

Několik poznámek k laserovému čištění kamenosochařských děl v současné praxi^{l*}

Notes on the Laser Cleaning of Stone Monuments in Contemporary Practice

Petr Gláser

Příspěvek věnuji památce na mé učitele, kolegy a přátele Jiřího Kaše, Jiřího Novotného a Vratislava Nejedlého.

Klíčová slova:

čištění | pulzní laser | kamenosochařské památky | praxe | zkoušky čištění | míra čištění | oborové standardy | limity | organizace péče o památky

Keywords:

cleaning | pulse laser | stone monuments | praxis | cleaning tests | degree of cleaning | standards | limits | organization of monument preservation

* Celý text byl vypracován autorem a je AI Free.

Příspěvek se zabývá aplikací laserového čištění na kamenosochařských památkách. Zabývá se praktickou stránkou laserového čištění, vypočítává možnosti čištění a jeho limity, snaží se hledat standardy zvláště v otázce míry čištění a zachování přirozené patiny stáří, řeší otázku aplikace laserového čištění u dříve restaurovaných povrchů v duchu tématu restaurování restaurovaného a v neposlední řadě reflektuje současnou praxi.

Laserové čištění není žádnou novinkou v oblasti restaurování, nicméně vývoj přístrojů na laserové čištění, zlepšení jejich dostupnosti a řádové snížení cen některých modelů působí v dnešní době doslova boom. Laserové čištění se dostává do repertoáru běžných čisticích technik a na trhu se objevuje řada specializovaných (sic) firem, které podobné služby nabízejí.

Způsoby čištění, použité parametry, řešení zkoušek a míry čištění jsou v článku ukázány na několika konkrétních příkladech. Nechybí ani ukázky výsledků laserového čištění, které lze označit za minimálně diskutabilní či přímo za zcela špatné a jednoznačně destruktivní. Z těchto praktických zkušeností jsou pak formulovány poznatky, které by měly pomoci nechtěné trendy zvrátit a nasměrovat vývoj správným směrem.

This paper explores the application of laser cleaning on stone sculpture monuments, focusing on practical aspects, possibilities and limitations.

It seeks standards especially for the degree of cleaning and preservation of natural aging patina, discusses applying laser cleaning to previously restored surfaces and reflects current practices.

Laser cleaning is not new, but equipment development, improved availability and lower prices have led to a boom, making it a common technique and attracting specialized companies.

The paper uses specific examples to demonstrate cleaning methods, parameters, testing and cleaning extent, including problematic or destructive results. These practical experiences inform findings aimed at reversing negative trends.

Do světa laserového čištění památek vstupujeme portálem v západním křídle Dóžecího paláce v Benátkách.

Zmíněný portál najdeme vklíněný mezi Dóžecí palác a baziliku svatého Marka a zkušební čištění mramorových soch a prvků v roce 1972 můžeme označit za jednu z prvních aplikací. Jak už to tak u některých objevů bývá, k nalezení laserového záření pro oblast čištění památek došlo vlastně tak trochu náhodou. Na začátku byla ničující povodeň v roce 1966, která zaplavila 80 % města a stala se impulzem ke vzniku hnutí za záchranu Benátek. Velkou roli měla hrát kromě jiného důkladná dokumentace. Používala se i metoda vytváření laserových hologramů sochařských památek, s kterou přijel tým amerického fyzika Johna Asmuse. Sám Asmus vzpomínal v jednom z rozhovorů, že zrovna pořizovali hologram sochy sv. Jana Křtitele od Donatella (dnes v bazilice Santa Maria Gloriosa dei Frari), když přišel vítr, otevřel okna a na sochu napršelo. Poprosili proto pracovníci galerie, která sochu zakryla a kromě toho jim řekla, že oceňuje jejich práci ohledně zachování obrazů výtvarných děl, ale proč jí nepomohou se záchranou samotných soch, zvláště těch mramorových, které jsou poškozené? Jmenovala se Giulia Musumeci a vysvětlila jim, že jednou z největších technologických výzev je čištění. Přiměla je k vyzkoušení jejich holografického laseru při snímání tmavých krust z mramoru a všichni byli okouzleni, jak krásně to fungovalo. Samotná myšlenka odstraňování tmavých depozitů na světlém podkladu nebyla nová, ale teprve nyní dostala konkrétní obrysy. Asmus se svými spolupracovníky zahájil sérii zkoušek na úlomcích kamenů, zejména vápenců a mramorů. Do Benátek se vrátil, aby laser vyzkoušel na výše zmíněném portálu na západním křídle Dóžecího paláce a později na začátku 80. let ještě na portálu v Cremoně. Informace o jejich práci se rychle šířily a tým J. Asmuse zkoušel čištění pomocí laserového záření na dalších památkách v mnoha dalších zemích. Kromě jiného zjistili, že laser dobře funguje i na železných sochách při odstraňování koroze. Ale to už je jiný příběh.



