozvodového systému případně záplavě.

Pokud musíme chránit objekt plastickými fóliemi, například z důvodu prevence znečištění, riskujeme v méně stabilních podmínkách, že dojde ke kondenzaci vodních par. Vhodnější je zvolit folii, která zajistí alespoň částečnou paropropustnost jako například *Tyvek* (polyethylen).³⁹⁹ I při užití částečně propustné plastové fólie doporučujeme překrytí pouze krátkodobě (jako dočasné ochranné opatření). Pro stálou ochranu proti prachu je vhodnější netkaná textilie z polypropylenu.

397 Výběr vhodného osvětlení upravuje například norma ČSN P CEN/TS 16163.

398 JEAN, TÉTREAUULT a Scott R. WILLIAMS. Materials for Exhibit, Storage and Packing.

399 Přehled materiálů vhodných pro uložení sbírkových předmětů viz ŠTEFCOVÁ, Petra. *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*.

Vedle zajištění sádrových artefaktů proti poškození při transportu, kterému věnujeme samostatnou kapitolu, je nutné zabývat se možnými riziky spojenými s jejich prezentací v rámci výstavních expozic. U drobnějších sádrových děl, která nejsou dostatečně stabilní, je možná jejich dočasná fixace k podložce pomocí bodů ze silikonu (pozor na kyselé pH některých produktů, doporučuje se výběr tmelů s neutrálním pH), případně vnějších zajišťujících pásek (**obr. 9.1**). U rozměrnějších plastik s dostatečným vnitřním prostorem lze zajistit stabilitu jejich osazením na pevnou vnitřní výztuž (čep), pevně spojenou s výstavním podstavcem. Další možností je vytváření vlastních podpurných konstrukcí, navržených jako součást prezentace díla. Vzhledem k rizikům spojeným s poškozením sádrových odlitků a specifickými vlastnostmi těchto artefaktů je při přípravě výstavy nutná spolupráce kurátora, architekta a restaurátora, aby byl navržen způsob bezpečné, funkční a esteticky vhodné adjustace a prezentace sádrových odlitků.

Zatímco v moderních depozitářích je relativně snadné kontrolovat teplotu a vlhkost, v případě výstavních prostor je to komplikovanější. Přesto je nutné dbát na to, aby zde nedocházelo k prudkým výkyvům v teplotě a aby relativní vlhkost nepřesahovala 50 %. Obzvláště citlivá mohou být díla s povrchovou úpravou a odlitky obsahující armaturu, a to jak kovovou, tak dřevěnou. Prudké změny v teplotě a vlhkosti mohou způsobit rozdílné rozpínání sádry a armatury a následný vznik prasklin. Rozhodně je třeba se vyhnout vystavování odlitků v blízkosti tepelného zdroje nebo na přímém slunečním světle, neboť by v tomto případě mohlo dojít ke strukturálnímu narušení sádry vlivem vysoké teploty.



9.1. Zajištění sádrového odlitku na výstavě pomocí demontovatelných kovových pásek s měkkou mezivrstvou. (foto: J. Ďoubal)

9.2 Manipulace sádrových odlitků a jejich transfery

K nejzávažnějším poškozením sádrových odlitků často dochází vlivem neodborné manipulace.^[400] Pro zamýšlené přesuny a manipulaci se sádrovými plastikami je třeba počítat s tím, že některé z těchto prací nebyly primárně určeny pro prezentaci, a tedy jejich technické provedení nepočítalo s větším namáháním. Jedná se často o studie, přípravné skici, dílčí modely či modely pro realizaci v jiném materiálu, u kterých se mnohdy ani nepředpokládalo jejich dlouhodobější uchování. Z povahy těchto artefaktů vyplývají tedy i možná rizika při manipulaci s nimi. Na úvod je nutné předeslat, že každá manipulace s uměleckým dílem je do určité míry riskantní. Je proto vhodné zvážit, do jaké míry je převoz díla nezbytný a jaká s ním mohou být spojena rizika. Právě křehkost sádry a náchylnost odlitků k mechanickému poškození vede některé instituce k omezení jejich zápůjček a s tím spojených transportů obdobně jako je tomu například u sbírek skla.^[401]

Sádrové odlitky, zejména ty opatřené patinou imitující jiný materiál, často na pohled působí velmi robustně a nepoučený pracovník by mohl snadno podlehnout iluzi o jejich odolnosti vůči mechanickému namáhání. U většiny sádrových plastik se však jedná o duté sádrové skořepiny a síla odlitku se může případ od případu lišit a je třeba počítat s případnými technologickými nedostatky, kdy se v odlitcích mohou vyskytovat vzduchové kapsy či dutiny vzniklé při nepropojení jednotlivých licích vrstev. V rámci průzkumu díla před transportem je důležité tato místa lokalizovat a věnovat jim zvýšenou pozornost při balení a transportu díla.

U rozměrnějších kusů jsou odlitky zpevněny vnitřní armaturou, provedenou většinou z ocelových drátů či dřevěných latí. Především v případě dřevěných vnitřních konstrukcí je třeba počítat s rizikem vzniku pnutí, které může vést k tvorbě prasklin v odlitku, zvláště vlivem uvolněných spojů u prken a latí. Pokud je nosná konstrukce ze dřeva, je velmi důležité uvážit i klimatické podmínky, ve kterých je dílo uchováno a v jakých bude přepravováno, aby vlivem kolísání vlhkosti nedošlo k nežádoucímu pohybu vnitřní konstrukce (například sesycháním dřeva při přemístění díla do prostředí s nižší relativní vzdušnou vlhkostí).

Rizikové jsou rovněž subtilní části jako prsty či hroty draperie, kde se obvykle armatura nachází blízko povrchu a může dojít k odštípnutí části modelace, a to nejen z důvodu mechanického namáhání při transportu, ale i vlivem nárůstu objemu v důsledku rozdílné tepelné či vlhkostní roztažnosti armatury. Rozměrné či komplikované

sádrové plastiky byly ve štukatérských dílnách odlévány po částech. Následně byly spojovány na kovové trny s vnější fixací kovovými sponami nebo byly jednotlivé díly nasucho osazovány na zámky k tomu určené, případně byly fixovány tzv. klečováním.^[402] Pokud to situace umožňuje, je vhodné provést revizi spojů a před transferem případně přistoupit k demontáži oddělitelných částí. V případě, že rozdělení není možné, je nutné tyto části fixovat dočasnými bandážemi.

U sádrových odlitků, které byly součástí tvůrčího procesu jako přípravné skici či dílčí modely, jsou časté přidání doplňky modelované přímo z ruky. Těmto částem je rovněž nutné věnovat zvláštní pozornost, protože nově přidání hmoty či vrstvy nemusí být dostatečně spojeny s podkladem a při otřesech by mohlo dojít k jejich odpadnutí. Sádrové odlitky jsou často povrchově upravované různými výtvarnými technikami (akvarel, šelakové patiny, tempera, olej). V mnoha případech není povrchová úprava dostatečně fixována nebo může být degradována, je tedy nutné minimalizovat riziko jejího poškození během transportu, případně provést zajištění povrchových vrstev před manipulací s objektem.

Příprava na transport je nutně spojena s provedením důkladného průzkumu díla i prostředí, do něž má být převezeno. V rámci průzkumu díla by měla vzniknout zpráva a fotografická dokumentace zaznamenávající stav díla před transportem a jeho předáním jiné osobě nebo instituci. V následujícím přehledu uvádíme jednotlivé fáze přípravy transferu:

Průzkum díla před transportem

Obhlídka na místě současného uložení díla.

Fotodokumentace díla.

Získání základních rozměrů a hmotnosti díla, případně jeho částí, na které je možné jej rozdělit. Rozpoznat a popsat způsob připevnění díla k místu uložení či jiné konstrukci.

Určení materiálů, ze kterých se dílo skládá, a stanovení jejich základních vlastností (pevnost, křehkost, pružnost, stabilita vůči teplotním a vlhkostním změnám atd.).

400 Způsoby přepravy obecně upravují směrnice ČSN EN 16648 a ČSN EN 15946.

401 ANTONINI, Laetitia. La fragilité immatérielle comme paramètre de la conservation préventive : l'exemple de la collection de moulages du musée des Monuments français.

402 ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*, str. 53–54.

Identifikace kritických míst na díle, jako jsou hrany na ložných plochách, křehké vyčnívající části, místa s tenkou stěnou odlitků či nedostatečnou výztuhou, rozlomená, naštíplá nebo jinak poškozená místa, části či plochy s narušenou povrchovou úpravou.

Vytipování částí díla, které jsou dostatečně nosné pro uchopení a podložení při manipulaci a fixování během přepravy.

Průzkum prostředí (trasa přepravy, současné a nové místo uložení)

Zjištění teploty a relativní vzdušné vlhkosti výchozího místa a plánovaného umístění.

Určení manipulačního prostoru a vytipování kritických míst, jako jsou úzké průchody (dveře), překážky na trase, převýšení formou stoupání či klesání (výtah, schody).

Seznámení se s možnými omezeními pohybu (pracovní dobou, dopravními předpisy, vnitřními předpisy dotčených organizací, firem a jiných skupin).

Administrativní příprava

Úprava smluvních vztahů s jasně definovanou zodpovědností za jednotlivé fáze transportu, kurátorský posudek s navržením místa instalace či uložení, pojištění přepravovaného díla, osob a strojů provádějících manipulaci.

V případě převozu díla do zahraničí je nezbytný souhlas MK ČR s vývozem díla (povolení k vývozu), případně mimo země Schengenského prostoru a v některých dalších zvláštních případech také tzv. „Imunitu proti zabavení“ (více viz příslušné právní předpisy).^[403]

403 Zákon č. 122/2000 Sb. Zákon o ochraně sbírek muzejní povahy.

Dle poznatků zjištěných v rámci předcházejícího průzkumu je stanoven postup při manipulaci s dílem. Cílem je především zajištění jeho stability. S ohledem na povahu díla a jeho vlastnosti volíme i polohu pro jeho převoz. Volbě odpovídá náročnost přepravy, zejména bude-li nutné zabalené dílo naklánět či bude-li v průběhu transportu nějak měněna jeho poloha. Jako nejvhodnější poloha pro transport se často jeví ta, pro kterou je dílo svou formou určeno. Tento postup však předpokládá například dostatečnou dimenzi základny, která zaručí stabilitu artefaktu i při samotné přepravě. Nezbytností je zajištění díla proti pohybu, a to jak v samotné konstrukci či bedně, v níž je přepravováno, tak v přepravním prostoru. K zajištění je výhodné využít místa, která jsou u daného díla zatížena i při jeho běžném uložení či prezentaci a lze tak předpokládat jejich větší odolnost.

Podle stavu daného díla lze zhotovit ochranné přepravní konstrukce buď jako dočasné (rozebíratelné a znovu použitelné), nebo mohou být přímo použity jako součást prezentace díla. Stabilní podpůrná konstrukce je použitelná zvláště u torzálně dochovaných plastik, především pokud nemají vlastní nosnou základnu.

Ve většině případů je při transportu nezbytné použít ochranné izolační vrstvy. Mělo by se jednat o inertní materiály s odolností proti prodření. Pro plošnou ochranu povrchu proti drobnějším poškozením jsou vhodné především netkané textilie a geotextilie. Pro změkčení dotýkaných částí je pak možné doplnit tuto ochrannou vrstvu ještě různými typy plastových folií na bázi polyethylenu (PE), jako například bublinková folie, případně pěnový polyethylen *Mirelon*. Z hlediska dlouhodobého styku se sádrovou naopak nejsou vhodné kyselé lepenky, plstěné materiály, které uvolňují vlákna, a materiály absorbující vlhkost.

Pokud je dílo transferováno volně či v bedně, je zpravidla nezbytné zajištění vyčnívajících či zvláště namáhaných míst různými změkčujícími materiály, které mohou sloužit jako ochrana před přímým nárazem či pro roznesení trvale působícího tlaku do jednoho místa. Jedná se především o polyuretanové pěny různých tvrdostí, polystyrény, vakuové matrace, vzduchové polštáře. Všechny tyto materiály je možné kombinovat. Pro zajištění proti pohybu je možné použít například materiály z extrudovaného PE (*Ethafoam*), které je možné upravit do požadovaných tvarů.

