

PRO KONZERVÁTORY-RESTAURÁTORY FORUM FOR CONSERVATORS-RESTORERS

2025 / Vol. XV / No. 1
Peer-reviewed open access journal

Chief editor: Ing. Alena Selucká
Editors: Mgr. Pavla Stöhrová, Mgr. Jana Fricová

Editorial Board:

Ing. Ivo Štěpánek (Head of Editorial Board)
doc. Mgr. art. Jakub Ďoubal, Ph.D.
doc. Dr. Ing. Michal Ďurovič
akad. mal. Igor Fogaš
Ing. Pavel Jirásek
Ing. Jan Josef
doc. akad. soch. Petr Kuthan
Ing. Radka Šefců, Ph.D.
Mgr. Pavla Stöhrová (Secretary)

Open access since 2019 available for free
on <https://mck.technicalmuseum.cz/casopis-fkr/>
The journal is indexed and abstracted in EBSCO.

Published by:

Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 612 00 Brno, Czech Republic

Contact for communication:

fricova@tmbrno.cz / stohrova@tmbrno.cz / selucka@tmbrno.cz

© Technické muzeum v Brně, 2025
ISSN (Online) 2571-4384
ISSN (Print) 1805-0050

DOI 10.61574/FKR.2025.1.094

POUŽITÍ PARALOIDU® B-72 PRO KONSOLIDACI VLHČENÉHO DEGRADOVANÉHO SKLA

Lenka Kutmanová

Muzeum hlavního města Prahy

Lenka Kutmanová je absolventkou oboru výtvarné zpracování keramiky a porcelánu SPŠK Bechyně a oboru Konzervátorství a restaurátorství SPŠG Hellichova. V období 1990–1991 pracovala pod vedením paní Macháčkové v ARÚ ČSAV. Od roku 1991 působí v Muzeu hl. m. Prahy jako konzervátor keramiky, sádry, skla a příbuzných materiálů. (kutmanova@muzeumprahy.cz)

Příspěvek se zabývá řešením konzervace velmi silně degradovaného skla z archeologických výzkumů. Autorka se zabývá výběrem rozpouštědla pro Paraloid B-72 a shrnuje své zkušenosti při konsolidaci skla za vlhka.

Klíčová slova: archeologické sklo, konsolidace skla, Paraloid B-72, teplota skelného přechodu

USE OF PARALOID® B-72 FOR THE WET CONSOLIDATION OF DEGRADED GLASS

The article deals with conservation of very strongly degraded glass from archaeological excavations. The author discusses the selection of a solvent for Paraloid B-72 and shares her experiences in consolidation of glass using a wet method.

Keywords: archaeological glass, consolidation of glass, Paraloid B-72, glass transition temperature

V současné praxi často přichází do restaurátorské dílny archeologické sklo nekontrolovaně vysušené po vyzdvižení z naleziště. Může se jednat o rozsáhlé celky nebo o staré fondy, které nebyly uloženy v souladu s konzervátorskými postupy.

Pokud u silně degradovaného skla dojde k přesušení, jeho kondice se velmi rychle zhoršuje a může dojít až k úplnému rozpadu. Z praxe víme, že nejcitlivější k rychlému sušení většinou bývá archeologické sklo středověké a raně novověké. Mechanismy poškození skla po exkavaci z naleziště jsou dobře popsány v publikaci *Konzervování archeologických nálezů* [Drábková a kol., 2024, str. 68–71] a *Sklo z archeologických výzkumů: archeologie, technologie a metody průzkumu, konzervace a restaurování* [Podliska a kol., 2021, str. 89–94, 127–129].

Při konzervaci takto narušeného materiálu s krustami zatvrdlé zeminy vzniká potřeba souběžné konsolidace a čištění předmětů. Při hledání nejvhodnějšího pracovního postupu jsem vycházela z principů zpracování čerstvého bloku. Bloky se v ideálním případě rozebírají ve vlhkém stavu. Půda je odebírána z jedné strany nálezu, zlomky se dočišťují lihem a nechávají po odhalení plně vyschnout. Teprve pak se konzervují. Zlomky až do úplného zpevnění zůstávají stabilizovány podkladem, teprve pak dochází k jejich vyjmutí a dočištění druhé strany [Podliska a kol., 2021, str. 168, 169]. Tento postup bohužel nelze použít na zlomcích, které mají pokryv zhutnělé zeminy sice z obou stran, ale pouze v tenké vrstvě. Také v případech, kdy se v bloku vrstvy skla téměř dotýkají, je situace komplikovanější. Po mechanickém čištění štětky za sucha zůstávají na takovém materiálu často ještě neodstranitelné krusty, vrstvy skel nelze rozebrat. Zároveň je nutné počítat s tím, že suché degradované sklo je mnohem křehčí než sklo prosycené roztokem. Praktické zkoušky použití ethanolu nebo acetonu k uvolňování zatvrdlých vrstev zeminy ještě před stabilizací zlomků ukázaly, že jejich působení na hliněné krusty není u přesušených zlomků dostatečné (rychle se odpařují). Nejlepších výsledků bylo dosaženo při navlhčování vodou nebo lihovou vodou. Důvodem může být prosycení zeminy korozními produkty. Pro odstranění krust je optimální sklo druhotně zvlhčit. Pokud bez jejich odstranění nelze zlomky od sebe oddělit, slepit je či interpretovat dostatečně předmět, je třeba hledat řešení, která umožní střep stabilizovat konsolidantem ještě před čištěním anebo v jeho průběhu.