Obr. 1 Lev očištěný pulzním laserem v roce 1997. Na boku měl ponechanou škálu odkazující na zvolenou míru a možnosti čištění. Praha, Karlův most, socha sv. Víta. [PG, 2001]

Vývoj ve světě

Většimu rozšíření tehdy bránily zejména technologické limity laserových zdrojů. Nejprve šlo o rubínové pulzní lasery a teprve později, zhruba od poloviny 70. let, se začaly uplatňovat vylepšené neodymové lasery s YAG krystaly, které se používají i dnes. Velké omezení spočívalo také v nutnosti upevnění laserové hlavičky, kterou nebylo prakticky možné volně pohybovat, jako je dnes běžné u přístrojů opatřených optickými rameny, anebo lépe optickými vlákny.

Širší použití laserového čištění v oblasti památek se odehrálo v 90. letech 20. století, kdy mnoho výzkumných pracovišť, konzervátorských institucí a restaurátorských firem začalo vyvíjet laserové systémy pro použití na rozličných materiálech a zabývat se více metodologií laserového čištění různých typů degradací na různých materiálech.

O tom svědčí i obrovské množství odborných studií. Dokonce vznikly i specializované konference, např. LACONA¹, úzce zaměřené právě na laserové techniky při konzervaci a restaurování, případně italské uskupení pořádající APLAR² konference.

Další vývoj techniky umožnil vytvářet stabilnější a efektivnější laserové zdroje, které nejsou tolik náročné na chlazení, drží si stabilní výkon a mají velkou životnost. Přicházejí také nové přístroje s jinými vlnovými délkami a kromě infračervené se objevují alternativy se zeleným či ultrafialovým světlem, které slibují další nové možnosti využití. V infračervené oblasti se zase stále více nasazují, kromě běžně používané vlnové délky 1064 nm (Nd:YAG), lasery s vlnovou délkou 2940 nm (Er:YAG), které se zdají být velmi vhodné například pro citlivé čištění maleb a zclacených povrchů.³ ⁴ ⁵

Po více než padesáti letech od prvního nasazení v restaurátorské praxi přicházejí nové a dostupné typy laserových zdrojů/přístrojů. Zažíváme tak doslova nový boom v používání laseru. A podle všeho nejsme na takové masivní nasazení dotčené metody čištění zcela připravení.

Vedle přístrojů, které mají svůj pracovní rozsah omezený v podobě bodu či nevelké plošky (běžně pod 1 cm²), se čím dál více uplatňují laserové přístroje s hlavicemi, které vysílají svůj paprsek přes soustavu motorizovaných zrcadel, čímž je tento bod rozehnan do podoby matrice/vzoru. Pracovní rozsah se tak v jednom okamžiku zvýší běžně i na více než 50 cm²! Popsané řešení přináší určité aplikační výhody, a to zejména ty časové. Laserové čištění se dříve provádělo postupně, po malých částech, např. po jednotlivých sochách či sousoší. Zvykli jsme si vidat výrazně vyčištěné sochy doslova zářící z jinak tmavých a patinovaných fasád chrámů. Příkladem byly například očištěné vybrané sochařské prvky na fasádě dómu sv. Štěpána ve Vídni⁶ nebo na katedrále Panny Marie v Cáchách. Často se tak vytvářela výrazná disharmonie a zcela nová kvalita díla, což vedlo k úvahám, zda jde o novodobou kamennou náhradu nebo nevšední organizaci obnovy. To už dnes odpadá. Laserové čištění se stále více uplatňuje na větších plochách při obnovách rozlehlých historických objektů.⁷ ⁸

1 LACONA (Lasers in the Conservation of Artworks), mezinárodní konferenci založil fyzik Costas Fotakis v roce 1995 v Řecku. Loni proběhl už 14. ročník.