Z důvodu křehkosti sádrových odlitků je často nutné zhotovení transportního boxu, který zakrývá celé dílo nebo jeho vybrané části. Pokud se jedná o dílo s prostоровě rozvinutou kompozicí, je vhodné opatřit jej pouze částečnou vnější ochranou, aby bylo možné kontrolovat vyčnívající části v průběhu přepravy. U takto složitých artefaktů by již samotná montáž ochranné bedny mohla způsobit poškození těchto rizikových částí. V takových případech se osvědčuje zhotovení dřevěných nosítek, do

kterých je dílo uloženo (**obr. 9.2**). Konstrukce slouží k případnému opírání díla při zvedání a převážení či případně může být využita i pro uvázání lan. Veškerým tlakem je pak zatížena konstrukce, nikoliv samotný objekt. Důležité je vzít v úvahu vlastní statiku transferovaného díla, především zda nemůže docházet k pnutí či vibracím v subtilních a vlastní vahou díla zatížených částech, jakými může být například oblast kotníků u stojící figury. V těchto případech je třeba zajistit odlehčení v těchto bodech přidanou podporou či zafixování díla tak, aby nedocházelo k pružení a tím možnému poškození díla odtržením částí modelace od vnitřní kovové armatury.

Sádrové odlitky jsou ze své podstaty nejvíce náchylné na otřesy a mechanické namáhání. Pokud je jim transferované dílo v průběhu přepravy vystaveno, je zde značné riziko poškození subtilnějších částí, kam jsou otřesy přes vnitřní armaturu distribuovány. I přestože je dílo samotné opatřeno ochrannými měkkými prvky, je vhodné uvážit i způsob uložení během přepravy. Během transportu je možné zmenšit působení otřesů v průběhu cesty uložení objektu do vrstvy písku či na měkčené materiály. Pro zajištění proti pohybu i eliminaci možných tlaků lze využít záchranářských vaků. Jedná se o gumové vaky naplněné extrudovaným polystyrenem, které je možné vytvářet podle potřeby. Po odsátí vzduchu vakuovou pumpou dojde k fixaci v dané pozici. Tímto je vytvořeno lůžko, ve kterém jsou objekty pevně zafixovány pro transport a zároveň ochráněny proti nárazu (**obr. 9.3**).



Výše uvedené parametry jsou nastaveny na optimalizaci složitějších transportů například v rámci mezi galerijních výpůjček nebo převozu na restaurování. V galerijním či muzejním režimu ale dochází v rámci běžného provozu i ke zdánlivě nekomplikovaným posunům díla, často pouze v rámci depozitáře. V těchto případech bývají nejvíce zatíženy ložné hrany a subtilní vyčnívající části. V případě kompozičně složitějších či větších děl je možné využít konstrukčně identický systém nosítek, jež jsou popsána výše a která se osvědčila i v běžném provozu galerijních a muzejních depozitářů. Dvojice dřevěných latí ve tvaru písmene „L“ umožňují naklopení či položení objektu, základová deska, na níž je převážený objekt posazen, zamezuje namáhání spodní hrany při manipulaci. Takto je možné objektem manipulovat pomocí běžné užívaných prostředků (rudl, paletový vozík a další) bez rizika poškození. V nosítkách je možné i dílo ponechat, je-li zde předpoklad častějších přesunů. Další možností, vhodnou zejména pro menší, často přesouvané objekty, je připevnění měkkých bodů na spodní plochu objektu. V závislosti na předpokládaném zatížení použijeme například tvarový silikon (používaný jako podložka pod sklo) nebo filcu. Kotvení těchto bodů k sádrovému originálu je nutné provést reversibilním způsobem lepidly neobsahujícími rozpouštědla a látky, které mohou způsobit poškození či chemické změny u materiálu originálu (osvědčené je například lepidlo *Acrylkleber 498 HV*).



9.2. Příprava souboru sádrových plastik na transport v nosítkách z překližky. Ochranu tvoří Mirelon a plastiky jsou zajištěny stahovacími kurtami. (foto: J. Dóubal)



9.3. Příprava rozměrné plastiky na transport, dílo je chráněno proti odření bublinkovou folií a geotextilií, volné prostory jsou vyplněny záchranářskými vaky, které zajistí dílo proti pohybu a roznesou případné vnější tlaky. (foto: M. Kulhánek)

U velmi namáhaných odlitek je možné dílo propojit s demontovatelnou podložkou (kovovou nebo z tvrzeného plastu), kterou lze použít při většině manipulací, uložení a případně i v rámci výstavy. V tomto případě je důležité uvážit nejen mechanické vlastnosti a stabilitu materiálu užitého na podložku, ale i jeho vzhled.

Při nakládání se sádrovými odlitky je nutné používat rukavice, aby bylo zabráněno kontaminaci povrchu organickými kyselinami z potu a mastnoty kůže. Příímý kontakt může rovněž vést k setření barevných povrchových úprav v případě patinovaných sádrových plastik. Z hlediska materiálového složení jsou vhodné rukavice z přírodní bavlny, kůže, přírodního latexu, vinylu a nitrilu.^[404]

404 Dle ČSN EN 15946, základní požadavky na ochranné rukavice upravuje např. EN 420.

Závěr

J. Ďoubal

Předkládaná kniha je první obsáhlejší publikací, která se snaží komplexně řešit problematiku sádrových odlitků a péče o ně. Sádra patří k nejdůležitějším materiálům sochařské tvorby a ve formě odlitků jsou v ní uchovány reprodukce významných děl, ale i cenná autorská sochařská díla a také unikátní informace o tvůrčím procesu jednotlivých umělců. Metodický a poučený způsob konzervace a následné péče je základem pro uchování těchto děl.

Naší snahou bylo shromáždit dostupné poznatky a doplnit je o nová zjištění. Při formulování textu jsme vycházeli z mnohaleté zkušenosti s restaurováním sádrových odlitků, z laboratorních testů restaurátorských prostředků a dostupné literatury. Právě s prameny a literaturou souvisí hlavní problém, se kterým jsme se potýkali, a sice nevyváženost zpracování jednotlivých témat v odborných publikacích a dostupných případových studiích. Zatímco k tématu role sádrových odlitků v historii je množství literatury značné a text obsažený v naší publikaci je pouze základním nástínem vycházejícím z obsáhlé rešerše citovaných zdrojů, u ostatních okruhů je problém opačný. Například k tématu příčin a mechanismů degradace sádry a na to navazujících doporučení pro preventivní konzervaci se nám podařilo dohledat pouze poměrně limitované množství relevantních podkladů. Odborná literatura toto téma zmiňuje pouze okrajově a většinou v souvislosti s jinými aplikacemi sádry jako jsou omítky, přičemž většinou nebere v potaz technologická a materiálová specifika odlitků.

Nevyváženost v dostupných zdrojích poznání je možné vysledovat i v rámci jednotlivých restaurátorských postupů. K čištění sádrových objektů je literatura poměrně obsáhlá a existuje řada kvalitních studií, ze kterých lze vycházet. V případě lepení se nám podařilo dohledat jen několik málo případových studií zaměřených přímo na sádru. Nicméně při charakterizaci adheziv a hodnocení jejich vlastností lze do jisté míry

vycházet z relativně obsáhlých zdrojů týkajících se obecných vlastností materiálů a z jejich testování provedených na jiných porézních anorganických materiálech. Obecné zdroje pro charakteristiku používaných materiálů lze využít i v případě konsolidace. Avšak porozita, materiálová charakteristika a způsob degradace sádry jsou natolik specifické, že zkušenosti z jiných materiálů jsou přenosné jen omezeně. Velmi málo podkladů se nám podařilo shromáždit pro téma doplňování sádry. Zde se literatura a prameny většinou omezují na konstatování, že byl objekt doplněn, případně je zmíněn komerční název použitého prostředku. Důkladnější testování tmelících hmot se vyskytuje v literatuře výjimečně. Tento stav je do jisté míry dán i tím, že zatímco u ostatních úkonů, jako je třeba konsolidace, je stále velmi obtížné najít prostředek, který by splňoval všechny požadavky na vhodný materiál, v případě tmelení se zdá, že tento problém není tak složitý. V praxi využívané materiály mají vesměs dobré vlastnosti. Výběr materiálu pak spíše závisí na konkrétních požadavcích na zpracovatelské a optické vlastnosti materiálu pro daný úkol.

Při sestavování textu jsme vedle historické i recentní literatury a pramenů vycházeli i z našich praktických zkušeností a laboratorních studií. I zde platí, že některé studie byly rozsáhlejší a podrobnější a v některých případech šlo spíše o praktické testování uvažovaných prostředků v rámci přípravy restaurování.

V případě degradace sádry jsme se snažili popsat fenomény a příčiny vedoucí k jejímu poškození. Degradáční procesy jsou odpozorovány ze skutečného chování odlitků v různém prostředí i z omezeného rozsahu laboratorních testů stárnutí v různém prostředí. I přesto však není mechanismus degradace zcela objasněn; příkladem mohou být nezodpovězené otázky o rekrystalizaci sádry účinkem zvýšené vlhkosti či kapalné vody nebo není detailně prostudován vztah mezi působením relativní vzdušné vlhkosti a teploty na dehydrataci, respektive hydrataci sádry.

Také v případě restaurování zůstává řada otevřených otázek. Jakkoli slibné výsledky ukazují některé prostředky pro zpevňování, je toto téma spíše na začátku výzkumu. Komplikované je už vlastní objektivní vyhodnocení efektu zpevňování. Sádra je značně specifický materiál a jeho vlastnosti ovlivňují penetraci a konsolidaci jako takovou. Do budoucna by bylo jednoznačným přínosem pokračovat ve vývoji a vyhodnocení nových materiálů jako jsou sádrové a vápenné nanosuspenze, modifikované organokřemičité prostředky, případně v tuto chvíli v zahraničí testovaná biokonsolidace.

Komplexní studii by měly být podrobeny i materiály pro doplňování, zejména proto, aby bylo možné nahradit běžně používané komerčně dodávané tmelící směsi vlastními recepturami. Důvodem pro užití restaurátorem připravovaných receptur je přesná znalost složení materiálu a možná úprava jeho vlastností v závislosti na konkrétní problematice doplňování.










I v případě čištění sádry je řada otevřených otázek. Neustále se zdokonaluje technologie čištění laserem a jsou vyvíjeny nové typy přístrojů, jejichž účinek na sádrový substrát je nutné důkladně otestovat. Také dnes již tradičně využívané materiály jako Agar, případně jiné sorpční materiály mají značný potenciál a zároveň rizika, která je třeba důkladně prověřit.









Z výše uvedeného vyplývá, že i přes snahu shromáždit a prezentovat maximální množství informací, zůstává celá řada okruhů, které v budoucnu vyžadují hlubší poznání a systematické testování vhodných materiálů a technologií. Restaurování a péče o sádrové odlitky je tedy téma otevřené a věříme, že všem, kdo se rozhodnou k poznání této problematiky, může být tato kniha dobrým výchozím informačním zdrojem.