MATERIÁLY A METODY

U velmi silně poškozeného skla, které drží pohromadě silou krust, nelze v žádném případě použít výraznější působení tekutin než provlhčování povrchu. Vnesenou vlhkost tedy nelze odstranit ze střepu pomocí vytěsňování ethanollem, jak je to možné

u stabilnějších zlomků z mokrého prostředí [Podliska a kol., 2021, str. 168]. Z tohoto důvodu jsem se začala zabývat možností paropropustnosti Paraloidu B-72 (dále jen PB-72), který byl mnoha autory vyhodnocen jako nejvhodnější pro konsolidaci degradovaného archeologického skleněného materiálu. PB-72 je kopolymer ethylmethakrylátu a methylakrylátu s molárním poměrem 70 : 30.¹

Protože složení nebo kvalita rozpouštědla ovlivňuje fyzikální vlastnosti řady polymerů, zajímalo mě také chování PB-72 podle použitého rozpouštědla.

Paropropustností PB-72 se zabývají práce [Švadlena a Stoužil, 2013; Kovács a kol., 2021], z jejichž závěrů vyplývá, že při aplikaci tenké ochranné vrstvy v nízkých koncentracích a s pomalu těkajícími rozpouštědly nátěry nezajišťují dostatečnou ochranu proti pronikání vodních par. V článku z *Fóra 2013* [Švadlena – Stoužil, 2013] konkrétně autoři porovnávají permeabilitu filmu vzniklého z roztoku PB-72 v acetonu a v xylenu, přičemž uvádějí u xylenu vyšší hodnoty difúzních koeficientů, rozpustnosti povlaku ve vodě a větší sklon k tvorbě nehomogenních pórů neznámého původu. [Kovács a kol., 2021] zjistili, že propustnost vodním parám, rozpustnost i difúzní koeficient se zvyšují s rostoucí teplotou. Propustnější pro vodní páry se ukázal PB-44. Možnost propustnosti vodním parám zmiňuje i [Koob, 2009; str. 114] a rešeršní práce [Chapman – Mason, 2003]. Sklo prokorodované tak, že téměř nebo zcela postrádá skleněné jádro, je velmi pórézní a zbytková vlhkost díky tomu snáze uniká z hmoty. Na základě toho jsem došla k závěru, že při následném vysušení konsolidovaného střepu při zvýšené teplotě je nebezpečí uzamčení zbytkové vlhkosti uvnitř střepu malé, ale tato skutečnost zatím není laboratorně dostatečně prokázána.

Pevností, tvrdostí a tvorbou bublinek PB-72 se zabývá poster *Testování kombinací akrylátových pryskyřic Paraloid s různými rozpouštědly pro použití při restaurování silikátových materiálů* [Knížová, 2013]. Zde se uvádí pro lepení pórovitých materiálů jako vhodnější rozpouštědlo aceton, protože mnohem rychleji vytékává a „lepí se ve spoji rozpíná“. V praxi spíše dochází k tomu, že při koncentracích Paraloidu, které jsou potřeba k lepení, dochází u roztoku v acetonu k tak rychlému zvyšování koncentrace během aplikace, že pryskyřice na rozdíl od roztoků v ostatních rozpouštědlech vůbec nestihne penetrovat do hmoty materiálu a lepicí film je tedy silnější. Vzhledem k tomu, že v tomto případě nás zajímaly fyzikální vlastnosti výsledného filmu, shrnuji v tab. 1

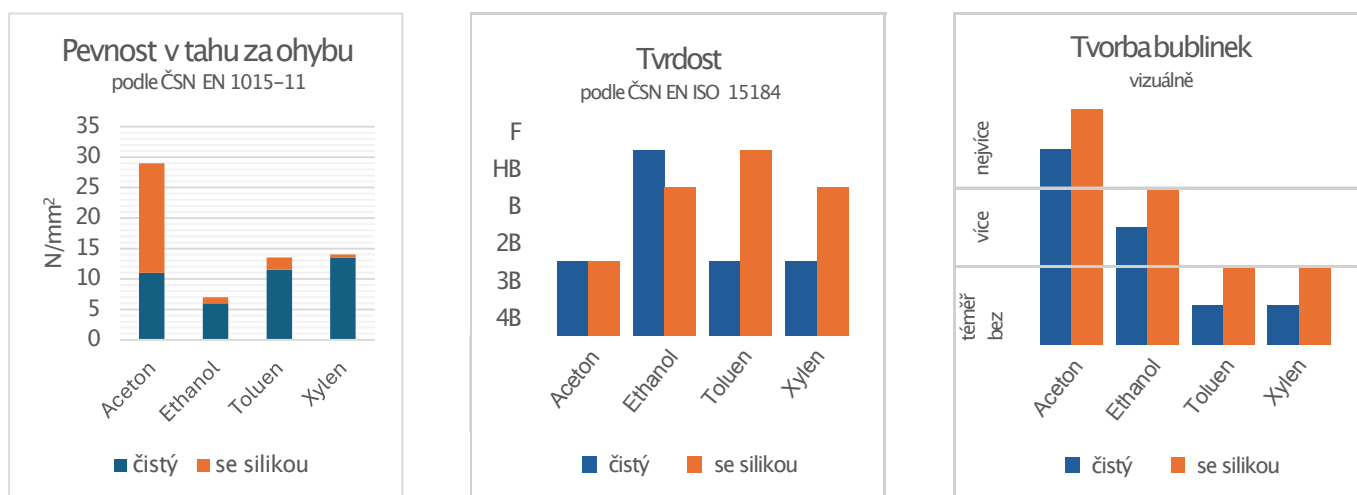
pro orientaci výsledky naměřené u tabulového skla, kde k penetraci do hmoty nedochází. [Hansen, 1995] také uvádí, že filmy odlévané z roztoku s acetonem vykazovaly vyšší pevnost, ale velmi malé prodloužení při přetržení ve srovnání s roztokem v toluenu. Domnívá se tedy, že aceton podporuje větší křehkost a pevnost, toluen naopak pružnost výsledné pryskyřice. To nejspíše souvisí s tím, že v tzv. dobrých rozpouštědlech dochází ke zvýšení viskozity jejich roztoku a pravděpodobně i k větší zadržování rozpouštědla, respektive delší době potřebné pro jeho odpaření.

