FORUM / 2023 / ROČ. XIII / Č. 1

# PRO KONZERVÁTORY-RESTAURÁTORY
# FORUM FOR CONSERVATORS-RESTORERS

2023 / Vol. XIII / 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. Dr. Ing. Michal Ďurovič
akad. mal. Igor Fogaš
Ing. Pavel Jirásek
Ing. Jan Josef
doc. akad. soch. Petr Kuthan
prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
Ing. Radka Šefců
Mgr. Pavla Stöhrová (Secretary)

Open acces 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, 2023
ISSN (Online) 2571-4384
ISSN (Print) 1805-0050

TECHNICKÉ MUZEUM V BRNĚ

METODICKÉ CENTRUM KONZERVACE

# METODY SCELOVÁNÍ TRHLIN PLÁTĚNÝCH PODLOŽEK UMĚLECKÝCH DĚL – PŘEDSTAVENÍ METODY BRIDGING

**Jiří Pečinka[1,2] • Jan Krejčí[3]**

1 Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování
2 Muzeum hlavního města Prahy
3 Ústav chemické technologie restaurování památek, VŠCHT Praha

MgA. Jiří Pečinka – absolvent Fakulty restaurování Univerzity Pardubice ateliér Restaurování a konzervování uměleckých a umělecko-řemeslných děl na papírových, textilních a souvisejících podložkách. Absolvoval studijní stáže na Univerzitě užitého umění ve Vídni a Akademii výtvarného umění ve Stuttgartu. V současné době pracuje v Muzeu hlavního města Prahy jako konzervátor-restaurátor uměleckých děl a papíru. (jiri-pecinka@seznam.cz, pecinka@muzeumprahy.cz)

Příspěvek předkládá část výsledků autorovy diplomové práce, která se komplexně zabývala problematikou trhlin v plátěných podložkách uměleckých děl. V návaznosti na nová zjištění v oblasti restaurování je podrobně představena další scelovací technika trhlin tzv. *bridging* („přemostění"). Technika *bridging* je zároveň kriticky zhodnocena a popsána na základě výsledků experimentálních průzkumů. Metoda je předložena jako ekonomičtější alternativa metody nit-na-nit.
**Klíčová slova:** metody scelování trhlin, trhliny v plátěných podložkách závěsných obrazů, restaurování závěsných obrazů, bridging, přemostění, nit-na-nit, BEVA 371, Acrylkleber 498 HV, Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375

**TEAR MENDING METHODS IN CANVAS EASEL PAINTINGS – THE BRIDGING METHOD** The article presents part of the results of the author's diploma thesis, which comprehensively dealt with the issue of tears in canvas of works of art. Based on new findings in the field of conservation, another tear-mending technique the so called bridging is presented in detail. At the same time, the bridging technique is critically evaluated and described based on the results of the experimental research. The method is presented as a more economical alternative to the thread-by-thread method.
**Keywords:** tear mending methods, tears in canvas support of easel paintings, easel painting conservation, bridging, thread-by-thread, BEVA 371, Acrylkleber 498 HV, Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375

Účelem opravy trhlin by mělo být obnovení stejného rozložení napětí jako před vznikem trhliny. Tímto způsobem by tkanina měla znovu získat vyhovující pevnost v tahu a zároveň by se tím zabránilo rozšíření poškození. Historické techniky jako rentoaláž a záplaty sice vizuálně problematiku řeší, z dlouhodobého hlediska však nezabraňují postupným deformacím ošetřených trhlin a jejich okolí.
Metoda scelování nit-na-nit je v současné době ve světě prezentována jako nejvhodnější metoda scelování trhlin [Flock, 2021]. Prvně byla tato metoda představena v českém prostředí Janou Chalupovou [Chalupová, 2019]. Obnova vizuální i mechanické celistvosti plátna a s tím spojené obnovení rozložení napětí v místě trhliny v plátně, zachovává nejen estetické, ale i historické aspekty díla. Největší nevýhodou této techniky jsou však vysoké nároky na čas, stejně tak na kvalitní vybavení a manuální zručnost restaurátora. Technika je navíc u pláten s hustě tkanou dostavou prakticky neproveditelná, obzvlášť nemá-li restaurátor k dispozici odpovídající vybavení. Z těchto důvodů je na základě rešerše, praktických zkušeností získaných během studia a studijních stáží, stejně tak experimentálního průzkumu představena a kriticky hodnocena další alternativní metoda – *bridging*. Následující informace vycházejí z autorovy diplomové práce [Pečinka, 2022].

## BRIDGING

### Stav výzkumu

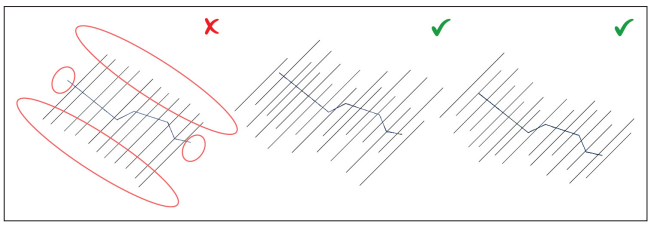
První zmínka o *bridgingu*, možný český překlad „přemostění", byla nalezena v článku z roku 1976 o restaurování obrazu *Noční hlídka* Rembrandta van Rijn, kde byl *bridging* využit jako podpůrné opatření scelovací metody nit-na-nit [Kuiper – Hestermann, 1976]. V dostupných následujících publikacích je metoda zmiňována pouze jako podpůrné opatření jiných scelovacích metod, nikoli jako samostatná scelovací technika. První podrobný popis jejího využití představil Winfried Heiber ve svém článku z roku 1996 [Heiber, 1996]. Na základě řady zátěžových testů zkoumala u techniky nit-na-nit podpůrnou techniku *bridging* i Hannah Flock [Flock, 2021]. Přestože vyztužování scelených trhlin různými materiály je běžnou praxí především u větších nebo komplikovaných trhlin, nebyla této technice věnována žádná větší pozornost. Můžeme se setkat s vysokoškolskými pracemi, které techniku zmiňují jako podpůrné opatření různých scelovacích technik, není ale jejich hlavním tématem.