11

Přílohy

Příloha č. 1 **Glosář poškození**

SITUACE/ POŠKOZENÍ	PODSKUPINY	POPIS	OBVYKLÁ PŘÍČINA	SOUVISEJÍCÍ PORUCHY	ILUSTRAČNÍ FOTO	
ZTRÁTA HMOTY	Ztráta velké hmoty	Lomově oddělená případně odříznutá velká část hmoty, u které došlo ke ztrátě.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací ztráta oddělené části vandalismus záměrné odříznutí (pro potřeby formování) 	<ul style="list-style-type: none"> prasklina oděrky ztráta okolní hmoty oddělování vrstev deformace/obnažení armatury 		
	Odlomení	Lomově oddělení části hmoty od celku.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací vandalismus 	<ul style="list-style-type: none"> prasklina oděrky ztráta okolní hmoty oddělování vrstev deformace/obnažení armatury 		
NARUŠENÍ STRUKTURY	Roztržení hmoty	Roztržení hmoty v místě armatury. Korozní produkty kovů ve hmotě.	<ul style="list-style-type: none"> zavlhčení materiálu oxidace kovu, expanze korozních produktů železné armatury nabobtnání dřevěné výztuže 	<ul style="list-style-type: none"> zbarvení rží deformace/obnažení armatury ztráta okolní hmoty 		
	Prasklina	Narušení hmoty v podobě prasklin bez úplného oddělení od celku.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací náraz způsobený jiným předmětem 	<ul style="list-style-type: none"> obnažení armatury ztráta okolní hmoty 		
	Deformace vnitřní armatury/výztuže	Změna polohy nebo tvaru vnitřní armatury nebo výztuže.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací poškození spojů (u dřevěných armatur) degradace armatur/výztuží 	<ul style="list-style-type: none"> prasklina zbarvení rží roztržení hmoty odlomení ztráta okolní hmoty 		
	Oddělení vrstev	Fyzické oddělení vrchních vrstev.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací technika zhotovení odlitku (špatné propojení vrstev) 	<ul style="list-style-type: none"> prasklina obnažení armatury ztráta okolní hmoty 		
	Obnažení armatury	Původně vnitřní armatura se uplatňuje na povrchu.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací poškození spojů (u dřevěných armatur) degradace armatur nevhodné podmínky uložení 	<ul style="list-style-type: none"> prasklina zbarvení rží roztržení hmoty odlomení ztráta okolní hmoty deformace vnitřní armatury 		
						
						

SITUACE/ POŠKOZENÍ	PODSKUPINY	POPIS	OBVYKLÁ PŘÍČINA	SOUVISEJÍCÍ PORUCHY	ILUSTRAČNÍ FOTO
POŠKOZENÍ POVRCHU	Odřeny, oděrky	Ztráta části vrchní vrstvy modelace.	<ul style="list-style-type: none"> mechanické poškození způsobené nevhodnou manipulací vandalismus 		
	Zpráškovatění povrchu	Ztráta soudržnosti povrchové vrstvy a oddělování jednotlivých částic sádry.	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení (vysoká relativní vlhkost nebo teplota) kvalita materiálu a technika zhotovení odlitku 		
	Výkvěty solí	Bílé, snadno sprášitelné výkvěty na povrchu. Pokud je povrch uzavřen povrchovou úpravou, dochází k jejímu narušení a prorůstání krystalů z podpovrchové vrstvy	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení, kontakt se vztlínající vlhkostí 	<ul style="list-style-type: none"> zpráškovatění povrchu 	
	Eroze povrchu	Odlíšná struktura povrchu, zvýšená porozita, krakeláč povrchové vrstvy.	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení přímý a dlouhodobý kontakt s vodou 	<ul style="list-style-type: none"> roztržení hmoty zbarvení rží zpráškovatění povrchu 	
	Prachové depozity	Znečištění povrchu kumulací prachu.	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení 		
ZMĚNA BARVY, NÁNOSY NA POVRCHU	Znečištění od barev a jiných materiálů	Nechtěná vrstva pokrývající povrch.	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení vandalismus 		
	Zbarvení rží	Korozní produkty železné armatury probarvují sádrovou hmotu.	<ul style="list-style-type: none"> oxidace a zavlhčení železné armatury častěji při povrchu odkapávání vody z železa umístěného v blízkosti skulptury 	<ul style="list-style-type: none"> roztržení hmoty 	
	Biologická kolonizace, plísně	Mikroskopické houby, jejichž kolonie prostým okem vypadají jako chmýřím porostlý povlak, síť či hvězdovitý milimetrový chomáč vláken různých barev.	<ul style="list-style-type: none"> nevhodné podmínky uložení (vysoká relativní vlhkost) přítomnost organických látek 	<ul style="list-style-type: none"> zpráškovatění povrchu 	

SITUACE/ POŠKOZENÍ	PODSKUPINY	POPIS	OBVYKLÁ PŘÍČINA	SOUVISEJÍCÍ PORUCHY	ILUSTRÁČNÍ FOTO
STARŠÍ VYSPRÁVKY	Nevhodné tmely	Starší opravy odlišující se od okolního povrchu svou barvou, strukturou nebo fyzikálními vlastnostmi a působí v celku rušivě, případně způsobují poškození originálu (např. cementové tmely).	<ul style="list-style-type: none"> špatná volba materiálu nevhodný restaurátorský zásah 	<ul style="list-style-type: none"> oddělení vrstev 	
	Zpráškovatění barevné vrstvy	Narušení soudržnosti (koheze) povrchové úpravy.	<ul style="list-style-type: none"> degradace pojiva (většinou v důsledku působení vlhkosti) nevhodné uložení (cyklické změny vlhkosti) 	<ul style="list-style-type: none"> zpráškovatění povrchu sádry 	
POŠKOZENÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY	Oddělení barevné vrstvy od podkladu	Narušení přilnavosti (adheze) povrchové vrstvy k substrátu.	<ul style="list-style-type: none"> špatné propojení se substrátem degradace substrátu pod povrchovou vrstvou rozdílné fyzikální vlastnosti povrchové úpravy od substrátu nevhodné uložení (cyklické změny vlhkosti) 	<ul style="list-style-type: none"> krakeláž zpráškovatění povrchu sádry 	
	Oddělení jednotlivých vrstev patiny	Narušení přilnavosti (adheze) mezi jednotlivými vrstvami.	<ul style="list-style-type: none"> rozdílné fyzikální vlastnosti jednotlivých vrstev nátěru špatné propojení jednotlivých vrstev (často na rozhraní různých pojivových systémů) nevhodné uložení (cyklické změny vlhkosti) 	<ul style="list-style-type: none"> krakeláž oddělení barevné vrstvy od podkladu 	
	Krakeláž	Vytvoření sítě drobných prasklinek v povrchové vrstvě, krakely někdy se zvednutými okraji více či méně se oddělující od podkladu.	<ul style="list-style-type: none"> rozdílné fyzikální vlastnosti jednotlivých vrstev nátěru přílišné pnutí v povrchové vrstvě většinou vlivem přebytku pojiva 	<ul style="list-style-type: none"> oddělení barevné vrstvy od podkladu oddělení jednotlivých vrstev patiny 	
	Lokální zčernání bílé povrchové úpravy	Výrazné ztmavnutí světlé povrchové úpravy ve hmotě, většinou poměrně přesně ohraničeno.	<ul style="list-style-type: none"> chemická přeměna pigmentů 		
	Zhnědnutí, lepivost povrchové vrstvy	Ztmavlý, lepivý povrch svrchní vrstvy.	<ul style="list-style-type: none"> degradace vosku, případně jiného organického pojiva 		

Příloha č. 2 Historické receptury povrchových úprav odlitek

OŠETŘENÍ	KNIHA RECEPTUR	METODA
Pro imitaci starobylého povrchu	Frederick (1899) ^[405]	Odlitek smoč tenkou vrstvou horkého lněného oleje. Jak bude suchý, vylešti jej třením starým hedvábným kapesníkem. Do další vrstvy oleje přidej trochu přírodní či pálené umbry, žlutého okru, přírodní sieny či jiné barvy, dle požadovaného odstínu a to tak, aby se barva usazovala v hloubkách modelace jako při špinění povrchu mramoru povětrností. Poté setři olej z vršků modelace a z vystupujících částí čistým hadříkem.
Pro imitaci voskového povrchu	Frederick (1899)	Ponoř odlitek do horkého oleje na deset až dvanáct hodin. Když je odlitek zcela prosáknut olejem, umístí se tak, aby z něj přebytečný olej odkapal, a po úplném zaschnutí se vyleští hedvábím, jak je popsáno výše.
Pro imitaci slonoviny	Frederick (1899)	Vezmi parafín nebo vosk na svíce. Nanes jej na povrch odlitku a vylešti hedvábným kapesníkem. Odlitek by měl být mírně zahřátý. Práce menších rozměrů mohou být do vosku zcela ponořeny a poté vyleštěny. Pokud byl odlitek nejprve napuštěn olejem před tímto postupem, vzniká efekt staré slonoviny.
Pro imitaci staré slonoviny	Wager (1944) ^[406]	Natři odlitek dvakrát lněným olejem. Potom jej polož nad kouřící oheň a ponech jej tam celý týden a poté vylešti.
Recept pana F. D. Milleta pro výtečný povrch jak co do vzhledu tak pro ochranu.	Frederick (1899)	Svař jednu unci čistého bílého lepidla (<i>pozn.: PVA lepidlo</i>) a dvě unce benátského terpentýnu ve vodní lázni. Přidej, za postupného míchání, okolo půl pinty terpentýnového oleje nebo tolik, aby byla směs stále volně tekoucí. Za horka s ní natři odlitek a poté vylešti hedvábím. Směs je možné probarvit přidáním pigmentů nebo práškových barviv.

405 Frederick, F. F. 1899. *Plaster Casts and how They are Made*.

406 Wager, V. H. 1944. *Plaster Casting for the Student Sculptor*.

OŠETŘENÍ	KNIHA RECEPTUR	METODA
Pro imitaci mramoru	Frederick (1899) Wager (1944)	Opakovaně napustit odlitek mlékem Natři nebo ponoř odlitek do odstředěného mléka (<i>pozn.: důležité! Při užití mléka s obsahem tuku dochází na povrchu odlitku k procesu tvorby sýra</i>), přebytečné mléko oklepej a ulož odlitek do bezprašné almary, dokud neoschne. Potom vylešti povrch bavlněnou utěrkou s francouzskou křídou, až bude mít vzhled jako mramor.
Imitace bronzu	Wager (1944)	Smíchej malé množství přírodní nebo pálené umbry či zeleně (záleží na požadovaném odstínu) s mixtionem (pro matný vzhled užíj denaturovaný líh). To nanes na odlitek co nejrychleji. Nutno dbát, aby nátěr pokryl celý povrch a byl řádně zatřen i do pórů sádry. Když je podklad suchý, smíchej trochu práškového bronzu s celulóзовým lakem a nanes na vyvýšená místa odlitku. Je možné experimentovat s červeným a zlatým bronzem, červenou a modrou barvou. Použití smaragdové zeleně vyvolá dojem zašlého bronzu. Jako ochranný vosk je možné poté aplikovat nátěr stearinem nebo bílým parafínem rozpuštěným v terpentýnu. Tento nátěr se provádí za horka jemným štětcem. Následně nech jeden den odpočinout a poté vylešti bavlou. Alternativně lze také použít opačný postup, tj. dát jako první nátěr s práškovým bronzem. V tomto případě se následně natře barva především do hloubek, aby na vršcích se uplatňovala spodní vrstva bronzová. Výsledek jest oku příjemnější, avšak o to dražší, oč musíme více práškového bronzu použít.

OŠETŘENÍ	KNIHA RECEPTUR	METODA
Pro nápodobu vzhledu slonové kosti nebo terakoty	Fikar (1923) ⁴⁰⁷	Odlitek řádně suchý natřeme nejprve bílým šelakem, načež si utřeme zinkovou práškovou bělobou, již do bílého šelaku přidáme, čímž dostaneme bílou barvu, kterou model fixačním přístrojkem rovnoměrně postříkáme. Fixujeme tak dlouho, až je model pokryt rovnoměrně silnou vrstvičkou barvy, nesmíme však modelaci zaplněním malých prohlubinek poškodit. Potom rozpustíme v benzínu trochu včelího vosku a roztokem ofixujeme rovnoměrně plochu modelu. Benzin za chvíli vyprchá a model jest pokryt vrstvičkou vosku, kterou kouskem flanelu nebo čistým měkkým štětečkem vyleštíme. Poněvadž se vyleští jen vypouklé části modelu, kdežto prohlubiny zůstanou nevyleštěny, působí model opravdu dojmem slonové kosti. Pro imitaci vzhledu terakoty přidáme světle červenou hlinku (sienovou), kterou lomíme zinkovou bělobou či hnědou barvou do růžova nebo do hněda. Trochu namíchaného barevného prášku si však necháme stranou, neboť jím (suchým štětcem) celý model (když vosková vrstva je již suchá) poprášíme. Nejvyšší místa modelu vyleštíme opět flanelem nebo štětcem, kdežto v prohlubínách práškovou barvu necháme; sfoukneme ji jenom tam, kde by jí snad bylo příliš mnoho.