Literatura uvádí jako vhodné pro konsolidaci pórovitých materiálů 5–15 % roztoky PB-72 v acetonu, ethanolu nebo kombinaci 90 % acetonu a 10 % ethanolu [Koob, 2009; ZOIC PalaeoTech, 2024; Davidson a Brown, 2012]. Zároveň někteří autoři zmiňují, že roztok v acetonu nebo ethanolu není vhodný na mokré nebo vlhké povrchy, „neboť nebude dobře tuhnout a často se na něm vytvoří bílý film“ [Koob, 2009] a „roztoky v čistém ethanolu mohou způsobit mírný mléčný film na povrchu vzorku. Ten je v takovém případě možné odstranit acetonovým roztokem PB-72 aplikovaným na závěr“ [ZOIC PalaeoTech, 2024]. Z toho lze usuzovat, že při aplikaci za vlhka konsolidovaný předmět potřebuje delší dobu k získání pevnosti a při použití acetonu a ethanolu je nutné řešit odstranění bílého filmu nebo najít pravý důvod jeho tvorby a jeho vzniku se vyhnout. Zatím se mi nepodařilo dohledat práci, která by se rozdílem pevnosti konsolidačního roztoku, aplikovaného za vlhka a za sucha, zabývala. Uvažujeme-li však o aplikaci na prokorodované sklo, potřebujeme výslednou pevnost pouze takovou, aby byl zlomek stabilní.

Při použití acetonu rozpouštědlo z roztoku velmi rychle vytékává za vzniku množství bublinek. Při smíchání ethanolu s acetonem (5–15 %), se upraví těkavost roztoku, což tvorbu bublinek snižuje a prodlužuje pracovní dobu. Přídavek ethanolu může také omezit nepříznivé účinky reverzní migrace polymeru, před kterou u acetonu varuje více autorů [ZOIC PalaeoTech, 2024; Davidson a Brown, 2012]. [ZOIC PalaeoTech, 2024] však tvrdí, že kombinace těchto dvou rozpouštědel má vyšší toxicitu.

Dalším z doporučených je roztok v toluenu v koncentracích cca 5 až 15 % [Drábková a kol. 2024, str. 79]. V našem muzeu se pro konzervaci skla nejčastěji používá 5 až 20% roztok v xylenu [Gojdová a Drábková, 2012]. Pomalu těkající rozpouštědla xylenu a toluenu jsou zdravější poškozující látky a musí se s nimi pracovat pouze v digestoři. To by mělo zřejmě platit i pro kombinaci aceton/ethanol.

Tab. 1, 2, 3 *Orientační porovnání vlastností adhesiv Paraloid B-72 na základě použitých rozpouštědel při lepení tabulového skla, podle posteru [Knížová, 2013]³ / Approximate comparison of the properties of Paraloid B-72 adhesives based on the solvents used in the bonding of sheet glass, according to the poster [Knížová, 2013]³*



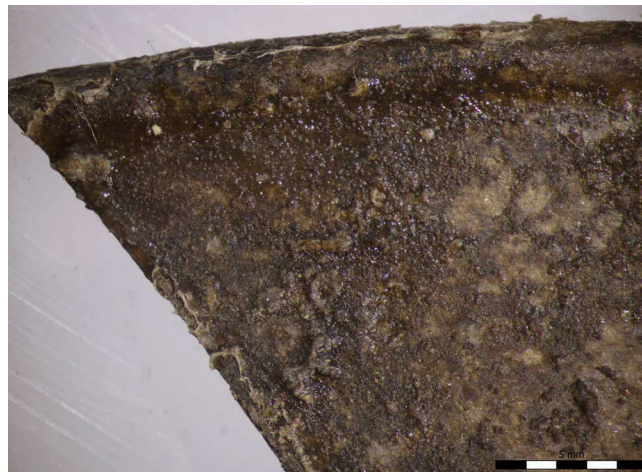
Ve schopnosti penetrace roztoku do předmětu se názory rozcházejí. [Koob, 2009] píše: „Vyvarujte se použití rozpouštědla s velmi nízkým odpařováním, jako je toluen a xylen. Tato rozpouštědla se skládají z velkých molekul a výsledná viskozita, řekněme, 5% roztok PB-72 v toluenu má téměř dvojnásobnou viskozitu než 5% roztok v acetonu; proto 5% roztok v toluenu nepenetruje tak dobře jako 5% roztok v acetonu.“ Naproti tomu [Vincotte a kol., 2019] tvrdí: „Volba těkavého rozpouštědla, jako je aceton, brání pronikání pryskyřice; méně těkavé rozpouštědlo, jako je toluen, zlepšuje stupeň průniku pryskyřice do materiálu, což umožňuje jeho efektivní konsolidaci.“

Na základě získaných informací byly provedeny zkoušky tohoto postupu na několika prokorodovaných zlomcích s roztokem PB-72 v xylenu (5%)², čistém ethanolu (10 a 5%)², acetonu (10 a 5%)² a také v kombinaci těchto rozpouštědel A/E 90/10 v 10% koncentraci.