**Implementace**

Na základě rešerše i vlastních zkušeností má tato metoda čtyři možnosti využití:

- samostatná technika scelování trhlin,
- zvýšení pevnosti v tahu již scelených trhlin,
- opatření před deformacemi scelených trhlin,
- přechodné zajištění trhlin.

Pro *bridging* se používají nitě z přírodních a syntetických materiálů, především konopné nebo lněné, opatřené adhezivem. Lepí se kolmo k trhlině různými adhezivy po celé její délce, jako prevence před možným rozšiřováním se doporučuje aplikovat *bridging* i za konec trhliny. Při aplikaci by nitě měly být umístěny střídavě tak, aby netvořily rovinu, například kladením různě dlouhých nití, nebo různým místem přichycení, tzv. *zig-zag*. To z důvodu možného označení z lícové strany jako v případě záplat (obr. 1). Taktéž by se mělo předcházet nadbytečnému množství užitého adheziva. Jeho nezbytné množství by se mělo vyskytovat pouze v místě *bridgingové* nitě, aby nedocházelo ke značení z lícové strany [Hartwich – Plötz, 2016; Nicolaus, 1999].



*Obr. 1 Grafické znázornění vhodné implementace bridgingových nití na trhlinu / Depiction of an ideal implementation of bridging threads on tears*

*Bridging* jako samostatná technika ke scelení trhlin nebyla doposud nikdy blíže zkoumána, byť se v praxi s tímto způsobem oprav setkáváme. Winfried Heiber tuto možnost nedoporučuje, jelikož podle něj nezabraňuje deformaci a znovuobjevení scelené trhliny [Heiber, 2003]. Proto jsou bližší možnosti využití *bridgingu* jako alternativní techniky scelování trhlin diskutovány a na základě zátěžových zkoušek v tahu zhodnoceny včetně problematiky jejich využití v rámci *Experimentální části*.

Nejběžněji se v literatuře vyskytující způsob užití je vyztužení již scelených trhlin různými technikami, aby byla zvýšena jejich pevnost v tahu. Může se jednat o vyztužení příliš dlouhých trhlin, trhlin nacházejících se v místech obrazu s koncentrací vyššího napětí nebo trhlin, u kterých nebylo možné scelit veškeré přerušené nitě či nebyl možný jejich dostatečný přesah.

U příliš nepoddajných trhlin, které mají tendence se deformovat, i v případě scelení metodou nit-na-nit, se v literatuře a praxi můžeme setkat s *bridgingem* i z jiných materiálů, než jsou nitě. Jedná se o neflexibilní pevné inertní materiály, které i přes působící napětí nemění svůj tvar [Dzialek, 2014]. V rámci restaurování obrazu *Cathedra* od Barnetta Newmana v roce 1997 byla původní poškozená rentoalážní textilie po scelení metodou nit-na-nit a chirurgickém sešití opatřena ocelovými dráty, které byly přišity z rubové strany [Bracht, 2003]. V Uměleckohistorickém muzeu ve Vídni se u takových trhlin, nebo u trhlin příliš dlouhých, použily vedle kovových drátů (kytarových strun) i sklolaminátové tyčinky nebo skleněné tyčinky [Odlozil, 2014; Dzialek, 2014]. Dlouhodobá stabilita a případné označení z lícové strany však doposud nebyly zkoumány.

V neposlední řadě se může jednat o dočasný způsob zajištění trhlin například v průběhu implementace jiné scelovací techniky, která by zamezila posunu scelovaných hran plátna, nebo opatření při transportu.

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část byla zaměřena na možnosti využití techniky *bridgingu* jakožto samostatné techniky scelování trhlin textilních podložek závěsných obrazů. Cílem bylo zhodnotit tuto techniku především na základě mechanických vlastností experimentálně scelených vzorků (pruhů) pláten. Kromě pevnosti v tahu byla hodnocena a diskutována i časová náročnost této scelovací techniky, její implementace a vzhled. Kromě pevnostních charakteristik bylo subjektivně posuzováno chování vzorků při namáhání. Techniky *bridgingu* byly v rámci všech bodů srovnávány se vzorky scelenými technikou nit-na-nit, stejně tak s neporušenými vzorky, které sloužily jako srovnávací standard.

Výběr využitých materiálů a metod, včetně jednoosých tahových zkoušek, byl odvozen z výzkumu Hanny Flock [Flock, 2014]. Zároveň byly experimenty přizpůsobeny vlastním požadavkům na základě dosavadních zjištěných poznatků, dílčích předběžných testů a zkušeností nabytých v průběhu restaurátorské praxe.

Na tomto místě je zapotřebí zdůraznit, že v rámci experimentu byly hodnoceny standardizované ideální situace, zahrnující například použití nového lněného plátna, které je namáháno pouze v jedné ose. Přestože je restaurátorská praxe mnohem rozmanitější,[1] je možné na základě provedených zkoušek získat představu o chování, vlastnostech a tendencích pláten scelených testovanými metodami při namáhání.

**Volba materiálů**

V rámci experimentu byla pro výrobu testovacích vzorků zvolena vypraná lněná textilie s plátnovou vazbou o dostavě 18 osnovních a 10 útkových nití na 1 cm$^2$,[2] jejichž útkové nitě byly využity i jako *bridgingové* nitě. Adheziva pro aplikaci *bridgingu* byla na základě rešerše a praktických zkušeností zvolena – BEVA 371 Film® o tloušťkách 25 a 65 µm, 40% (hm. %) roztok Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 v technickém benzínu a neředěná vodná disperze Lascaux® Acrylkleber 498 HV. Pro srovnávací sérii vzorků scelených metodou nit-na-nit byla jako reprezentační nejběžnější adhezivum zvolena Heiberova směs 20% roztoku vyziny s 10% pšeničným škrobem v hmotnostním poměru 1 : 1.

**Příprava zkušebních vzorků**

Pro tahové zkoušky bylo vyhotoveno celkem sedm zkušebních sérií, každá o deseti vzorcích (tab. 1).