407 ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění.*

OŠETŘENÍ	KNIHA RECEPTUR	METODA
Pro imitaci bronzování	Šedý (1953) ⁴⁰⁸	Sádrový model se přešelakuje řídkým šelakem. Po zaschnutí se natře zlatým bronzovým práškem, rozdělaným v šelaku. Po zaschnutí i tohoto nátěru se celý povrch přetře zelenou nebo hnědou hlinkovou barvou podle toho, jaká má býti patina; přidá se trochu dextrinu nebo klihu. Po zaschnutí se barva stírá z povrchu vlhkým hadrem, až zůstane jen v záhybech a hloubkách. Na vyvýšeninách svítí bronz. Po zaschnutí se celý povrch řídkým bílým šelakem nafilixuje, aby barva na modelu držela.
Pro tuhování	Basl (1925) ⁴⁰⁹	Tuha se rozdělá v octě, a když je tekutina dosti hustá, natíráme jí určený předmět poté, co jsme jej dříve slabě přešelakovali. Pro efekt některá vyšší místa ohladíme, aby se leskla.

408 BASL, Josef. *Modelování v hlíně: příruční kniha pro učitele modelování, pro žáky škol měšťanských, středních i průmyslových a pro každého, kdo se o umění sochařské zajímá: odlévání a úprava modelů a soch.*

409 FIKAR, Alois. *Odlitky ze sádry, z kovů, papíroviny a jiných hmot ve školní praxi.*

Literatura

- ADRIEN, Jérôme, Sylvain MEILLE, Solène TADIER, Eric MAIRE a Layla SASAKI. In-situ X-ray tomographic monitoring of gypsum plaster setting. *Cement and Concrete Research*. 2016, **82**, 107–116.
- AHMADI MOGHADAM, Hajar a Ali MIRZAEI. Comparing the effects of a retarder and accelerator on properties of gypsum building plaster. *Journal of Building Engineering*. 2020, **28**.
- AMBERS, Janet. *Holding it All Together: ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation*. London: Archetype Publications, 2009. ISBN 978-1904982470.
- ANTONINI, Laetitia. La fragilité immatérielle comme paramètre de la conservation préventive : l'exemple de la collection de moulages du musée des Monuments français. In: *In Situ*. 2012, (19).
- ANZANI, Marilena. *Gel rigidi di Agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*. Saonara, Padova: Il prato, 2008. ISBN 978-8863360349.
- ANZANI, Marilena a Alfiero RABBOLINI. Il restauro di un modello in gesso: la „Ebe“ di Antonio Canova. *Problemi Conservativi dell'Ottocento: Parte Prima: i Dipinti, la Carta, i Gessi*. Milano: Spazio Oberdan, 2006, s. 113–124.
- ARCOLAO, Carla. *Le ricette del restauro: malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*. 2. vydání. Benátky: Marsilio, 1998. Polis. ISBN 88-317-6911-1.
- AUSKÁ, Zuzana. *Restaurování sochy sv. Václava z Lažan, restaurování sádrového reliéfu od Stanislava Suchardy*. Litomyšl, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Petr Rejman.
- BADDE, Aurelia. *Dust on Busts: Dust on Plaster Surfaces: Focussing on the Portrait Busts in the Rococo Hall of the duchess Anna Amalia Library in Weimar*. Newcastle, 2009. Dissertation. Northumbria University. Vedoucí práce A. Jean. E. Brown.

BALTAR, Leila Magalhães, Carlos Adolpho Magalhães BALTAR a Mohand BENA CHOUR. Effect of carboxymethylcellulose on gypsum re-hydration process. *International Journal of Mineral Processing*. 2013, **125**, 5–9.

BARTHE, George a Claude COLLOT. Traitement du relief en plâtre du musée d'Orsay, les Fugitifs de Daumier. BARTHE, George-Luis. *Le plâtre: l'art et la matière*. Paris: Créaphis, 2001, s. 310-321. ISBN 978-2913610194.

BARTHE, Georges. *Le plâtre: l'art et la matière*. Paris: Créaphis, 2001. ISBN 978-2913610194.

BASL, Josef, ed. *Modelování v hlíně: příruční kniha pro učitele modelování, pro žáky škol měšťanských, středních i průmyslových a pro každého, kdo se o umění sochařské zajímá: odlévání a úprava modelů a soch*. 2. Praha: I. L. Kober, 1925.

BEALE, Arthur. The Conservation of Plaster Casts. In: *Preprints of papers presented at the fifth annual meeting – American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works: Boston, Massachusetts, 30 May – 2 June, 1977*. Washington: American Institute for Conservation, 1977, s. 18–26.

BEAUZAC, Julie. L'histoire matérielle des moulages du musée de Sculpture comparée (1897–1927). In: *In Situ* [online]. 2016, (28) [cit. 2020-05-04].

BERGER, Gustav. Art adhesive needs stability, reversibility, compatibility. *Adhesives age*. Paris, 1985, **28**(3), 30–32.

BERGER, Gustav A. Testing Adhesives for the Consolidation of Paintings. *Studies in Conservation*. 1972, **17**(4), 173–194.

BERNHARD, Ludwig. *Gipsabgüsse, Stuckarbeiten und Künstlicher Marmor: Ein Handbuch für die Gips verarbeitenden Gewerbe und Industrien*. Frankfurt: H. Bechhold, 1893.

BERZIOLI, Michela. *An analytical and applicative approach to the cleaning of artworks*. Parma, 2011. Doktorská práce. Università degli Studi di Parma. Dipartimento di Chimica Generale e Inorganica, Chimica Analitica, Chimica Fisica.

BICER, Ayse a Filiz KAR. Thermal and mechanical properties of gypsum plaster mixed with expanded polystyrene and tragacanth. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2017, **2017**(1), 59–65

BILBEY, Diane a Marjorie TRUSTED. „The Question of Casts“ – Collecting and Later Reassessment of the Cast Collections at South Kensington. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 465–484. ISBN 978-3110208566.

BORDALO, Rui, Paulo J. MORAIS, Christina R. T. YOUNG, Luis F. SANTOS a Rui M. ALMEIDA. Characterisation of laser-induced physical alterations of pigmented oil layers. *E-Preservation science* [online]. 2012, **9**, 47–59 [cit. 2020-03-25].

BORSOI, Giovanni. *Nanostructured lime-based materials for the conservation of calcareous substrates*. A+BE | Architecture and the Built Environment, 2017. ISBN 978-94618684.

BORSOI, Giovanni, Barbara LUBELLI, Rob VAN HEES, Maria de Rosario VEIGA, A. Santos SILVA, Laura COLLA, Laura FEDELE a Patrizia TOMASIN. Effect of solvent on nanolime transport within limestone: How to improve in-depth deposition. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2016, **497**, 171–181.

BOUCHER, Bruce. Leone Leoni and Primaticcio's Moulds of Antique Sculpture. *The Burlington Magazine*. 1981, **123**, (934, Special Devoted to Sculpture), 23–26.

BOUZEK, Jan, Magda ČTVRTNÍKOVÁ a Iva ONDŘEJOVÁ. Dějiny sbírky odlitků. KAMÍNKOVÁ, Eva, ed. *Galerie antického umění Hostinné nad Labem. Katalog odlitků antické plastiky ze sbírky Univerzity Karlovy*. Praha: Univerzita Karlova, 1978, s. 47–58.

BOUZEK, Jan, Magda ČTVRTNÍKOVÁ a Iva ONDŘEJOVÁ. *Katalog odlitků antické plastiky ze sbírky Univerzity Karlovy: Galerie antického umění Hostinné nad Labem*. Praha: Univerzita Karlova, 1978.

BRANNT, William Theodore a William Henry WAHL. *The Techno-Chemical Receipt Book*. New York: Henry Carey Baird & Co., 1919.

BREITENFELDT, Jörg, Aurelia BADDE a Rolf KRIESTEN. Über die Reinigung Von Gipsoberflächen. EIPPER, Paul Bernhard. *Handbuch der Oberflächenreinigung*. 3. München: Müller-Straten, 2013, s. 292–308. ISBN 978-3932704246.

BRUG, Tobias. Building a Small Albertinum in Moscow: the Correspondence between Georg Treu and Ivan Tsvetaev. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 539–556. ISBN 978-3110208566.

BRUNAUER, Stephen, P. H. EMMET a Edward TELLER. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society*. 1938, **60**(2), 309–319.

BUYS, Susan a Victoria OAKLEY. *The conservation and restoration of ceramics*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1993. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. ISBN 07-506-3219-4.

BYRNE, Gregory S. Formulation d'adhésifs transformés par addition d'aérosols de silice colloïdale. In: *Adhésifs et consolidants: édition française des communications Xe Congrès international, Paris 2–7 septembre 1984; Institut international de conservation des œuvres historiques et artistiques IIC*. Paris: SFIIC, 1984, s. 80–82.

CAMARINI, Gladis, Maria Clara Cavalini PINTO, Aline Goulart de MOURA a Natalia Reggiani MANZO. Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components. *Construction and Building Materials*. 2016, **124**, 383–390.

CAMEO: *Conservation & Art Materials Encyclopedia Online* [online].

Dostupné z: <http://cameo.mfa.org/wiki>.

CARINI, Giovanni, Antonio BARTOLOTTA, Giuseppe CARINI, Giovanna D'ANGELO, Mauro FEDERICO a Gaetano DI MARCO. Water-driven segmental cooperativity in polyvinyl butyral. *European Polymer Journal*. 2018, **98**, 172–176.

CARRADORI, Francesco a Matti AUVINEN. *Elementary instructions for students of sculpture*. 2. Los Angeles: J. Paul Getty Museum, 2002. ISBN 08-923-6688-5. Původní vydání 1802.

CARROT, Christian, Amine BENDAOU a Caroline PILLON. Polyvinyl Butyral. *Handbook of thermoplastics*. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 2016, s. 89–138. ISBN 978-1466577220.

CASSIER, Jeanne. *Etude et restauration d'un moulage en plâtre patiné d'un bas-relief d'Angkor-Vat (musée national des arts asiatiques-Guimet, Paris). Etude pour la solidarisation d'une structure de renfort par l'intermédiaire de fibre de verre imprégnée d'un adhésif*. Paříž, 2006. Diplomová práce. Institut national du Patrimoine.

CELLINI, Benvenuto. *Opere de Benvenuto Cellini: Due Trattati ... Dell'oreficeria ... Della Scultura...* Nabu Pres, 2012. ISBN 978-1273199561.

CENNINI, Cennino. *Il libro dell'arte della pittura: il manoscritto della Biblioteca nazionale centrale di Firenze, con integrazioni dal Codice riccardiano / Cennino Cennini; a cura di Antonio P. Torresi; prefazione di Franco Cardini; postfazione di Galeazzo Viganò*. Ferrara: Liberty house, 2004.

CLIFTON, James, R. *Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster*. Washington DC: Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards, 1973.

COLTMAN, Viccy. *Fabricating the antique: neoclassicism in Britain, 1760–1800*. Chicago: University of Chicago Press, 2006. ISBN 978-0226113968.

CONNOR, Peter. Cast-collecting in the Nineteenth Century: Scholarship, Aesthetics, Connoisseurship. *Rediscovering Hellenism: the Hellenic inheritance and the English imagination*. New York: Cambridge University Press, 1989, s. 187–235. ISBN 978-0521354806.

CORGNATI, Martina. *L'Arte dello stucco in Europa dalla tarda antichità all'età gotica*. Perugia: Quattroemme, 2010. ISBN 978-8889398203.

COSENTINO, Antonino. Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. In: *Conservar Património*. Lisabon: Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal, 2015, **21**, s. 53–62.

COSENTINO, Antonino. Effect of different binders on technical photography and Infrared reflectography of 54 historical pigments. *International Journal of Conservation Science*. 2015, **6**(3), 287–298.

COURTIADÉ, Lucie. Restauration de Sapho ou Le Chant de Raoul Verlet. *CeROArt* [online]. 2012, (2) [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://journals.openedition.org/ceroart/>

CREMONESI, Paolo. Surface cleaning? Yes, freshly grated Agar gel, please. *Studies in Conservation*. 2016, **61**(6), 362–367.

CROLL, S. G. The origin of residual internal stress in solvent-cast thermoplastic coatings. *Journal of Applied Polymer Science*. 1980, **23**(3), 847–858.