Při použití xylenu v 5% koncentraci bylo možné povrch penetrovat, nechat vytvrdit cca 24 hodin, následně zvlhčit povrchové usazeniny, mechanicky je očistit a dočistit povrch opět roztokem PB-72 v xylenu bez mechanických problémů a viditelných stop (obr. 1).

U drobnějších se zlomků bylo nutné zvyšovat koncentraci na cca 15%. V tom případě došlo k lesknutí povrchu, které bylo možné odstranit po vytvrzení očištěním čistým rozpouštědlem. Vytěkání hlavní části rozpouštědla trvalo několik dní. Při zahřátí na 50 °C se rychlost vytěkávání zřetelně zrychlila.

konsolidantem zároveň čistit povrch od nečistot. Jedním z možných důvodů může být snadná mísitelnost ethanolu s vodou, která může způsobit částečné vyvázání rozpouštědla z roztoku. Důvodem by mohlo být i to, že silně vodíkově vázaný ethanol má ve vztahu k PB-72 minimální absorpční kapacitu, nízkou afinitu a nízkou rozpustnost pryskyřice“ [Vincotte a kol., 2019]. Jinak



Obr. 2a Použití acetonu v 5% ◉ / Use of acetone in 5% ◉



Obr. 1 Použití xylenu v 5% ◉ / Use of xylene in 5% ◉



Obr. 2b Použití směsi aceton/ethanol 90/10 v 10% ◉ / Use of acetone/ethanol mixture 90/10 in 10% ◉

Aceton příliš rychle vytěkával v 10 i v 5% koncentraci roztoku. Na spodní straně zlomku bylo znát, že nestihne penetrovat celou hmotou střepu. Při aplikaci, i v kombinaci aceton/ethanol, vytváří vlákna a při schnutí zanechává bublinky a bílé povlaky (obr. 2a, b). Paraloid v acetonu byl po vytvrzení náchylnější kopětovnému rozpouštění než v případě, kdy nosičem byl xylen. Při práci bylo zjištěno, že pokud se k lepení drobných zlomků použije jako rozpouštědlo xylen a nechá se 24 hod. vytvrdit, takový spoj odolává další konsolidaci mnohem déle, než spoj vytvořený roztokem v acetonu při stejné dlouhé technologické pauze, přestože aceton mnohem rychleji vytěkává.

Ukázalo se, že v případě použití roztoku PB-72 v ethanolu dochází u vlhčených zlomků k ulpívání silnějšího filmu na povrchu. Ten rychle přechází do gumového stavu a táhne se za štětcem (obr. 3). To velmi znesnadňuje práci, pokud chceme



Obr. 3 Použití ethanolu v 5% ◉ – zlomek je na pravé polovině dočistěn čistým ethanolem pro zmírnění bělavého povlaku / Use of ethanol in 5% ◉ — the fragment is cleaned with pure ethanol on the right hand side in order to reduce the whitish coating

řečeno – „polymery se snáze vysrážejí v tzv. špatném rozpouštědle“ [Hansen, 1995]. Při nižší koncentraci, vyšší teplotě předmětu, práci s teplejší vodou a při vyšší pokojové teplotě se negativní efekty tohoto konsolidantu snižují. Může to souviset i s tím, že „koncentrace a teplota ovlivňují vazbu polymeru v roztoku“ [Hansen, 1995].

Při hledání důvodu, proč konsolidant v kombinaci s ethanolem vytváří na povrchu žmolky, přinesl průzkum literatury poznání další důležité skutečnosti, na kterou by měl být brán zřetel při používání paralooidových pryskyřic.

Kolektiv autorů [Vincotte a kol., 2019] se zabývá studiem snížení skelného bodu (Tg) Paraloidů B-72 a B-44 v závislosti na použitém rozpouštědle.⁵ Z jejich výsledků vyplývá, že v závislosti

na povaze rozpouštědla zůstanou různá zbytková množství rozpouštědla přítomna ve výsledné pryskyřici déle než rok (tab. 4): „Přítomnost zbytkových rozpouštědel modifikuje adhezivní vlastnosti pryskyřice, má plastifikační účinek a snižuje hodnotu Tg PB-72. Tg může klesnout na méně než 10 °C, pokud je podíl zbytkového rozpouštědla vyšší než 7 % hm. Při koncentraci 2 % hm. zbytkového rozpouštědla zůstává Tg pod 30 °C ve srovnání s teoretickou hodnotou 40 °C“ (tab. 5). Také [Schilling, 1989] poukazuje na to, že je obtížné stanovit spolehlivou hodnotu Tg pro PB-72. Pro zvýšení hodnoty Tg nad 40 °C [Vincotte a kol., 2019] navrhuje použití směsi PB-72 a PB-44 nebo přidání mikrocelulózy. Tyto kombinace jsem do svých zkoušek ale nezahrnula.