*Tab. 1 Zkušební série vzorků pláten, užité zkratky a jejich popis / Test series of canvas samples, used acronyms and their description*

| | |
|---|---|
| NV | Vzorek standardu, pruhy plátna bez trhliny. |
| HV | Vzorky scelené metodou nit-na-nit s Heibrovou adhezivní směsí. |
| BNV | Vzorky scelené *bridgingem* opatřeným 40% (hm. %) roztokem Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 v technickém benzínu. |
| B65V | Vzorky scelené *bridgingem* opatřeným BEVA 371 Film® o tloušťce 65 µm. |
| B25V | Vzorky scelené *bridgingem* opatřeným BEVA 371 Film® o tloušťce 25 µm. |
| AV | Vzorky scelené *bridgingem* s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV. |
| AAV | Vzorky scelené *bridgingem* s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV aktivovaným acetonem. |

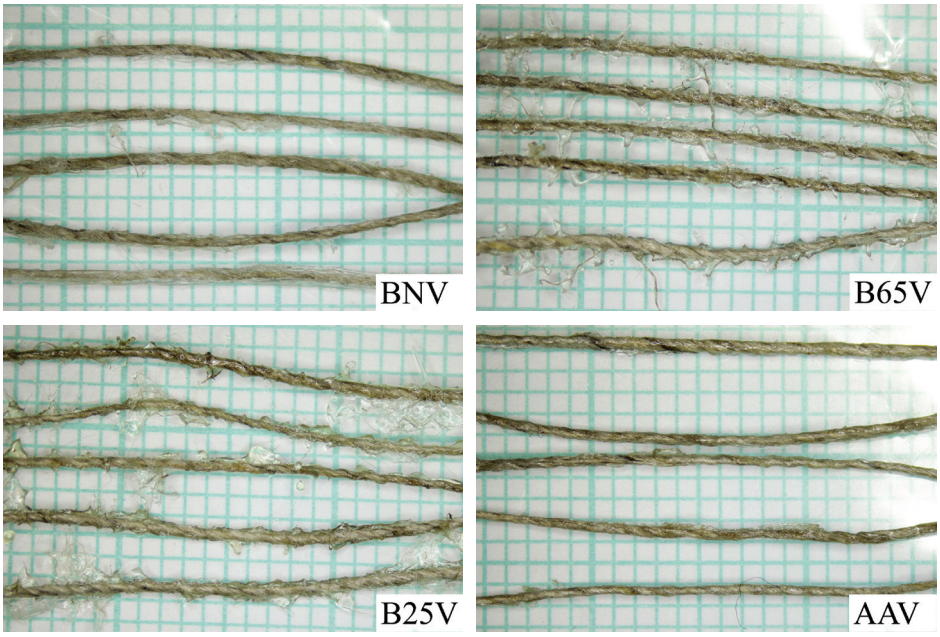
**Příprava zkušebních pruhů plátna**

Pro přípravu všech zkušebních vzorků byly z plátna po niti vystřihnuty pruhy o délce 200 mm ve směru útku. Šíře pruhů byla 34 útkových nití, kde z každé strany 5 útkových nití bylo vytaženo. Výsledná šíře pruhu potom činila 24 nití, tedy asi 25 mm. Do všech pruhů, až na pruhy ze série standardu (NV), byla implementována trhlina přeříznutím útkových nití ve středu vzorku pomocí skalpelu.[3] Trhlina byla provedena vždy bezprostředně před scelením zkušebního vzorku (obr. 2).

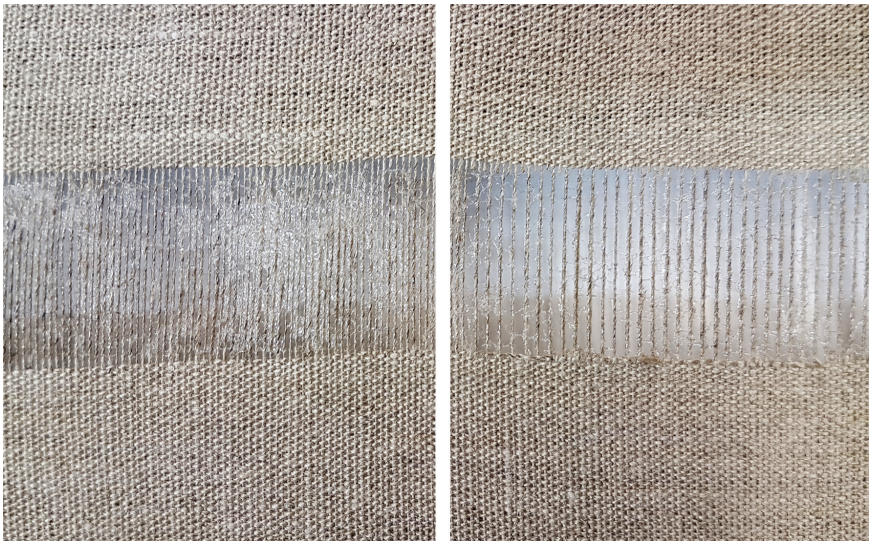
*Obr. 2* *Ukázka vzorku z testovací série NV, která sloužila jako standardní série / A sample from the NV test series, which served as a standard series*