CUPPERI, Walter. Giving away the moulds will cause no damage to his Majesty's casts" – New Documents on the Vienna Jüngling and the Sixteenth-Century Dissemination of Casts after the Antique in the Holy Roman Empire. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 81–98. ISBN 978-3110208566.

DAEHNE, Arnulf a Christoph HERM. Calcium hydroxide nanosols for the consolidation of porous building materials - results from EU-STONECORE. *Heritage Science*. 2013, **1**(1), 1–9.

D'ALESSANDRO, Lorenza a Francesca PERSEGATI. *Scultura e calchi in gesso: storia, tecnica e conservazione*. Roma: „L'Erma" di Bretschneider, 1987. *Studia archaeologica* („Erma" di Bretschneider), 47. ISBN 88-7062-626-1.

DAVIDSON, Sandra. Conservation and restoration of glass. DAVIDSON, Sandra. *Conservation and Restoration of Glass*. 2. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003, s. 242–345. ISBN 0-7506-4341-2.

DAVIES, Adrian. *Digital Ultraviolet and Infrared Photography*. New York: Routledge, 2018. ISBN 978-1138200173.

DAVISON, Sandra. *Conservation and restoration of glass*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 07-506-4341-2.

DE CRUZ, Adele, Myron Lee WOLBARSHT a Susanne A. HAUGER. Laser removal of contaminants from painted surfaces. *Journal of Cultural Heritage*. 2000, **1**(1), 173–180.

DE LA TORRE, Marta, ed. *Assessing the Values of Cultural Heritage: Research Report*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2002.

DELCROIX, Gilbert. *Données générales sur les polymères synthétiques*. Bern: Verlag Paul Haupt, 1985.

DIGNARD, Carole, Robyn DOUGLAS, Sherry GUILD, Anne MAHEUX a Wanda MCWILLIAMS. Ultrasonic Misting. Part 2, Treatment Applications. *Journal of the American Institute for Conservation*. 1997, **36**(2), 127–141.

DOEHNE, Eric Ferguson a Clifford A. PRICE. *Stone conservation: an overview of current research* [online]. 2nd ed. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2010 [cit. 2020-03-25]. ISBN 978-1606060469.

Dostupné z: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/stoneconservation.pdf

DOLEŽELOVÁ, Magdaléna, Lenka SCHEINHERROVÁ, Jitka KREJSOVÁ a Alena VIMMROVÁ. Effect of high temperatures on gypsum-based composites. *Construction and Building Materials*. 2018, **2018**(168), 82–90.

ĎOUBAL, Jakub a Petra ZÍTKOVÁ. *Restaurování sádrové busty Františka Dubského: Restaurátorská dokumentace*. Kutná Hora, 2019.

DOUŠA, Václav. *Polychromovaná sádrová plastika Nejsvětější Srdce Ježíšovo z kostela sv. Petra a Pavla v Korouhvi: Restaurátorská dokumentace*. Litomyšl: Fakulta restaurování, 2016.

DOUŠA, Václav. *Restaurátorská dokumentace: Sádrová plastika alegorické postavy Nebezpečí/Oheň od Stanislava Suchardy*. Litomyšl: Fakulta restaurování, 2017.

DOWN, Jane L. The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: A final research update. *Studies in Conservation*. 2014, **60**(1), 33–54.

DOWN, Jane L. Review of CCI research on epoxy resin adhesives for glass conservation. *Studies in Conservation*. 2013, **46**(sup1), 39–46.

DOWN, Jane L. The yellowing of epoxy resin adhesives: report on natural dark aging. *Studies in Conservation*. 2013, **29**(2), 63–76.

DOWN, Jane L. a Elzbieta KAMINSKA. A preliminary study of the degradation of cyanoacrylate adhesives in the presence and absence of fossil material. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 2006, **26**(3), 519–525.

DOWN, Jane L., Maureen A. MACDONALD, Jean TÉTREAULT, R. Scott WILLIAMS a Jean TETREAULT. Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute: An Evaluation of Selected Poly(Vinyl Acetate) and Acrylic Adhesives. *Studies in Conservation*. 1996, **41**(1), 19–44.

DRDÁCKÝ, Miloš, Jaroslav LESÁK, Silvia RESCIC, Zuzana SLÍŽKOVÁ, Piero TIANO a Jaroslav VALACH. Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces. *Materials and Structures*. 2012, **45**(4), 505–520.

DRDÁCKÝ, Miloš a Zuzana SLÍŽKOVÁ. In situ peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic plaster and render surfaces. *Studies in Conservation*. 2014, **60**(2), 121–130.

DRUILHE, Fabienne. *Etude et conservation-restauration d'Apollon archer, élément en plâtre du décor monumental de l'hôtel d'Etancourt à Rouen (début du XVIIIème siècle) conservé au musée des Beaux-Arts de Rouen. Recherche sur le collage structural du plâtre*. Paříž, 2003. Institut national du Patrimoine. Vedoucí práce Diplomová práce.

DUPIRE, Juliette Robin. Etude et restauration d'un relief en plâtre pour un des pilastres de la Porte de l'Enfer d'Auguste Rodin, musée Rodin. *CeROArt* [online]. 2017, **2017**(EGG 6) [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://journals.openedition.org/ceroart/5322>

DYER, Joanne, Antony SIMPSON a Antony SIMPSON. Polychromy in Roman Egypt: A study of a limestone sculpture of the Egyptian god Horus. *The British Museum Technical Research Bulletin*. 2014, **8**(1), 93–103.

ECKEL, Edwin Clarence. *Cements, limes, and plasters, their materials, manufacture and properties*. 2. New York: Wiley, 1922.

EVERETT, Douglas Hugh, ed. *Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units: APPENDIX II Definitions, Terminology and Symbols in Colloid and Surface Chemistry*. Londýn: Butterworths, 1972.

FELLER, Robert L. Standards in the Evaluation of Thermoplastic Resins. In: *ICOM Committee for Conservation. 5th Triennial Meeting, Zagreb, 1–8 Oct. 1978. Preprints*. Paris: ICOM, 1978, s. 1–11.

FELLER, Robert L., Mary CURRAN, Val COLALUCA, John BOGAARD a Catherine BAILIE. Photochemical deterioration of poly(vinylbutyral) in the range of wavelengths from middle ultraviolet to the visible. *Polymer Degradation and Stability*. 2007, **92**(5), 920–931

FELLER, Robert L. a Myron WILT. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*. Marina del Rey, California: The Getty Conservation Institute, 1990. ISBN 0-89236-099-2.

FIKAR, Alois. *Odlitky ze sádry, z kovů, papíroviny a jiných hmot ve školní praxi*. Brno: Ústřední nakladatelství a knihkupectví učitelstva československého v Praze, 1925.

FOGL, Jaroslav a Karel VOLKA. *Analytické tabulky*. Vyd. 7. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. ISBN 80-708-0371-1.

FOUCAULT, Michel. La corrosion des métaux par le plâtre. In: *Sulfates de Calcium Et Matériaux Dérivés: compte rendu: Réunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux et les constructions*. Saint-Rémy-lès-Chevreuse: Colloques internationaux de la R.I.L.E.M, 1977, s. 489–507.

FRANCESCHINI, Marianna a Cristina NORDIO. Endimione dormiente: diagnosi e restauro. In: *Restaurare per Riscoprire: restauro del bassorilievo in gesso ENDIMIONE DORMIENTE*. Venezia: Accademia di Belle Arti di Venezia, 2011, s. 27–37.

FREDERICK, Frank Forrest. *Plaster Casts and How They are Made: A Manual for Art Students and Amateurs*. New York: William T. Comstock, 1899.

FREDERICKSEN, Rune. Plaster Cast in Antiquity. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 13–33. ISBN 978-3110208566.

FREDERIKSEN, Rune a Eckart MARCHAND. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010. Transformationen der Antike, Bd. 18. ISBN 978-3110208566.

FRIDRICHOVÁ, Marcela, Věra DVOŘÁKOVÁ a Jan NOVÁK. Možnost retardace hemihydrátové sádry. In: *Symposium on Science and Research in The Chemistry and Technology Application*. Brno: VUT v Brně Fakulta stavební, 2000, s. 35–36. ISBN 80-214-1643-2.

GASCA MIRAMÓN, Judith, Ángeles SOLÍS PARRA a Silvia VIANA SÁNCHEZ. La restauración de los vaciados en yeso de la colección Velázquez. *Velázquez: esculturas para el Alcázar*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 2007, s. 243–304. ISBN 978-8496406155.

GAURICO, Pomponio a Heinrich BROCKHAUS. *Pomponius Gauricus de Sculptura*. USA: Wentworth Press, 2018. ISBN 978-0274880669.

GERALD, ZIEGENBALG, DRDÁCKÝ MILOŠ, DIETZE CLAUDIA a Dirk SCHUCH. *Nanomaterials in Architecture and Art Conservation*. Stanford: Pan Stanford Publishing, 2018. ISBN 978-9814800266.

GERBER, August. *Reproduktionen Klassischer Bildwerke aus der Kunstanstalt August Gerber*. Köln am Rhein: G.M.B.H., 1910.

GLOMBOVÁ, Barbora. *Restaurování polychromované sochy svatého Václava z Národního muzea; Odolnost retušovacích prostředků vůči stárnutí*. Litomyšl, 2016. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.

GODIN, Frederick T. J. *Antiquity in plaster: production, reception and destruction of plaster copies from the Athenian Agora to Felix Meritis in Amsterdam*. Amsterdam, 2009. Dizertační práce. Amsterdam Institute for Humanities Research (AIHR).

GRAEPLER, Daniel. A Dactyliothea by James Tussie and Other Collections of Gem Impressions. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 435–50. ISBN 978-3110208566.

GRZIMEK, Waldemar. *Deutsche Stuck plastik: 800–1300*. Berlín, 1975.

GUDERZO, Mario. *Gipsoteche. Realtà e storia: Atti del Convegno Internazionale di Studi*. Treviso: Quaderno del centro Studi Canoviani, 2008. ISBN 88-8409-192-6.

HANSEN, Eric F. The Effects of Solvent Quality on Some Properties of Thermoplastic Amorphous Polymers Used in Conservation. *MRS Proceedings*. 1995, **352**.

HANSEN, Eric F., Michele R. DERRICK, Michael R. SCHILLING a Raphael GARCIA. The Effects of Solution Application on Some Mechanical and Physical Properties of Thermoplastic Amorphous Polymers Used in Conservation: Poly(vinyl acetate)s. *Journal of the American Institute for Conservation*. 1991, **30**(2), 203–213.

HAVLÍN, Jakub, Monika SLAVÍKOVÁ, Jan VÁLEK a Karel PAVELKA. *Metodika: Využití neinvazivních průzkumových metod – georadaru, impakt echa a povrchového měření šíření ultrazvuku k posouzení stavu a konstrukčních detailů pískovcového pláště stavebních konstrukcí*. Praha, 2015.

HEČKOVÁ, Petra. „Copiare, contraffare, imitare“: Kopírování antických soch v renesanci. In: *Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt: Restaurování a ochrana uměleckých děl – Originál, kopie, faksimile*. Kutná Hora: Arte-fakt, 2016, s. 26–39. ISBN 978-8090592421.

HLOBIL, Ivo a Petr CHOTĚBOR. Odlitky skulptur z katedrály sv. Vita v Praze. *Plaster Casts of the Works of Art: history of collections, conservation, exhibition practice*. Krakov: Muzeum Narodowe, 2010, s. 51–65. ISBN 978-8375810592.

HORIE, Velson. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. 2. London: Elsevier, 2010. ISBN 978-0750669054.

HOWELLS, Rachel, Aviva BURNSTOCK, Gerry HEDLEY a Stephen HACKNEY. Polymer dispersions artificially aged. *Studies in Conservation*. 2013, **29**(sup1), 36–43.

HOWIE, Francis M. P. Materials used for conserving fossil specimens since 1930: a review. In: BROMMELLE, N. S., ed. *Adhesives and consolidants: Contributions to the 1984 IIC Congress*. London: IIC, 1984, s. 92–97.

HRADIL, David a Jana HRADILOVÁ. *Metodika: Přenosné rentgen-fluorescenční analyzátoři: metodika pro jejich použití v neinvazivním průzkumu malířských děl in situ*. Praha, 2015.