Tab. 4 Orientační tabulka podle výsledků studie při 20 °C [Vincotte a kol., 2019]⁶. Podle charakteristik testovaných rozpouštědel odpovídaly nejrychlejší rychlosti sušení filmů PB-72 nejmenším molárním hmotnostem, nejnižším hustotám a nejvyšším tlakům par. Ethanol a toluen však nemají stejný vzor: ethanol má nižší tlak par (Pv), vyšší hustotu a menší molární hmotnost než aceton, přesto se z filmu PB-72 odpařuje rychleji než aceton. Je považován za „špatné“ rozpouštědlo. Toluén se odpařuje velmi pomalu, zatímco jeho charakteristiky (Pv, M, ρ) jej jasně řadí mezi ethylacetát a ethyllaktát. Tyto anomálie jsou způsobeny interakcemi mezi rozpouštědlem a akrylovou pryskyřicí / Summarizing table based on the results of the study at 20 °C [Vincotte et al., 2019]⁶. According to the characteristics of the solvents tested, the fastest drying rates of PB-72 films corresponded to the lowest molar masses, the lowest densities and the highest vapor pressures. However, ethanol and toluene do not follow the same pattern: ethanol has a lower vapor pressure (Pv), a higher density and a lower molar mass than acetone, yet it evaporates from the PB-72 film faster than acetone. It is considered a “poor” solvent. Toluene evaporates very slowly, while its characteristics (Pv, M, ρ) clearly rank it between ethyl acetate and ethyl lactate. These anomalies are caused by interactions between the solvent and the acrylic resin

	Ethanol	Aceton	Ethyl acetate	Toluen	Ethyl lactate	Xylen (tech)
Molární hmotnost (M) [g/mol]	46	58	88	92	118	106
Hustota (ρ) [kg/m ³]	798	784	902	867	1 003	860–880
Tlak par (Pv) při 20 °C [hPa]	59	247	97	30	2,2	8–12
Vodíková vazba (Burrellova metoda)	silná	střední	střední	nízká	–	nízká
Zbytková rezidua rozpouštědla po 50 dnech [hm. %]	1	3	3	6	7	–
Zbytková rezidua rozpouštědla po 300 dnech [hm. %]	1	1–2	1	3,5–4	4	–

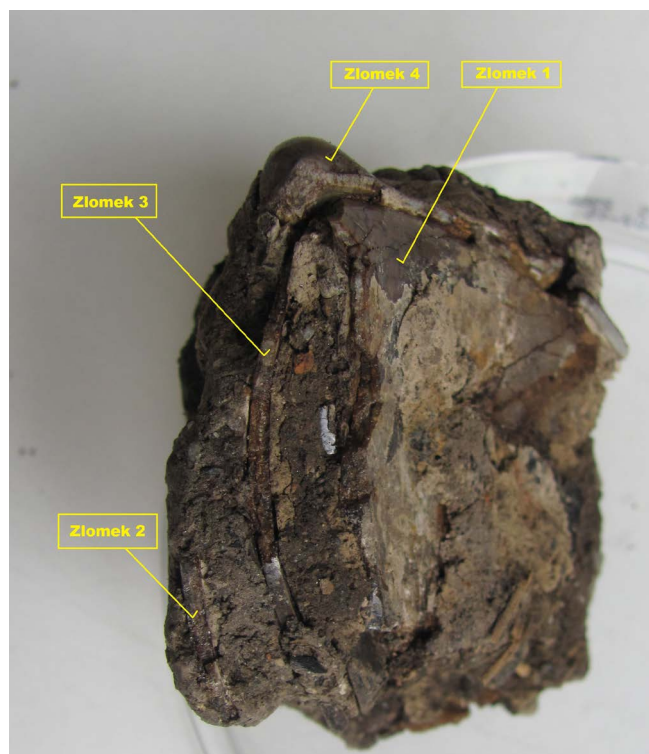
Tab. 5 Trend vývoje Tg podle obsahu zbytkového rozpouštědla podle výsledků studie při 20 °C [Vincotte a kol., 2019]⁶. V případě PB-72 vykazoval vývoj Tg oproti obsahu zbytkového rozpouštědla stejný trend, bez ohledu na použité rozpouštědlo (1 % hm je nejnižší hodnota při pokojové teplotě). Pro úplné odstranění rozpouštědla je třeba zvýšit teplotu na 150 °C po dobu 40 min. To je ovšem v případě degradovaného skla diskutabilní / Trend of Tg value based on the residual solvent content, based on the results of the study at 20 °C [Vincotte et al., 2019]⁶. In the case of PB-72, the development of Tg with residual solvent content showed the same trend, regardless of the solvent used (1 wt% is the lowest value at room temperature). To completely remove the solvent, it is necessary to increase the temperature to 150 °C for 40 min. However, this is questionable in the case of degraded glass

	Všechna rozpouštědla (přibližné hodnoty)				Čisté pelety
Podíl zbytkového rozpouštědla v hm. %	7,5 %	4–5 %	3 %	1 %	0 %
Tg	7–10 °C	15 °C	20–25 °C	34 °C	39 °C

PŘÍKLAD POSTUPU KONZERVACE

Pro rozebrání a konsolidaci souvrství archeologického skla z výzkumu na Václavském náměstí, splepeného zeminou, prosycenou korozními produkty (obr. 4), byl na základě těchto poznatků aplikován postup odstraňování nečistot pomocí zvlhčování zeminy destilovanou vodou s kontinuální konsolidací 3–5 % roztokem PB-72 v xylenu.²

Po suchém očištění štětkem byl povrch zeminy navlhněn destilovanou vodou pomocí tenkého kapátka. Po odstranění měkké povrchové vrstvy hlíny z jedné strany a před úplným dočištěním skla byla započata penetrace konsolidačním roztokem.