**Příprava bridgingových nití**

- Příprava *bridgingových* nití se lišila v závislosti na jednotlivých zkušebních sériích (obr. 3).
  / Na základě postupů popsaných Hannou Flock [Flock, 2014] byly připraveny dvě zkušební série *bridgingových* nití s produkty BEVA 371 Film® o tloušťce 25 µm (B25V) a 65 µm (B65V). Nejprve z předpřipraveného vypnutého plátna byly vytaženy osnovní nitě tak, aby vznikl pruh požadované šířky 3 cm pouze s útkovými nitěmi. Následně byla v tomto pruhu odstraněna každá druhá útková nit. Na pruh obnažených útkových nití byly posléze aplikovány filmy produktů BEVA 371 Film® pomocí tepelně regulovatelné restaurátorské špachtle při teplotě asi 60 °C. Poté byly nitě s filmem zahřívány pomocí fénu při teplotě 50–60 °C tak, aby filmy rovnoměrně obalily jednotlivé útkové nitě. Způsob přípravy byl stejný pro filmy obou tlouštěk. Na závěr byly nitě *bridgingu* z plátna vystřihnuty (obr. 4).
  / Další tři zkušební série vzorků s produkty Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 (BNV) a Lascaux® Acrylkleber 498 HV (AAV, AV) byly připraveny na základě vlastních zkušeností a předběžných experimentů. Jednotlivé útkové nitě vytažené přímo z textilie byly štětcem opatřeny nátěrem požadovaného adheziva. Při použití 40% (hm. %) Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 v technickém benzínu (BNV) byly nitě volně ponechány k úplnému odtěkání rozpouštědla po dobu delší než 24 hodin. Stejný způsob byl použit i v jednom ze dvou případů *bridgingu* s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV (AAV). Ve druhém případě byla *bridgingová* nit bezprostředně použita po aplikaci adheziva Lascaux® Acrylkleber 498 HV v jeho nezaschlém stavu (AV).



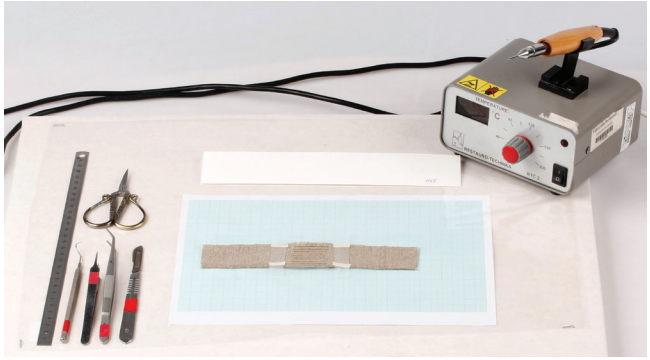

*Obr. 3* *Jednotlivé bridgingové nitě po aplikaci adheziva / Individual bridging threads after application of an adhesive*



*Obr. 4* *Proces přípravy bridgingových nití s BEVA 371 Film® (levá strana po aplikaci filmu tepelně regulovatelnou špachtlí, pravá strana po obalení nití pomocí fénu) / The process of applying the BEVA 371 Film® on the bridging threads (left side – threads after the application of an adhesion film with heating spatula, right side – threads after the hair-dryer use)*

**Proces scelování**

Textilní vzorky scelené požadovanou technikou byly připraveny v prostorách Fakulty restaurování Univerzity Pardubice (obr. 5).



*Obr. 5 Použité pomůcky při scelování vzorků / Equipment used in mending tears in samples*

- **HV**
  V případě série vzorků scelených metodou nit-na-nit Heiberovou adhezivní směsí byly z míst trhliny nejprve odstraněny dvě osnovní nitě, což umožnilo scelení s dostatečným přesahem útkových nití alespoň 0,5 mm, nejlépe však doporučených 0,6 až 0,7 mm [Young, 2003]. Celý proces scelování probíhal pod stereo lupou (Leica S6D) při zvětšení asi 12×. Adhezní směs byla zahřívána na teplotu přibližně 40 °C. Byla nanášena pomocí tenkého štětce na místo přerušených nití a následně vysoušena pomocí tepelně regulovatelné jehly při teplotě 45–50 °C.
- Scelení vzorků metodou *bridging* (BNV, B65V, B25V, AV a AAV) předcházela řada experimentů. Na základě předběžných tahových zkoušek byla pro hlavní experiment zvolena optimální celková délka *bridgingových* nití 30 mm a četnost každý třetí meziprostor mezi dvě přerušené útkové nitě.
  / **BNV, B65V, B25V**
  Zkušební série vzorků scelené *bridgingem* z nití opatřených adhezivy BEVA 371 Film® o tloušťce 25 a 65 µm (B25V, B65V) a série s nitěmi předem opatřenými nátěrem 40% (hm. %) roztoku Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 (BNV) byly přichyceny pomocí tepelně regulovatelné restaurátorské špachtle při přibližně 65–68 °C přes antiadhezivní fólii Hostaphan a následně zatíženy do vychladnutí.
  / **AV**
  U série byly jednotlivé nitě bezprostředně po natření adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV nalepeny na zkušební vzorek plátna a mírně přižehleny tepelně regulovatelnou restaurátorskou špachtlí při asi 70 °C přes antiadhezivní fólii Hostaphan.
  / **AAV**
  U poslední série *bridgingových* nití s vyschlým nátěrem adheziva Lascaux® Acrylkleber 498 HV bylo adhezivum nejprve aktivováno rychlým ponorem do čistého acetonu. Po mírném odtěkání rozpouštědla, které trvalo přibližně 10 s, byly nitě přichyceny na zkušební vzorek a mírně přižehleny tepelně regulovatelnou restaurátorskou špachtlí při asi 90 °C přes antiadhezivní fólii Hostaphan.

**Zkoušky pevnosti při jednoosém namáhání**

Zkušební vzorky pláten byly před zatěžovacími zkouškami vloženy do ochranných pouzder z neutrálního papíru gramáže 90 g/m$^2$, přičemž každý jednotlivý vzorek měl svou vlastní obálku. Zkoušky probíhaly na Vysoké škole chemicko-technologické v Praze, Ústavu chemické technologie restaurování památek, kde byly ponechány ve stabilizovaných klimatických podmínkách při teplotě 25 °C a relativní vzdušné vlhkosti 35–40 % po dobu dvou týdnů. Posléze byly ve stejných podmínkách testovány.

Testy byly provedeny na přístroji LabTest 5.030-2 (LaborTech, ČR). Při zkouškách byly vzorky, respektive pruhy textilií vloženy do testovacího zařízení tak, aby střed měřeného vzorku byl ve středu mezi upínacími čelistmi testovacího zařízení. Vzdálenost čelistí činila 100 mm, čelisti se pohybovaly konstantní rychlostí 50 mm/min. Naměřené výsledky byly zpracovány jako grafy závislostí síly na dráze (změně vzdálenosti upínacích čelistí) v programu Test&Motion a dále v MS Excel. Z těchto závislostí byly odečteny maximální síly při vzniku zásadních deformací.