HRDLIČKA, Zdeněk. Kaučuková, tavná a kyanoakrylátová lepidla. *Lepidla v památkové péči. Teoretické základy: Zpravodaj STOP*. 2010, (svazek 12, 2). ISSN 1212-4168.

HVĚZDA, Daniel. *Konzervační zásah na fragmentech polychromované sádrové plastiky a průzkum s koncepcí dlouhodobé ochrany reliéfu na Juditině věži v Praze*. Litomyšl, 2013. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Jiří Novotný.

CHANDLER, Elizabeth Gordon a Laci de GERENDAY. Eleven ways to patch a plaster. *National Sculpture Review*. NSS, 1982, **1981, 1982**, 22–24.

CHAROLA, A. Elena a Silvia A. CENTENO. Analysis of Gypsum-Containing Lime Mortars: Possible Errors Due to the Use of Different Drying Conditions. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2013, **41**(3), 269–278.

CHEVILLOT, Catherine. La question des revêtements de surface de plâtres du XIXe siècle. In: BARTHE, Georges, ed. *Le plâtre: l'art et la matière: Actes du colloque tenu à Cergy-Pontoise en octobre 2000*. Paris: Créaphis, 2001, s. 173–180. ISBN 978-2913610194.

IUCOLANO, Fabio, Barbara LIGUORI, Paolo APREA a Domenico CAPUTO. Thermo-mechanical behaviour of hemp fibers-reinforced gypsum plasters. *Construction and Building Materials*. 2018, **2018**(185), 256–263

JÄGERS, Elizabeth a Erhardt JÄGERS. Volatile Binding Media – Useful Tools for Conservation. In: ODDY, Andrew a Sara CARROLL. *Reversibility – does it exist?: British Museum Occasional Paper*. Number 135. London: The British Museum, 1999, s. 37–42. ISBN 978-0861591350.

JEAN, TÉTREULT a Scott R. WILLIAMS. Materials for Exhibit, Storage and Packing. *A Systematic Approach to the Conservation (Care) of Museum Collections*. Ottawa: Institut canadien de conservation, 1992, příloha F.

JOHNSON, Jessica S. Consolidation of Archaeological Bone: A Conservation Perspective. *Journal of Field Archaeology*. 1994, **21**(2), 221–233.

RICCARDELLI, Carolyn, Winston Oluwole SOBOYEJO a Nima RAHBAR. An evaluation of potential adhesives for marble repair. AMBERS, Janet. *Holding it All Together: ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation*. London: Archetype Publications, 2009, s. 143–149. ISBN 978-1904982470.

JORJANI, Mersedeh, George WHEELER, Carolyn RICCARDELLI, Winston O. SOBOYEJO a Nima RAHBAR. An evaluation of potential adhesives for marble repair. In: *Objects Specialty Group Postprints, Volume Fifteen, 2008*. Washington DC: The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, 2008, s. 95–107.

JROUNDI, Fadwa, Antonia FERNÁNDEZ-VIVAS, Carlos RODRIGUEZ-NAVARRO, Eulogio J. BEDMAR a María Teresa GONZÁLEZ-MUÑOZ. Bioconservation of Deteriorated Monumental Calcarenite Stone and Identification of Bacteria with Carbonatogenic Activity. *Microbial Ecology*. 2010, **60**(1), 39–54

JROUNDI, Fadwa, Maria Teresa GONZALEZ-MUÑOZ, Ana GARCIA-BUENO a Carlos RODRIGUEZ-NAVARRO. Consolidation of archaeological gypsum plaster by bacterial biomineralization of calcium carbonate. *Acta Biomaterialia*. 2014, **10**(9), 3844–3854.

JUNDROVSKÝ, R. *Sochařství pro praktickou potřebu sochařů, stavitelů a škol odborných*. Praha: Ignác Leopold Kober, 1912.

KALIVODA, Karel. *Výroba alfa sádry s využitím chloridových odprašků*. Brno, 2013. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Marcela Fridrichová.

KANG, Yujin, Seong Jin CHANG a Sumim KIM. Hygrothermal behaviour evaluation of walls improving heat and moisture performance on gypsum boards by adding porous materials. *Energy and Buildings*. 2018, **2018**(165), 431–439.

KARNET, Miroslav. *Štukatéřství: Určeno štukatéřům, staveb. odborníkům a arch*. Praha: SNTL, 1961.

KESSLER, Sabine. *Etude et restauration d'une Jeanne d'Arc en terre cuite conservée au Musée des Beaux-Arts d'Orléans*. Paříž, 1997. Diplomová práce. Institut national du patrimoine.

KLEMARCZYK, P. a J. GUTHRIE. Advances in anaerobic and cyanoacrylate adhesives. In: *Advances in Structural Adhesive Bonding*. Cambridge: Elsevier, 2010, 2010, s. 96–31. ISBN 978-1845694357.

KLIAFA, Maria a Michael DOULGERIDIS. The Contribution of Plaster Sculptures and Casts to Successful Conservation Interventions at the National Gallery of Greece, Athens. In: *Plaster Casts: Making, Collecting and Displaying from Classical Antiquity to the Present*. Berlin, New York: De Gruyter, 2010, 2010-01-17, s. 403–418. ISBN 978-3110216875.

KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování sochy „Múzy lyrického zpěvu Aiodé“ z parku státního zámku Konopiště. Restaurování sádrových plastik rytířů, modelů stavebních článků chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře*. Litomyšl, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Petr Rejman.

KOKSTEJNOVÁ, Aneta. *Restaurování objektů od Stanislava Suchardy sádrové plastiky Karla IV. a plastiky z pálené hlíny. Testování adheziv pro lepení sádrových artefaktů*. Litomyšl, 2017. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Jakub Ďoubal.

KOKSTEJNOVÁ, Aneta a Renata TIŠLOVÁ. Testování prostředků pro lepení sádrových artefaktů. In: *Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt: Restaurování a ochrana uměleckých děl – Konsolidace uměleckých děl*. Kutná Hora: Arte-fakt, 2015, s. 20–29. ISBN 978-8090592414.

KOLLER, Manfred. Die Erhaltungsprobleme der Ringstrassenmodelle in Wien. *Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege*. 1997, **51**, 401–407.

KOLLER, Manfred. Použití umělého kamene v pozdním středověku: Přehled vývoje odlévacích technik. *Technologia Artis* [online]. 1994, **4**(1) [cit. 2020-01-26].

Dostupné z: <https://technologiaartis.avu.cz/4soch-pouz.html>

KOLLER, Manfred. Probleme und Methoden der Retusche polychromer Skulptur. *Maltechnik: Restauo*. 1979, **1979**(1/1979 (85)), 14–40. ISSN 0025-1445.

KOLLER, Manfred. Technika a sloh polychromie plastik kolem roku 1400. *Technologia Artis* [online]. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://technologiaartis.avu.cz/3polych-technika.html>

KONDRATIEVA, Nataliia, Maud BARRE, François GOUTENOIRE a Myroslav SANYTSKY. Study of modified gypsum binder. *Construction and Building Materials*. 2017, **149**, 535–542.

KOOB, Stephen P. The instability of cellulose nitrate adhesives. *The Conservator*. 2010, **6**(1), 31–34.

KOOB, Stephen P. The Consolidation of Archaeological Bone. *Studies in Conservation*. 1984, **29**(sup1), 98–102.

KOOB, Stephen P. The use of Paraloid B-72 as an adhesive: its application for archaeological ceramics and other materials. *Studies in Conservation*. 2013, **31**(1), 7–14.

KOTLÍK, Petr. *Stavební materiály historických objektů: materiály, koroze, sanace*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999. ISBN 80-708-0347-9.

KOTLÍK, Petr a Petra LESNIAKOVÁ. Vliv vnějších podmínek na konsolidační účinek organokřemičitých prostředků. In: *Organokřemičitany v české památkové praxi: sborník z konference Padesát let používání organokřemičtanů na území České republiky*. Praha: Národní památkový ústav, 2008, s. 28-34. ISBN 978-8087104156.

KOTLÍK, Petr, Ivana PICKOVÁ a Jiří ZELINGER. Síťování epoxidových pryskyřic v přítomnosti rozpouštědel. In: *Sborník Vysoké školy chemicko-technologické v Praze: S6/1981*. Praha: SPN, 1981, s. 87–109. ISSN 0139-908X.

KUPILÍK, Václav. Chování sádry v různých provozních podmínkách. Sádra v památkové péči: Zpravodaj STOP. 2006, (svazek 8, 2), 14–22. ISSN 1212-4168.

KURTZ, Donna. *The reception of Classical art in Britain: An Oxford history of plaster casts from the Antique*. Oxford: British Archaeological Report, 2000. ISBN 978-1903767009.

LANDWEHR, Christa a Walter-Herwig SCHUCHHARDT. *Die antiken Gipsabgüsse aus Baiae: griechische Bronzestatuen in Abgüssen römischer Zeit*. Berlin: Mann, 1985. ISBN 37-861-1408-0.

LANGLOIS, Juliette, Guylaine MARY, Hélène BLUZAT, Agnès CASCIO, Nathalie BALCAR, Yannick VANDENBERGHE a Marine COTTE. Analysis and conservation of modern modeling materials found in Auguste Rodin's sculptures. *Studies in Conservation*. 2017, **62**(5), 247–265

LAŠKA, Marek. Sádrová plastika modelu k rodinné hrobce Mildeho od Stanislava Suchardy. Litomyšl: Fakulta restaurování, 2018.

LE DANTEC, Tiffanie. Gypsum external renders of Paris: history and fabrication. In: CAMPBELL, James W. P. *Further Studies in the History of Construction: Proceedings of the Third Conference of the Construction History Society*. Cambridge: The Construction of History Society, 2016, s. 59–72. ISBN 978-0992875121.

LEFEBVRE, D. R., P. R. ELLIKER, K. M. TAKAHASHI, V. R. RAJU a M. L. KAPLAN. The critical humidity effect in the adhesion of epoxy to glass: role of hydrogen bonding. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2000, **14**(7), 925–937.

LENDING, Mari. *Plaster monuments: architecture and the power of reproduction*. Princeton: Princeton University Press, 2017. ISBN 978-0691177144.

LESNIAKOVÁ, Petra, Pavel MROVĚC a Jakub ĎOUBAL. Čištění povrchově neupravené sádry laserem. In: Fórum pro konzervátory-restaurátory. Brno: Technické muzeum v Brně, 2018, s. 51–57. ISBN 978-8087896587. ISSN 1805-0050.

LÓPEZ-ARCE, Paula a et al. Influence of porosity and relative humidity on consolidation of dolostone with calcium hydroxide nanoparticles: Effectiveness assessment with non-destructive techniques. *Materials Characterization*. 2010, 61(2), 168–184.

LORENZEN-BRANGER, Astrid. *Les traitements de surface des oeuvres en plâtre*. Paris, 2005.

LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada, 2005. Řemesla, tradice, technika. ISBN 80-247-0913-9.

LOSOS, Ludvík a Miloš GAVENDA. *Štukatéřství*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-8024721750.

LOWENTHAL, David. *The past is a foreign country*. New York: Cambridge University Press, 1985. ISBN 05-212-9480-0.

MALIK, Umair Shafqat a Gabriele GUIDI. Massive 3D digitization of sculptures: Methodological approaches for improving efficiency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018, 364.

MARCHAND, Suzanne L. *Down from Olympus: Archaeology and Philhellenism in Germany*. Princeton: Princeton University Press, 2003. ISBN 978-0691114781.

MARCHANT, Eckart. Plaster and Plaster Casts in Renaissance Italy. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 49–79. ISBN 978-3110208566.

MARTINELLI, Napoleone F. *Catalogue of Casts in Gypsum, Taken Direct from the Masterpieces of Greek Sculpture Existing in Athens and Other Places in Greece ...: On Sale by Napoleone F. Martinelli, Athens*. William Shaw, 1881.

MATĚJČEK, Stanislav. *Plastika*. Olomouc: R. Promberger, 1929.

MEGENS, Luc, Ineke JOOSTEN, Alberto DE TAGLE a Renske DOOIJES. The Composition of Plaster Casts. In: *The 216th Triennial ICOM-CC Conference*. Lisbon: ICOM-CC, 2011, s. 1–9.