Obr. 4 V souvrství skla lze rozeznat 4 vrstvy zlomků / Four layers of fractions can be distinguished in the layered glass

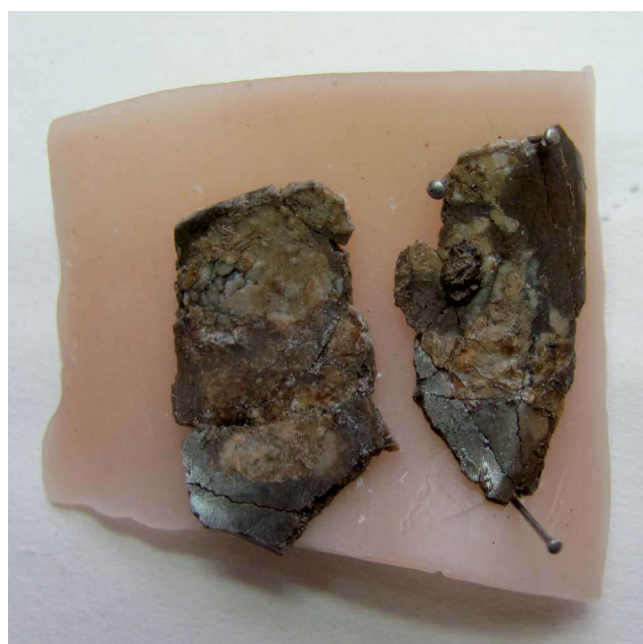


Obr. 5 Zlomek 1 ve fázi čištění v xylenu / Fraction 1 in the xylene cleaning phase

Pro stabilitu zlomků je potřeba minimálně první konsolidaci provádět pomalu a opatrně kapátkem až do úplného provlhčení a nechat dostatečně vytvrdit (u xylenu ideálně 24–48 hodin), jinak u jemných zlomků může dojít k rozplavení i v pozdější fázi práce. Následně bylo možné čistit povrch zlomků pomocí střídavého vlhčení destilovanou vodou, která částečně rozpustí korozní produkty a změkčí hlinu pro mechanické čištění a stíráním povrchu 3–5 % roztokem PB-72.

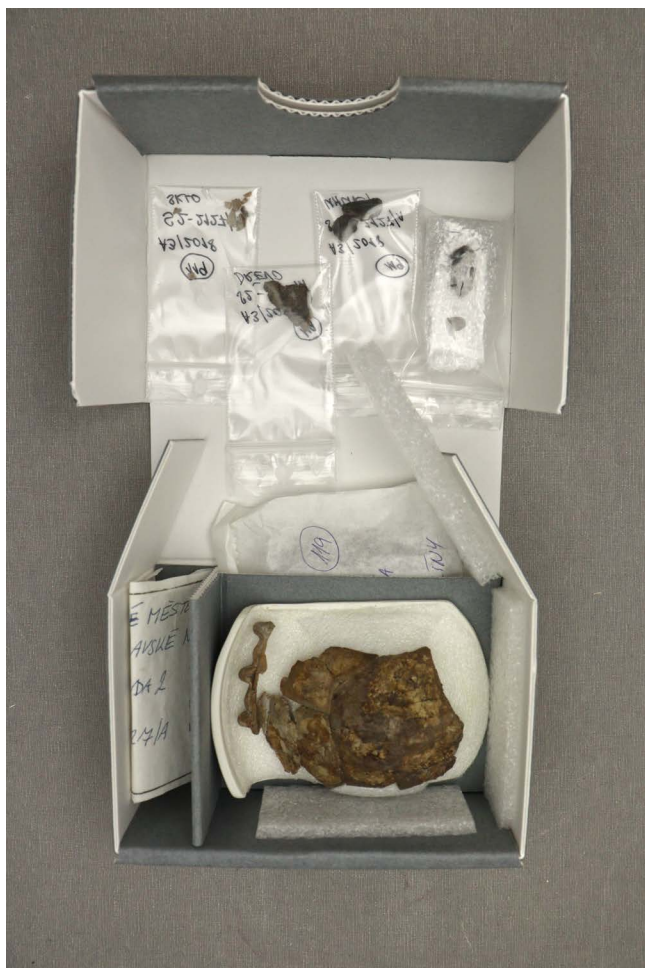
Při otírání štětky do gázy se z něj stáhnou mechanické nečistoty a odsaje špinavý roztok. Štěp se takto čistí a zároveň permanentně konsoliduje. Tento způsob čištění lze s úspěchem použít i tam, kde není nutné zvlhčovat usazeniny nebo u ještě vlhkých předmětů.

Už v průběhu čištění lze lepit zlomky k sobě 30% roztokem Paraloidu B-72 v xylenu. Během čištění je vhodné dělat technologické přestávky pro odtěkávání rozpouštědla, ale stačí poměrně krátké, cca kolem 1 hodiny. Zlomky napouštíme nejprve z jedné strany. Jako podložky pro transfer a lepení hodně narušených zlomků se osvědčily silnější voskové destičky (od 2 mm)³, vytvarované po zahřátí do vhodného tvaru rukou, nebo podle jiného předmětu podobného zakřivení. Zlomky se na ně dobře fixují pomocí špendlíků a nepřilnou k podložce (obr. 6). U stabilnějších zlomků lze pro fixaci při lepení použít proříznuté bločky expandované PE měkké desky.⁴ Běžné PE pěny (např. Mirelon) se také používají, ale hrany bublinek jsou na řezu ostré.