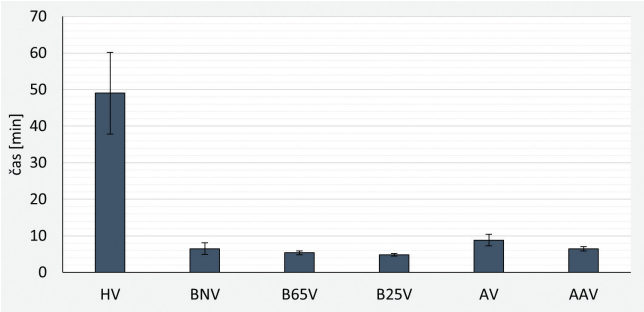
## VÝSLEDKY

**Časová náročnost metod scelení**

Byla zjišťována časová náročnost aplikace jednotlivých metod scelování trhlin, která zahrnovala samotné scelování, bez zahrnutí času přípravy *bridgingových* nití, stejně tak nebyl započten čas implementace trhliny. Z měření deseti vzorků byl vypočten aritmetický průměr těchto časů a standardní směrodatná odchylka.

Časově nejnáročnější je scelování trhlin metodou nit-na-nit (HV), která v průměru trvala 49 minut na vzorek. Tato doba je přibližně 5,5× (AV) až 10× (B25V) delší než čas věnovaný scelování *bridgingem*.

Srovnání časové náročnosti jednotlivých metod *bridgingu* mezi sebou není kvůli relativně velkému rozptylu hodnot jednotlivých sérií zcela jednoznačné (obr. 6).




*Obr. 6 Graf průměrné časové náročnosti scelování jednotlivými metodami / Graph of the average time required for individual tear mending methods*

**Vizuální zhodnocení jednotlivých metod**

U metody scelování trhlin nit-na-nit z pozorovací vzdálenosti přibližně 1,5 m je takto scelená trhlina na rozdíl od *bridgingu* prakticky nepostřehnutelná.

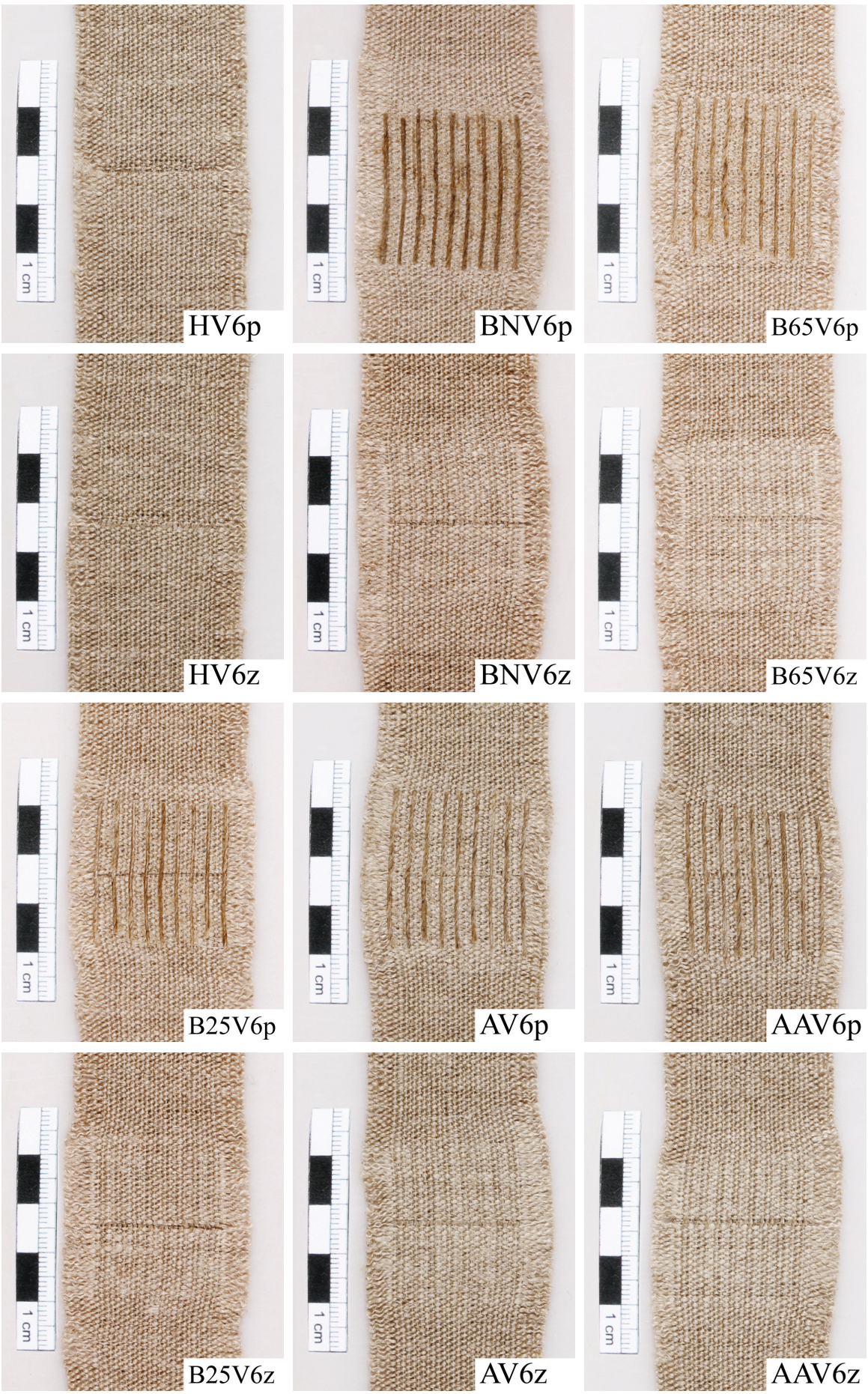
Scelení u *bridgingu* je z důvodu přidání nového materiálu patrnější ze strany, na kterou byly nitě aplikovány. Samotná linie trhliny je na rozdíl od metody nit-na-nit mírně viditelná.