MĚŠŤAN, Radomír. *Štukatéřství I: [učební text pro 1. ročník středních odborných učilišť – obor štukatéř]*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1984.

MĚŠŤAN, Radomír. *Štukatéřství I: [učební text pro 1. ročník středních odborných učilišť – obor štukatéř]*. Praha: SNTL, 1984.

MIDDENDORF, Bernhard. *Charakterisierung historische Mörtel aus Ziegelmauerwerk und Entwicklung von wasserresistenten Fugenmorteln auf Gipsbasis*. Siegen, 1994. Doktorská práce. Universität Siegen.

MILLAR, William. *Plastering Plain and Decorative: A practical treatise on the art and craft of plastering and modelling*. Londýn: Batsford, 1899.

MITTAL, Kashmiri L. *Progress in Adhesion and Adhesives*. New York: John Wiley & Sons, 2017. ISBN 978-1119406389.

MOENS, Filip. Arte Mundit – the stone cleaning product. *Church Building*. 2005, 2005(92), 16–17.

MOFFAT, Rachel a Eugene de KLERK. *Material worlds: proceedings of the conference held at Glasgow University, 2005*. Newcastle: Cambridge Scholars Pub., 2007. ISBN 978-1847182753.

MORADEI, Rosanna. Il restauro delle opere ingesso: appunti da esperienze di laboratorio. *Problemi Conservativi dell'Ottocento: Parte Prima: i Dipinti, la Carta, i Gessi*. Milano: Spazio Oberdan, 2006, s. 105–112.

MORA, Paolo, Laura MORA a Paul PHILIPPOT. *Conservation of Wall Paintings*. London: Butterworths, 1984. ISBN 0408108126.

MROVĚC, Pavel. *Restaurování sádrového modelu pomníku Jana Husa na Staroměstské náměstí od Stanislava Suchardy. Možnosti využití laseru v kontextu tradičních a současných metod čištění povrchově neupravených sádrových odlitků*. Litomyšl, 2017. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Jakub Ďoubal.

NEIRO, Michaela. Adhesive Replacement: Potential New Treatment for Stabilization of Archaeological Ceramics. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2013, 42(2), 237–244.

NEJEDLÝ, Vratislav. Vývoj retuše v českých zemích. *Zprávy památkové péče*. Praha, 2005, 65(6), 500–516. ISSN 1210-5538.

NEJEDLÝ, Vratislav. Retuš výtvarných děl: Několik poznámek k užívání a obsahu pojmu. In: *Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt: Restaurování a ochrana uměleckých děl – Retuše uměleckých děl*. Praha: Arte-fakt, 2011, s. 6–11. ISBN 978-8025495346.

NICOLAS, Marine. *L'Ebauche Bacchante d'Emile Antoine Bourdelle (Paris, Musée Bourdelle). Etude et Conservation Restauration d'une sculpture en plâtre brûlé. Recherche sur la consolidation du plâtre*. Paris, 2001. [Diplomová práce]. Institut national de patrimoine.

NICOLAUS, Knut. *The Restoration of Paintings*. Cologne: Könemann, 1999. ISBN 978-3895089220.

NIEDOBA, Krzysztof, Zuzana SLÍŽKOVÁ, Dita FRANKEOVÁ, Cristiana LARA NUNES a Ivan JANDEJSEK. Modifying the consolidation depth of nanolime on Maastricht limestone. *Construction and Building Materials*. 2017, **133**, 51–56.

NICHOLS, Marden. Museum Material? An Institution-Based Critique of the Historiography of Plaster Cast Sculpture. *Material worlds: proceedings of the conference held at Glasgow University, 2005*. Newcastle: Cambridge Scholars Pub., 2007, s. 26–39. ISBN 978-1847182753.

NIKITIN, Michail Kapitonovič a Jelena Petrovna MEL'NIKOVA. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3062-3.

ODDY, William Andrew. The Corrosion of Metals on Display. *Studies in Conservation: Issue sup1: 1975 Stockholm Congress: Conservation in Archaeology and the Applied Arts*. 1975, **20**(sup1), 235–237.

ODLER, Ivan. *Special Inorganic Cements*. London: Taylor & Francis, 2000. ISBN 978-0419227908.

PAROBK, Martin. *Dva případy restaurování sochařských děl ze sádry*. Litomyšl, 2011. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování. Vedoucí práce Jiří Novotný.

PAYNE, Emma M. The Conservation of Plaster Casts in the Nineteenth Century. *Studies in Conservation*. 2020, **65**(1), 37–58.

PIERI, Lucie. *Etude et restauration de quatre Génies des Saisons en plâtre patiné bronze d'Edme Bouchardon: Recherche sur la mise en œuvre et l'analyse des patines imitant le bronze du milieu du 18e à la fin du 19e siècle*. Paris, 2010. Diplomová práce. Institut national du patrimoine.

PILLARD, Violaine. La corrosion des armatures de fer dans le plâtre. *Le plâtre, l'art et la matière*. Paris: Creaphis, 2001, s. 279–292. ISBN 29-136-1019-6.

PIOZZOLI, Christian. Une intervention archéologique au musée Rodin de Meudon. *Le plâtre, l'art et la matière*. Paris: Creaphis, 2001, s. 231–236. ISBN 978-2913610194.

PLINIUS, Gaius Secundus. *Naturalis Historia XXXV*.

PLINIUS SECUNDUS, Gaius. *O umění a umělcích*. Praha: Melantrich, 1941.

PLOEGER, Rebecca, Chris W. MCGLINCHEY a E. René DE LA RIE. Original and reformulated BEVA® 371: Composition and assessment as a consolidant for painted surfaces. *Studies in Conservation*. 2014, **60**(4), 217–226.

PLZÁK, Jindřich. *Moderní dokumentační metody archeologických faktů (Aspekty trojrozměrného digitálního prostředí v archeologii na příkladech s movitými a nemovitými památkami)*. Plzeň, 2016. Doktorská práce. Západočeská univerzita v Plzni.

PODANY, Jerry, Kathleen M. GARLAND, William R. FREEMAN a Joe ROGERS. Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2013, **40**(1), 15–33.

RAJA, P. Rajesh. Cyanoacrylate Adhesives. MITTAL, Kashmiri Lal. *Progress in Adhesion and Adhesives* [online]. Beverly: Scrivener Publishing, Wiley, 2017 [cit. 2020-03-25]. ISBN 978-1119162346.

RIDGE, M. J., H. SURKEVICIUS a K. I. LARDNER. Hydration of calcium sulphate hemihydrate. II. Acceleration by neutral salts. *Journal of Applied Chemistry*. 1962, **12**(6), 252–256.

RIEGL, Alois. *Moderní památková péče*. Praha: NPÚ, generální ředitelství, 2003. ISBN 80-86234-34-7.

RIEPEL, Lukas. Plaster cast publishing in nineteenth-century paleontology. *History of Science* [online]. 2015, **53**(4), 456–491 [cit. 2020-01-26].

ROCCO, Fabiola. A multidisciplinary approach to the study and conservation of the contemporary Sarah Lucas' papier-maché sculpture Love Me. *CeROArt* [online]. 2017, **2017**(EGG 6) [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://journals.openedition.org/ceroart/5248>

ROLANDO, T.E. *Solvent-Free Adhesives*. Shrewsbury: Smithers Rapra Technology, 1998. ISBN 978-1859571330.

ROVNANÍKOVÁ, Pavla, Jitka MALÁ a Pavel ROVNANÍK. *Stavební chemie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-720-4411-7.

ROVNANÍKOVÁ, Pavla, Pavel ROVNANÍK a Jitka MALÁ. *Stavební chemie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-8072049028.

RÜBER-SCHÜTTE, Elisabeth. Zum mittelalterlichen Stuck in Sachsen-Anhalt: Fragen der Bestandserfassung, Erforschung und Erhaltung. In: *Stuck des friihen und hohen Mittelalters: Geschichte, Technologie, Konservierung*. Mnichov: ICOMOS, 1996, s. 94–106. ISBN 3-87490-660-4.

ŘÍČÁNEK, Miroslav. Sádra a její vlastnosti. Sádra v památkové péči: Zpravodaj STOP. Praha, 2006, **8**(2), 4–13. ISSN 1212-4168.

SANSONETTI, Antonio a kol. A Cleaning Method Based on the Use of Agar Gels: New Tests and Perspectives. In: *12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone Columbia University* [online]. New York: ICOMOS – ISCS, 2012, s. 1–13 [cit. 2020-03-10].

Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/59fa/72f0ac889f75504612959bfe3e27e25700e1.pdf>

SANZ ARAUZ, David. *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas*. Madrid, 2009. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

SCOTT, Cindy Lee. The use of agar as a solvent gel in objects conservation. In: *Objects Specialty Group Postprints*. Washington DC: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 2012, 2012, s. 71–83. ISSN 2169-379X.

SEDLARZ, Claudia. Incorporating Antiquity: The Berlin Academy of Arts' Plaster Cast Collection from 1786 until 1815. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 197–228. ISBN 978-3110208566.

SELWITZ, Charles. *Cellulose Nitrate in Conservation*. Marina del Rey, California: The Getty Conservation Institute, 1988. ISBN 0-89236-098-4.

SELWITZ, Charles. *Epoxy Resins in Stone Conservation*. Marina del Rey, California: The Getty Conservation Institute, 1992. ISBN 0-89236-238-3.

SENESE, Giorgio, I. CARRARA, Gustavo NICOLODELLI, Debora MILORI a Olga DE PASCALE. Laser cleaning and laser-induced breakdown spectroscopy applied in removing and characterizing black crusts from limestones of Castello Svevo, Bari, Italy: A case study. *Microchemical Journal*. 2016, **124**(1), 296–305

SENG, Gabriel. Élaboration et caractéristiques des plâtres de staff et de moulage. In: BARTHE, Georges. *Le plâtre: l'art et la matière: Actes du colloque tenu à Cergy-Pontoise en octobre 2000*. Paris: Créaphis, 2001, s. 22-27. ISBN 978-2913610194.

SHOCKEY, L. Hugh. Structural Repair of Plaster Sculpture Using Polyvinyl Butyral Resin. *Objects Specialty Group Postprints*. 2017, **24**, 136–146. ISSN 2169-379X.

SHURTLEFF, Nathaniel Brandstreet. *Description of the moulding and Casting Heads, Masks, Medaillons etc.* 1834. Dostupné také z: <https://archive.org/details/descriptionofmet00shur/page/n1>

SCHERER, George W., Siv HÆREID, Elin NILSEN a Mari-Ann EINARSRUD. Shrinkage of silica gels aged in TEOS. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 1996, **202**(1–2), 42–52. DOI: 10.1016/0022-3093(96)00136-6.

Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022309396001366>

SCHILLING, Michael R. The Glass Transition of Materials Used in Conservation. *Studies in Conservation*. 1989, **34**(3), 110–116.

SCHOCH, Karl a Hans NITZSCHE. *Die Mörtel-Bindestoffe Zement, Kalk, Gips*. Berlín: Berlin Ton-Industrie-Zeitung, 1928.

SCHULZE, Walter a Vladimír LACH. *Necementové malty a betony*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-030-0188-9.

SIANO, Salvatore, Juri AGRESTI, Ilaria CACCIARI, Daniele CIOFINI, Marta MASCALCHI, Iacopo OSTICIOLI a Andrea Azelio MENCAGLIA. Laser cleaning in conservation of stone, metal, and painted artifacts: state of the art and new insights on the use of the Nd. *Applied Physics A*. 2012, **106**(2), 419–446.

SIANO, Salvatore, Alberto CASCIANI, Annamaria GIUSTI, Mauro MATTEINI, Roberto PINI, Simone PORCINAI a Renzo SALIMBENI. The Santi Quattro Coronati by Nanni di Banco: cleaning of the gilded decorations. *Journal of Cultural Heritage*. 2003, **4**(1), 123–128.

SLÁDKOVÁ, Vladimíra. Restaurování sádrových plastik. In: *Sborník z konzervátorského a restaurátorského semináře konaného ve dnech 16.-18. září 2003 v Brně*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2003, s. 10–104. ISBN 80-86413-12-8.

SLÁNSKÝ, Bohuslav. Příspěvek k řešení otázky retuše a rekonstrukce nástěnných maleb. *Umění*. 1954, **2**, 304–318. ISSN 0049-5123.