Obr. 6 Lepení na voskové podložce / Bonding on a wax base

Při ukládání do PE pěn je dobré vyložit řezné hrany tenkou 1 mm pěnou. Po slepení a vytvrzení spoju byly fragmenty z druhé strany konsolidovány již jen jedním nátěrem. Po dosušení v sušárně při 50 °C byl povrch fragmentu dočištěn čistým ethanolem a dřevěnou špachtlí pro sejmutí zbylého povrchového filmu. Na závěr byl povrch zlehka „vykartáčován“ jemným štětkem. Ethanol byl použit, aby neporušil konsolidaci povrchu skla, protože špatně rozpouští PB-72. Předmět byl umístěn do digestoře ke konečnému vytěkání rozpouštědel. Byla pro něj vytvořena adjustační podložka z epoxidového tmelu Milliput, povrchově změkčera potahem 1 mm PE pěny, a krabička z archivní lepenky k uložení se všemi souvisejícími nálezy a vzorky (obr. 7).



Obr. 7 Adjustace pro uložení / Adjustment for storage

ZÁVĚR

Průzkum literatury i praktické zkoušky naznačují, že PB-72 je dostatečně paropropustný, aby došlo k optimálnímu vysušení skla po konsolidaci s kontinuálním zvlhčováním, ale tento závěr není laboratorně ověřen. Proto bude nutné stav zkušebních předmětů dlouhodobě sledovat, aby se tento závěr potvrdil nebo vyvrátil. Některé studie uvádí vyšší paropropustnost u PB-44. Pokud bychom vycházeli z množství a kvality pórů, u rychle těkajících rozpouštědel se jich tvoří více, ale jsou malé, u pomalu těkajících se tvoří v menším množství, ale velké. Literární zdroje si občas navzájem protirečí a je obtížné na jejich základě vybírat vhodné rozpouštědlo. Bylo by přínosné, kdyby se někdo mohl věnovat komplexnímu testování, ale situaci ztěžuje fakt, že chování laboratorních vzorků se těžko srovnává s chováním prokorodovaného archeologického skla.

SHRNUTÍ POZOROVÁNÍ

Při použití acetonu jako rozpouštědla v 5% θ pro konsolidaci vlhkého povrchu docházelo k nedokonalému prosycení stře pu, k tvorbě bublinek a vláken, lesklýmvrstvám na povrchu, k snadnému opětovnému rozpouštění a k velmi rychlému odpařování. Přidáním ethanolu se prodloužila zpracovatelnost, ale přibyla tvorba žmolků. Podle literatury má film tvořený z paraloиду v acetonu nižší prostupnost vodním parám. Pro jeho použití hovoří nižší zbytková rezidua a vysoká rozpustnost.

Při použití ethanolu v 5% θ docházelo na povrchu k tvorbě vrstev, vláken, strhávání filmu ve formě žmolků a mléčnému

zakalení. To bylo částečně možné odstranit dodatečným očištěním ethanolem. Při zvýšení teploty okolního prostředí se tyto projevy snižovaly. Odpaření bylo oproti acetonu o něco pomalejší a na stře pu se netvořily viditelné bublinky. Paraloíd se v ethanolu obtížně rozpouští, to lze ale s úspěchem použít při následném odstraňování lesklých povrchových vrstev bez narušení konsolidace. Jeho propustnost vodním parám se bohužel nepodařilo dohledat. Je nejméně toxický, zanechává nejméně zbytkových reziduí, a pokud se zpomalí rychlost odpařování, aby mohlo dojít k dokonalému prosycení, mohl by být dobrou volbou pro samotnou konsolidaci. Pro čištění povrchů konsolidantem byly po napsání přednášky úspěšně zkoušeny nižší koncentrace 2–3% θ . Pro dostatečné zpevnění byly po vysušení aplikovány další nátěry, neboť tato koncentrace je velmi nízká. Závěrečná pevnost se u silnějších profilů jevila dostatečná.

Nejlépe penetroval do stře pu 5% roztok v xylenu, nezanechával na povrchu žádné vrstvy ani bublinky. Velmi praktickou se ukázala možnost čištění povrchů přímo konsolidačním roztokem, protože po vytvrzení Paraloíd nejlépe odolával opakované expozici rozpouštědlu. Podle literatury by měl mít největší prostupnost vodním parám. Díky nižšímu tlaku par ale může zanechat více zbytkového rozpouštědla v pryskyřici, což může snižovat Tg a tím ovlivnit dlouhodobou stabilitu filmu, pokud nezajistíme vhodnou teplotu uložení.

Závěrem bych chtěla říci, že jednotlivé případy se mohou velmi lišit a je nutné upravovat použití zažitých postupů ve prospěch konkrétní situace. Nicméně podmínky prostředí, zejména teplota, by měly být jedním z faktorů při výběru pryskyřice, protože teplota uložení či vystavení musí být nižší než Tg pryskyřice. Při aplikaci je zároveň dobré vést v patrnosti, že Tg pryskyřice v roztoku rapidně klesne a s ním i pevnost nedosušeného konsolidovaného materiálu či spoje.

Tento příspěvek jsem zpracovala podle svých nejlepších dostupných možností. Doufám, že poslouží k probuzení zájmu o další testy chování akrylátových pryskyřic ve vztahu k jejich rozpouštědlům a poskytne podklady pro další diskusi. Celá problematika je vhodná k důkladnějšímu laboratornímu zkoumání.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala všem kolegům a kolegyním, se kterými jsem problémy konzultovala, za jejich ochotu a trpělivost.