Z *bridgingových* metod se nejvýrazněji jeví scelení u série s adhezivem Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 (BNV). Vizuálně se uplatňuje jako ztmavnutí *bridgingové* nitě a částečně také jejího okolí. Dále bylo zaznamenáno ztmavnutí u sérií s adhezivy BEVA 371 Film® (B25V, B65V), avšak méně výrazné než v předchozím případě. U sérií s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV (AV, AAV) zůstával odstín nití, případně jejich barevnost, téměř nezměněn (obr. 7).

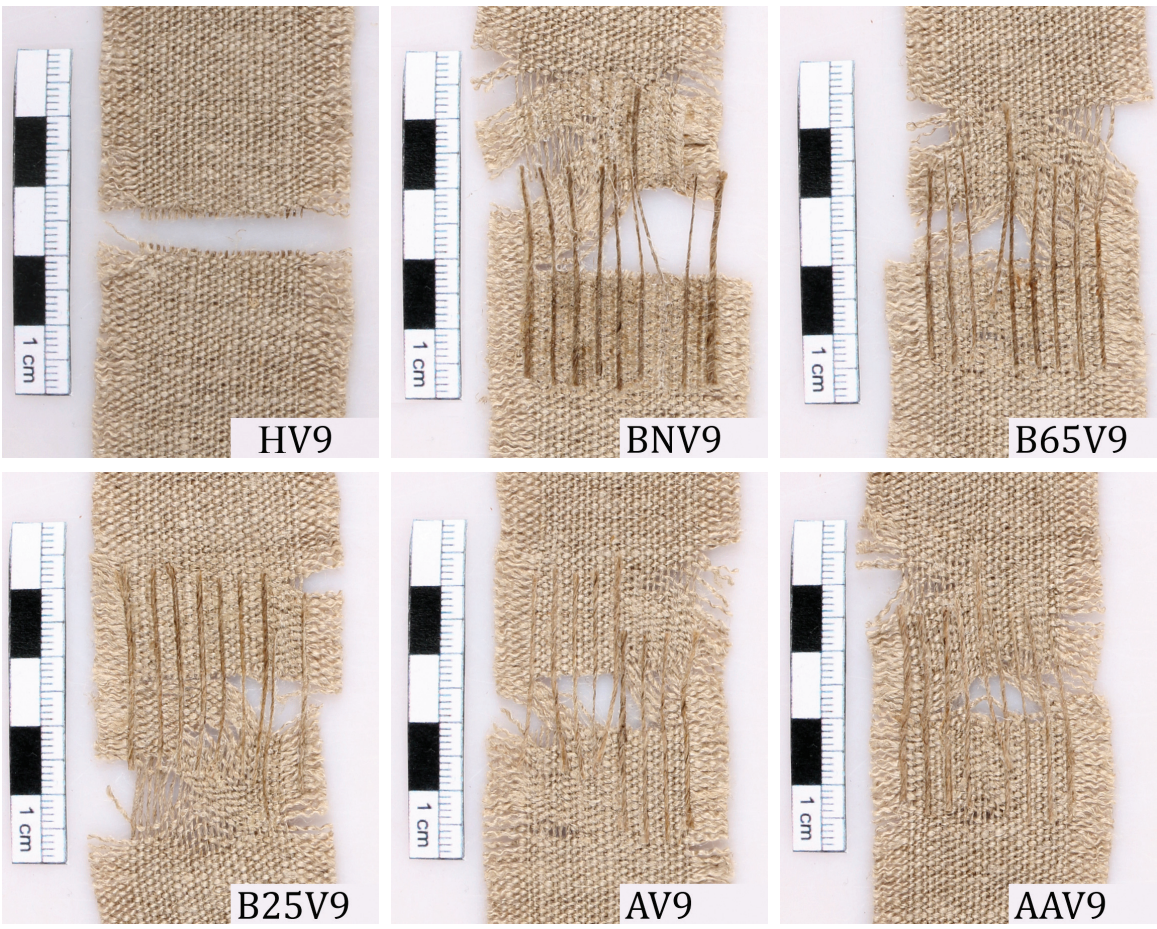
**Mechanismy poškození vlivem tahových zkoušek**

Při namáhání vzorků scelených pláten v tahu bylo možné sledovat tendence poškození, které by v případě zvýšeného napětí mohly vznikat na sceleném obraze.

Z experimentů vyplynula problematika *bridgingu*, která tkví z velké části v tom, že *bridgingové* nitě zajišťují především neporušené, v tomto případě osnovní nitě, a porušené útkové nitě tak mají možnost volného pohybu. Což má za následek znovuotevření trhliny.[4] Na základě vizuálního průzkumu byl také zpozorován další způsob deformací vlivem tohoto faktoru, které se nesoustředí pouze na místo trhliny, ale utváří se v oblasti nebo při okrajích *bridgingových* nití.




*Obr. 7* *Ukázka jednotlivých metod po scelení (p – přední/pohledová strana, z – zadní strana) / Examples of individual methods (p – front, z – back)*



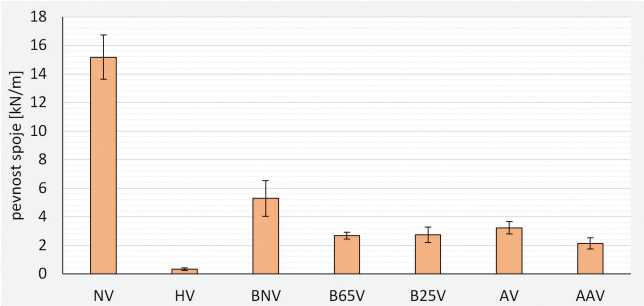

*Obr. 8 Ukázka jednotlivých metod po tahových zkouškách / Examples of individual methods after tension test*

K nejvýraznějším deformacím během zátěžových testů docházelo u série vzorků scelených *bridgingovými* nitěmi opatřenými adhezivním filmem BEVA 371 Film® o tloušťce 25 mμ (B25V). V tomto ohledu vykazovala nejlepší výsledky série scelená *bridgingem* s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV aktivovaným acetonem (AAV). U série scelené metodou nit-na-nit (HV) bylo vykázáno při mechanickém namáhání stejné chování u všech vzorků. Po počátečním rovnoměrném napnutí vzorku došlo k přetržení nití v místech spojů (obr. 8).