SLÁNSKÝ, Bohuslav. *Technika malby*. Vyd. 2. Praha: Paseka, 2003. ISBN 80-718-5610-X.

SLÍŽKOVÁ, Zuzana. *Performance evaluation of Consolidants for Friable Inorganic Building materials*. Praha, 2018. Doktorská práce. ČVUT.

SLÍŽKOVÁ, Zuzana, Jakub NOVOTNÝ a Dita FRANKEOVÁ. *Materiálová, technologická a ekonomická příprava restaurátorských zásahů na sochařských dílech a architektuře*. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 2018. ISBN 978-8086246949.

SMITH, Arthur H. *A Catalogue of Sculpture in the Department of Greek and Roman Antiquities*. Londýn: Trustees of the British Museum, 1900.

SOLÍS PARRA, Ángeles, Judit GASCA MIRAMÓN, Silvia Viana SÁNCHEZ a José María LUZÓN NOGUÉ. The Restoration of Two Plaster Casts Acquired by Velázquez in the Seventeenth Century: the Hercules and Flora Farnese. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 385–402. ISBN 978-3110208566.

STANLEY, Ted. Digital Video Microscopy: A Practical Visual Analysis Technique for the Conservator. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2013, **39**(2), 205–214.

STAVINOHA, Jakub. *Koroze oceli a hliníku ve vybraných prostředích*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Eva Mollíková.

STEHLÍKOVÁ, Dana. More Valuable than Originals. *Plaster casts: making, collecting, and displaying from classical antiquity to the present*. New York: De Gruyter, 2010, s. 519–537. ISBN 978-3110208566.

SVOBODOVÁ, Ljuba. Restaurování sádrového odlitku sv. Václava. Fórum pro konzervátory-restaurátory. Brno: Technické muzeum v Brně, 2013, **3**(1), 121–125. ISSN 1805-0050.

ŠALOUN, Ladislav. *Šaloun: dotek osudu: sochařská pozůstalost Ladislava Šalouna ve sbírkách GASK = the touch of fate : Ladislav Šaloun's sculptural legacy in the GASK collection*. Kutná Hora: GASK – Galerie Středočeského kraje, 2018. ISBN 978-8070561799.

ŠEDÝ, Václav. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění*. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1953.

ŠETLÍK, Jiří. *Otto Gutfreund: cesta ke kubismu*. Praha: Gallery, 2012. ISBN 978-8086990200.

ŠIBRAVOVÁ, Kateřina. Sádrová plastika návrhu náhrobku Karla Vojáčka od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace. Litomyšl: Fakulta restaurování, 2018.

ŠIMŮNKOVÁ, Eva a Tatjana BAYEROVÁ. *Pigmenty*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek – Stop, 1999. ISBN 80-902-6681-9.

ŠKARVADA, Jiří. *Restaurování sádrových modelů soch pro průčelí muzea v Hradci Králové*. Litomyšl, 2017. Bakalářská práce. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Jakub Ďoubal.

ŠTEFCOVÁ, Petra. *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. 2. vydání. Praha: Národní muzeum, 2001. ISBN 80-7036-129-8.

TAUCHMANNOVÁ, Renata a Renata TIŠLOVÁ. Testování adheziv pro barevnou vrstvu. In: *Konference sdružení pro ochranu památek Arte-fakt: Restaurování a ochrana uměleckých děl – Konsolidace uměleckých děl*. Kutná Hora: Arte-fakt, 2015, s. 64–74. ISBN 978-8090592414.

TAVUKÇUOĞLU, Ayşe, A. DIOURI, A. BOUKHARI, L. AIT BRAHIM, L. BAHI, N. KHACHANI, M. SAADI, J. ARIDE a A. NOUNAH. Non-Destructive Testing for Building Diagnostics and Monitoring: Experience Achieved with Case Studies. *MATEC Web of Conferences*. 2018, **149**.

TENNENT, Norman H. Clear and Pigmented Epoxy Resins for Stained Glass Conservation: Light Ageing Studies. *Studies in Conservation*. 1979, **24**(4), 153–164.

TETUROVÁ, Klára. *Restaurování reliéfu „Libuše věštící slávu Prahy“ od Stanislava Suchardy. Restaurování reliéfu sv. Barbory na morovém sloupu v Kutné Hoře*. Litomyšl, 2018. Bakalářská práce. Fakulta restaurování, Univerzita Pardubice.

THOMSON, Margaret a Jan GROOT. Porosity of Mortars. *Characterisation of Old Mortars with respect to their repair*. Bagneux: RILEM Publication, 2004, s. 75–103. ISBN 978-2912143563.

THORPE, Edward. *A Dictionary of Applied Chemistry: Vol. 1, revidované a rozšířené vydání*. New York: Longmans, Green and Co., 1912.

TIŠLOVÁ, Renata, Zuzana SLÍŽKOVÁ a Adéla NOVOTNÁ. Určování mezí a intervalů významných materiálových charakteristik opravných materiálů a technologií pro kompatibilní zásah. *Materiálová, Technologická a Ekonomická Příprava Restaurátorských Zásahů na Sochařských Dílech a Architektuře*. Praha: Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 2018, s. 60.93. ISBN 978-8086246949.

TOCHA, Veronika, HAAK, Christina a Miguel HELFRICH, ed. *Near Life: The Gipsformerei – 200 Years of Casting Plaster*. 1. Munich – London – New York: Prestel, 2020. ISBN 978-3791359403.

TOWNSEND, Joyce, Stephen HACKNEY a Nick EASTAUGH. *Dirt and pictures separated*. London: The United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1990. ISBN 978-1871656084.

UNGER, Achim, Arno P. SCHNIEWIND a Wibkw UNGER. *Conservation of wood artifacts: a handbook*. Berlin: Springer, 2001. Natural science in archaeology. ISBN 35-404-1580-7.

VASARI, Giorgio. *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori / scritte da Giorgio Vasari, pittore aretino, con nuove annotazioni e commenti di Gaetano Milanesi*. Firenze: G. C. Sansoni, 1885.

VASARI, Giorgio. *Životy nejvýznačnějších malířů, sochařů a architektů*. Praha: Mladá fronta, 1998. ISBN 80-204-0698-0.

VESELÝ, Jan. Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-8086516790.

VINÇOTTE, Armand, Emmie BEAUVOIT, Nicolas BOYARD a Elodie GUILMINOT. Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation. *Heritage Science*. 2019, **7**(1).

VOLÁKOVÁ, Šárka a Jakub ĎOUBAL. *Metoda přesného zaměření čepu při čepování: Didaktický návod*. Litomyšl: Fakulta restaurování, 2015.

VON GRAEVEINTZ, Anna. Restaurierung eines stark fragmentierten Gipsreliefs von Christian Daniel Rauch aus der Alten Nationalgalerie in Berlin. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. 2015, **29**(1), 237–254. ISSN 0931-7198.

WAGER, Victor H. *Plaster Casting: for the Student Sculptor*. London: Alec Tiranti, 1954.

WARD, Ian Macmillan a John SWEENEY. *Mechanical Properties of Solid Polymers*. 3. Chichester: John Wiley&Sons, 2013. ISBN 978-1444319507.

WARD, Ian Macmillan a John SWEENEY. *Mechanical Properties of Solid Polymers*. 3. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. ISBN 978-1444319507.

WEISER, H. B. a F. B. MORELAND. The Setting of Plaster of Paris. *The Journal of Physical Chemistry*. 2002, **36**(1), 1–30.

WHEELER, George. *Alkoxysilanes and the consolidation of stone*. Los Angeles, Calif.: Getty Publications, 2005. Research in conservation (Unnumbered). ISBN 08-923-6815-2.

WOLFE, Julie. Effects of Bulking Paraloid B-72 for Marble Fills. *Journal of the American Institute for Conservation*. 2013, **48**(2), 121–140.

WYSS, Michael. Les stucs du Haut Moyen Age découverts a Saint-Denis. In: *Stuck des friihen und hohen Mittelalters: Geschichte, Technologie, Konservierung*. Mnichov: ICOMOS, 1996, s. 52–55. ISBN 3-87490-660-4.

YOUNG, Christina, Paul ACKROYD, Roger HIBBERD a Stephen GRITT. The mechanical Behaviour of Adhesives and Gap Fillers for re-joining Panel Paintings. *National Gallery Technical Bulletin*. London: National Gallery Company, 2002, **23**(1), 83–96. ISSN 0140-7430.

ZELINGER, Jiří. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2. Praha: Academia, 1987.

ZÍTKOVÁ, Petra. Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu pro restaurování polychromované sádrové plastiky. *E-Monumentica* [online]. 2016, **IV**(1), 64–74 [cit. 2020-03-25].

Dostupné z: https://www.e-monumentica.cz/sites/default/files/u9/2016-1_Zitkova.pdf

ZÍTKOVÁ, Petra. *Restaurování sádrové plastiky Havíře ze sbírek Českého muzea stříbra v Kutné Hoře; Možnosti konsolidace sádry a fixace barevných vrstev na sádrovém podkladu*. Litomyšl, 2016. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování.

ZÍTKOVÁ, Petra a Renata TIŠLOVÁ. Konsolidace sádry – testování prostředků s organickými rozpouštědly. Fórum pro konzervátory – restaurátory [online]. Brno: Technické muzeum v Brně, 2019, **9**(2), 67–74 [cit. 2020-03-25].

Dostupné z: <https://mck.technicalmuseum.cz/casopis-fkr/>

ZŮFALÁ, Radka. *Sádrový model funerální plastiky od Stanislava Suchardy: Restaurátorská dokumentace*. Litomyšl, 2019.

Summary

Plaster Casts is the first comprehensive publication dealing in detail with issues concerning plaster artefacts and their care. Plaster is one of the most important materials in sculpture-making and, in the form of plaster casts, it preserves reproductions of major cultural monuments as well as valuable works of art by individual artists. Plaster studies and preliminary models have often captured the process of the artist's search for suitable form and content, as well as various designs for the given commission and interpretations of the artist's vision. A methodical and informed approach to conservation and subsequent care is fundamental in the preservation of these works of art. The publication compiles previously available knowledge on plaster casts from published sources and adds new findings made by the authors over many years of experience and through the evaluation of laboratory tests.

The book is arranged according to specific topics. The introductory chapter deals with the role plaster plays in the process of making a sculpture and also outlines the history of plaster casts. It is closely followed by texts summarising observations on the characteristics of plaster and the various types and causes of damage to it. These texts also address the issue of restoration research and consider options for assessing the current condition of plaster casts.

An extensive section deals with the issue of restoration and is aimed primarily at the basics, such as cleaning, consolidation, gluing and relief retouching of casts. Each of these chapters includes criteria for the selection of material and processes as well as specific applications and technologies used or tested for the given process, including their advantages and limitations. At the end of the chapters dealing with selected restoration processes, there are examples of practical experience in the form of case studies and summaries of respective findings.

The final section of the publication deals with the issue of preventative conservation and includes recommendations for the storage and transport of casts. Appendixes contain a glossary of terminology relating to damage and historical surface-finish processes. The text is accompanied by a wide range of illustrations.

SÁDROVÉ ODLITKY: RESTAUROVÁNÍ A PÉČE O UMĚLECKÁ DÍLA

Autoři:

Jakub Ďoubal, Renata Tišlová, Petra Zítková, Pavel Mrovč,
Martin Kulhánek, Barbora Glombová, Petr Rejman, Aneta Kokstejnová.

© Univerzita Pardubice

Vydavatel:

Univerzita Pardubice
Studentská 95, Pardubice

Fotografie na obálce: Archiv Nadace Muzeum Stanislava Suchardy; Oto Palán.

Tisk: HRG Litomyšl

Odborný lektor: doc. Ing. Petr Kotlík, CSc.

Jazyková korektura: Zuzana Kupková

Grafická úprava: Radka Velebilová

Počet stran: 264

Vydání 1.

ISBN 978-80-7560-301-2

Litomyšl 2020

Tato kniha vznikla jako jeden z výstupů projektu NAKI Ministerstva kultury České republiky — Stopy tvorby. Dědictví velkých sochařů první poloviny 20. století. Restaurování a péče o sochařské památky ze sádky (2016–2019), identifikační kód projektu: DG16P02B052.