POZNÁMKY

- 1 Výrobce Dow / Rohm and Haas, <https://www.dow.com/en-us>.
- 2 Používáme hmotnostní koncentrace roztoků (w/w) = kolik gramů rozpuštěné látky se nachází ve 100 g roztoku.
- 3 Voskové destičky této tloušťky si naléváme v laboratoři.
- 4 Expandovaný polyethylen je materiál, který na první pohled připomíná polystyren. Je lehký, pevný a je odolný vůči vodě. K dostání: Technická pěna ARPLANK 30, tloušťka 50 mm, 2 000 × 1 200 mm | GUMEX.CZ. Bílou verzi zatím mám jen z obalů dodaných přístrojů a hledám dodavatele, u šedé není vyloučeno riziko emisí.
- 5 Teplota skelného přechodu (Tg) „charakterizuje změnu pryskyřice z pevného, „sklovitého“ stavu do měkkého, „gumovitého“ stavu. Pod Tg je amorfní polymer křehký a tvrdý; nad ním je měkký a lze jej snadněji rozpustit“ [Champman – Mason, 2003].
- 6 S xylenem tato studie nepracuje. Přidány jsou pouze dohledatelné hodnoty. Pro přibližné srovnání lze vycházet z toho, že chování toluenu a xylenu k paraloídům se v praxi liší jen minimálně.

LITERATURA A ZDROJE

- DAVIDSON, Amy a BROWN, Gregory W. Paraloid B-72: practical tips for the vertebrate fossil preparator. In: *Collection Forum*. 2012, **26**(1–2), s. 99–119.
- DOW / ROHMHAAS. *Technický list Paraloid B-72*. Online. 1/18/2008. Dostupné z: <https://www.collectioncare.org/MSDS/b72MSDS.pdf>. [cit. 2025-02-06].
- DRÁBKOVÁ Klára a kol. *Konzervování archeologických nálezů*. Online. Praha: VŠCHT Praha, 2022. ISBN 978-80-7592-161-1. Dostupné na stránkách vydavatelství VŠCHT Praha (vydavatelstvi.vscht.cz) a na e-learningu (e-learning.vscht.cz). <http://vydavatelstvi.vscht.cz/>, e-mail: vydavatelstvi@vscht.cz, tel.: (+420) 220 443 211. [cit. 2025-02-06].
- FYFT. *Milliput, dvousložkový epoxidový tmel*. Online. © 2016. Dostupné z: <https://www.fyft.cz/milliput-super-fine-white-green-stuff-world/>. [cit. 2025-02-06].
- GOJDOVÁ, Stanislava a DRÁBKOVÁ, Klára. Archeologické nálezy vyzvednuté v sádrových blocích „in situ“. In: *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2012, s. 102–103. ISSN 1805-0050. ISBN 978-80-86413-89-1.
- CHAPMAN, Sasha a MASON, David. Literature review: The use of Paraloid B-72 as a surface consolidant for stained glass. Online. *JAI*. 2003, volume 42, number 2, article 11, s. 381–392. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/3180077>. [cit. 2025-02-06].
- KNÍŽOVÁ, Michaela. Testování kombinací akrylátových pryskyřic Paraloid s různými rozpouštědly pro použití při restaurování silikátových materiálů. Poster, (DKRVO 2013/27, 00023272). *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2013. ISSN 1805-0050. ISBN 978-80-86413-89-3.
- KOOB, Stephen P. Paraloid B-72®: 25 years of use as a consolidant and adhesive for ceramics and glass. In: *Holding it All Together*. Edited by J. Ambers, C. Higgitt, L. Harrison, and D. Saunders. London: Archetype Publications Ltd, 2009, s. 113–119. BIB ID119799.
- KOVÁCS, Réka Lilla; DARÓCZI, Lajos; BARKÓCZY, Péter; BARADÁCS, Eszter; BAKONYI, Eszter; KOVÁCS, Szilvia a ERDÉLYI, Zoltán. Water vapor transmission properties of acrylic organic coatings. Online. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2021, vol. 18, s. 523–534. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11998-020-00421-5>. [cit. 2025-02-06].
- PODLIŠKA, Jaroslav; ČERNÁ, Eva; ZLÁMALOVÁ CÍLOVÁ, Zuzana a KOZÁKOVÁ, Romana (eds.). *Sklo z archeologických výzkumů: archeologie, technologie a metody průzkumu, konzervace a restaurování = Glass from archaeological excavations: archaeology, technology and methods of survey, conservation and restoration = Glas aus archäologischen Grabungen: Archäologie, Untersuchungsverfahren und -methoden, Konservierung und Restaurierung*. Brno: Technické muzeum, 2021. ISBN 978-80-7685-001-9.
- SCHILLING, Michael, R. The glass transition of materials used in conservation. Online. *Studies in Conservation*. 1989, **34**(3), s. 110–116. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/1506226>. [cit. 2025-02-06].
- ŠVADLENA, Jan a STOULIL, Jan. Permeabilita akrylátových povlaků pro vodu. *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. Brno: Technické muzeum v Brně, 2013, s. 48–52. ISSN 1805-0050. ISBN 978-80-86413-89-3.
- VINÇOTTE, Armand; BEAUVOIT, Emmie; BOYARD, Nicolas a GUILMINOT, Elodie. Effect of solvent on PARALOID B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation. Online. *Heritage Science* 7. 2019, **42**. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0283-9>. [cit. 2025-02-06].
- ZOIC PALEOTECH TECH LIMITED. *Paraloid™ B-72 and its uses in Fossil Preparation*. Online, blogový příspěvek. © 2025. Dostupné z: <https://www.zoicpaleotech.co.uk/pages/paraloid-b72-in-fossil-preparation>. [cit. 2025-02-06].