**Jednoosé namáhání v tahu**

Z měření deseti vzorků byl vypočten aritmetický průměr těchto sil a standardní směrodatná odchylka, také byly výsledky vztaženy na šíři testovaných vzorků.[5] Na základě porovnání výsledků testů maximálního zatížení všech testovaných sérií, které probíhaly na testovacím stroji s konstantní rychlostí 50 mm/min, vykazovaly všechny metody scelení trhliny pomocí *bridgingu* výrazně vyšší hodnoty, než série scelená metodou nit-na-nit (HV – 0,33 kN/m), tedy než v současné době preferovaná metoda scelování trhlin.

Nejvyšší pevnost v tahu při jednoosém namáhání byla zaznamenána u série vzorků scelených *bridginovými* nitěmi opatřenými nátěrem 40% (hm. %) roztoku Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 v technickém benzínu (BNV – 5,30 kN/m). Další série vzorků scelených *bridgingovými* nitěmi (B65V, B25V, AV a AAV) byly v závislosti na chybovosti měření srovnatelné (obr. 9).




*Obr. 9 Graf průměrné pevnosti při jednoosých tahových zkouškách vybraných metod scelování trhlin / Graph of the average tensile strength in uniaxial tensile tests of selected tear mending methods*

## DISKUZE

Dle očekávání byla metoda nit-na-nit časově nejnáročnější. Kvůli relativně velkému rozptylu hodnot jednotlivých sérií *bridgingu* nebylo jejich srovnání zcela jednoznačné. Přesto je ale možné konstatovat, že samotná implementace u sérií s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV (AV, AAV) byla časově náročnější, nežli u sérií s BEVA adhezivy (B65V, B25V), jelikož jim předcházela příprava v podobě aplikace adheziva či jeho aktivace přímo během samotného procesu scelování. Avšak při zohlednění přípravy *bridgingových* nití vychází časově nejnáročněji série s adhezivem BEVA 371 Film®, přestože samotná aplikace patřila k nejrychlejším.[6]

Z vizuálně nejuspokojivějších metod *bridgingu*, tedy v obou případech *bridgingu* s užitým adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV vypadala scelení velmi podobně, přesto bylo možné očekávat u série s přímým užitím adheziva bez jeho aktivace rozpouštědlem (AV) významnou migraci adheziva do struktury vzorku. U série scelené *bridgingem* s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV aktivovaném acetonem se předpokládá naopak nejnižší množství reziduí adheziva na vzorku při jejich odstranění na základě vizuálního průzkumu.

Jednoosými tahovými zkouškami byla potvrzena slova Winfrieda Heibera, že technika *bridgingu* není schopná zabránit postupnému znovuotevření trhlin. Provedené experimenty tento předpoklad ve většině případů potvrzují. Vzniklé deformace při okrajích *bridgingových* nití lze teoreticky eliminovat aplikací různých délek *bridgingových* nití, nebo jejich tzv. *zig-zag* aplikací. Je třeba však další výzkum.

## ZÁVĚR

Ze sérií scelených *bridgingem* se ve výsledku jevila jako nejvhodnější série scelená nitěmi s adhezivem Lascaux® Acrylkleber 498 HV aktivovaným acetonem (AAV). Zpevnění bylo na základě zátěžových zkoušek dostatečné, metoda byla vizuálně uspokojivá, představovala nejmenší míru deformace vzorků a zároveň se u ní předpokládá nejlepší reversibilita.
Na základě všech výše zmíněných informací, včetně informací zjištěných v rámci rešeršní činnosti, je metoda *bridgingu* vhodná především jako dodatečné zpevňující opatření již scelených trhlin nebo jako dočasné zajištění. Z dlouhodobého hlediska může být totiž její využití jako samostatné scelující techniky z důvodu deformace v místě trhlin a jejího okolí problematické. Této problematice by měla být věnována bližší pozornost v rámci dalšího bádání. Metoda scelování nit-na-nit je i přes svou časovou náročnost a vysoké požadavky jak na zručnost restaurátora, tak samotné potřebné restaurátorské vybavení stále hodnocena jako nejvhodnější metoda scelování trhlin v plátně obrazu. Další možnou alternativou, která by mohla být předmětem rozšířeného průzkumu, je metoda scelování vláknitou cupaninou.[7] Tato metoda, která je formou podrobné rešerše taktéž představena v autorově diplomové práci, by měla předcházet mechanismům poškození scelených trhlin uváděných u metody *bridging*.

## PODĚKOVÁNÍ

*Na tomto místě autoři článku děkují Ing. Petře Lesniakové, Ph.D., a Ing. Markétě Škrdlantové, Ph.D., za pomoc při práci na diplomové práci, a to především v experimentální části.*

## POUŽITÉ MATERIÁLY A POMŮCKY

- aceton (Penta, s. r. o., Česká republika)
- BEVA 371 Film® 25 a 65 µm – adhezivum na základě ethylenvinylacetátu
- Lascaux® Heat-Seal Adhesive 375 – adhezivum na základě ethylenvinylacetátu
- demineralizovaná voda (FR UPa Litomyšl)
- Lascaux® Acrylkleber 498 HV – akrylátová disperze
- pšeničný škrob (Ceiba, s. r. o., Česká republika)
- technický benzín (Penta, s. r. o., Česká republika)
- vyzina (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, Německo)
- filtrační papír 75 g/m$^2$
- Hostaphan 36 g/m$^2$ – antiadhezivní, 100% polyesterová fólie
- lněné plátno – 300 g/m$^2$, 17 osnovních, 10 útkových nití na 1 cm$^2$ (Trigi, s. r. o., Česká republika)
- neutrální papír 90 g/m$^2$
- Urgofilm® 5MXI – lékařská fixační náplast
- fén
- stereo lupa Leica S6D (Leica Microsystems)
- univerzální zkušební stroj LabTest 5.030-2 (LaborTech, Česká republika)
- tepelně regulovatelná restaurátorská špachtle (různé nástavce)

## POZNÁMKY

[1] Plátna jsou například namáhána v mnoha směrech, jsou degradovaná, opatřená řadou vrstev malby apod.

[2] Trigi, s. r. o., o šíři 240 cm a gramáži 300 g/m$^2$, kvůli možné přítomnosti klížidel opatrně ručně práno v teplé vodě o teplotě cca 45 °C. Voda byla vyměněna 4×.

[3] Vzorek položený na antiadhezivní fólii Hostaphan byl přichycen k podložce pomocí dvou kolmo položených proužků zdravotnické fixační náplasti Urgofilm® 5MX1. Postranní osnovní nitě byly pod náplastí překryty kouskem tenkého filtračního papíru. Tímto způsobem bylo dosaženo dostatečné stability přípravy zkušebního vzorku, který se během práce nehýbal. Zároveň však byla náplast snadno odstranitelná, aniž by došlo k jakémukoliv poškození. Následně byl pomocí ostrého skalpelu uprostřed zkušebního vzorku proveden řez přes všechny útkové nitě.

[4] Tento mechanismus je obdobný pro techniky rentoaláže a záplat.

[5] Na základě rešerše byla stanovena řada hodnot napětí, které se mohou v plátně vyskytovat, dle nejnovějších průzkumů se udává rozsah 150–600 N/m [Young – Hibberd, 1999].

[6] Samotné vytažení nití z vazby, odstranění každé druhé útkové nitě a aplikace adhezivního filmu trvalo v průměru 60 minut na 100 nití o délce 30 mm.

[7] Tento termín, který je v české literatuře tímto představen poprvé, je autorův překlad vycházející z německých názvů. Německá literatura pracuje s termíny *Faserbrei*, nebo *Rissverklebung mittels Faser-Bindemittel-Gemisch* [Beiner-Büth – Beckmann, 2007; Hartwich – Plötz, 2016]. Rešeršní průzkum stavu vývoje i implementace je součástí autorovy diplomové práce [Pečinka, 2022].

## LITERATURA


- BEINER-BÜTH, Silke – BECKMANN, Steffanie. Faserbrei zur Schliesung klaffender Risse: Ein Werkstattbericht. *Verbandes der Restauratoren Beiträge*. 2007, (1/2), s. 45–54.
- BRACHT, Elisabeth, et al. Barnett Newman´s Cathedra (1951): The Restoration of Slash Damages in a Colourfield Painting. In: *Alternatives to lining: the structural treatment of painting on canvas without lining. 19th September 2003*. London: United Kingdom Institute for Conservation, 2003, s. 21–28.
- DZIALEK, Sandra Maria. *Schadensfaktor Rückseitenanstrich: Konservierung-Restaurierung des Kosmoramas „Forum in Pompeji" v. Hubert Sattler Gemälde, 1850, Öl/Lwd., 124,5 × 95,5 cm, Salzburg Museum*. Diplomarbeit. Akademie der bildenden Künste Wien. Studienrichtung: Konservierung-Restaurierung, 2014.
- FLOCK, Hannah. *Neue Untersuchungen zur Rissschließung in Leinwandbildträgern: Uni- und Biaxiale Zugprüfungen an Prüfkörpern aus verklebtem Leinengarn und –gewebe sowie freien Klebstofffilmen. Kölner Beiträge*. Fachhochschule Köln. Institut für Restaurierungs und Konservierungswissenschaft. 2014.
- FLOCK, Hannah, et al. New Investigations of Adhesives for Tear Repair of Canvas Paintings. *Studies in Conservation*. 2021 [online published 2020], **66**(6), s. 321–341.
- HARTWICH, Claudia – PLÖTZ, Sandra. Eine Rissverklebung mittels Faser-Bindemittel-Gemisch. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. 2016, (2), s. 325–337.
- HEIBER, Winfried. Die Rißverklebung, *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. 1996, (1), s. 117–146.
- HEIBER, Winfried. The Thread-by-Thread Tear Mending Method. In: *Alternatives to lining: the structural treatment of painting on canvas without lining. 19th September 2003*. [abridged, revised and translated version of the: HEIBER, Winfried. Die Rißverklebung, In: *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*. 1996, Heft 1, s. 117–146.] London: United Kingdom Institute for Conservation, 2003, s. 35–47.
- CHALUPOVÁ, Jana. Metody scelování plátěné podložky závěsných obrazů. *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. Technické muzeum v Brně, 2019, **IX** (2), s. 61–66.
- KUIPER, Luitsen – HESTERMANN, W. Restauratieverslag van Rembrandts Nachtwach. [Report on the Restoration of Rembrandt's Night Watch], [with english translation], *Bulletin van het Rijksmuseum*. 1976, **24**(1–2), s. 14–49.
- NICOLAUS, Knut. *The Restoration of Paintings*. Cologne: Könemann, 1999.
- ODLOZIL, Michael. Bacchanal, Michaelina Woutiers, vor 1659, Öl auf Lw., Inv.-Nr. 3548, Restaurierbericht. In: HAAG, Sabine [editor]. *Jahresbericht 2013*. Wien: Kunsthistorisches Museum Wien, 2014, s. 64–66.n
- PEČINKA, Jiří. *Restaurování oltářního obrazu sv. Barbory na plátně z kostela sv. Jana Křtitele v Radomyšli a historické a současné metody scelování trhlin plátěných podložek závěsných obrazů se zaměřením na metodu „bridging"*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, Litomyšl, 2022.
- YOUNG, Christina. The mechanical requirements of tear mends. In: BUSTIN, Mary, CALEY, Tom. *Alternatives to lining: the structural treatment of painting on canvas without lining. 19th September 2003*. London: United Kingdom Institute for Conservation, 2003, s. 55–58.
- YOUNG, Christina – HIBBERD, Roger. Biaxial Tensile Testing of Paintings on Canvas. *Studies in Conservation*. 1999, **44**(2), s. 129–141.