2 APLAR (applicazioni laser nel restauro) http://www.aplar.eu/index_ingresso.php (staženo k 10. 1. 2026).

3 Teppo, Ed, Introduction: Er:YAG lasers in the conservation of artworks, In: Journal of the Institute of Conservation, Vol. 43, No. 1, s. 2–11, 2020.

4 Salimbeni, Renzo, Laser Techniques for Conservation of Artworks, In: Archeometriai Műhely, 1, p. 34–40, 2006.

5 Siano, Salvatore, Principles of Laser Cleaning in Conservation, In: Schreiner, M., Strlič, M., Salimbeni, R. (eds.), Handbook on the Use of Lasers in Conservation and Conservation Science, COST G7, 27 s., 2008.

6 Viz např. <https://www.atelier-pummer.com/en/technologies/laser-cleaning/continuation/> (staženo k 10. 1. 2026).

7 Calcagno, Giancarlo, Pummer, Erich, Koller, Manfred, St. Stephen's Church in Vienna: criteria for Nd:YAG laser cleaning on an architectural scale, In: Journal of Cultural Heritage, sv. 1, s. 111–117, 2000.

8 Cooper, Martin, Developments in laser cleaning, In: The building conservation directory, 31. edice, s. 115–120, 2024.

Vývoj v českých zemích

V našem prostředí jsme si na nasazení laserového čištění museli počkat o poznání déle. V metodické příručce o restaurování kamenných sochařských památek⁹ z roku 1998 je laserové čištění (nebo jak autoři nabízejí „reliéfní dezinkrustace“) popisované sice jako „precizní“ metoda, ale některé charakteristiky jsou snad až lehce zavádějící a málo erudované. Například varují před čištěním krust na nedostatečně soudržném kameni. Přitom právě při řešení nejtěžších restaurátorských úkolů, jako je i odstraňování nečistot z nesoudržného kamene, dokáže laserové čištění excelovat a dalece překonat jiné používané metody. Ale k tomu později.

V druhé polovině 90. let u nás byly učiněny pokusy o provedení pilotních projektů, které by zahrnovaly laserové čištění památek. Záměr byl očistit laserem vybrané sochy Karlova mostu v Praze. Tehdejší Státní ústav památkové péče byl této metodě nakloněn, ne tak ale vlastní/správce soch, takže projekt, který měl i finanční zajištění, nepodpořil.

Z celého projektu zůstala jen zkouška čištění, provedená v létě roku 1997 na soše Iva ze sochy sv. Víta. Nutno dodat, že socha Iva byla očištěna úspěšně s dobrým výsledkem, ale přesto dlouho vyvolávala kontroverze. Snad ani nevdalo, že očištěná část opticky výrazně vystupuje z povrchu jinak poměrně tmavého díla, ale na boku Iva zůstala laserovým paprskem ostře ohraničená škála ukazující možnosti a zvolenou míru čištění. Přimo na očích, uprostřed sochy v jejím hlavním pohledu. Tuto kapitolu uzavřelo až nedávné restaurování, kdy byla socha celá čištěna pomocí laseru. Blíže se tématu věnuje odborný seminář Společnosti pro technologie ochrany památek pořádaný v září roku 1999.¹⁰

Za zmínku stojí lapidární příspěvek Vratislava Nejedlého, ve kterém se autor věnuje historii čištění, jejího vývoje a zapojení do procesu restaurování. Vypočítává předpoklady pro čištění, přípravu, možnosti, výhody a nevýhody a samozřejmě také rizika. Nakonec konstatuje, že z pohledu památkové péče je laserové čištění vlastně stejné jako jiné používané metody a musí být na něj kladeny stejné požadavky. Jednoduché, výstižné, nadčasové a stále platné.¹¹

V posledních letech se začalo laserové čištění ještě více uplatňovat při restaurování kamenosochařských památek i u nás. Laserové přístroje se dokonce poprvé objevují i ve vlastnictví soukromých restaurátorů a ne jen na půdě restaurátorských škol. Metoda laserového čištění se stala hlavním čistícím procesem u mnoha významných památek, např. soch a sousoší Karlova mostu v Praze.

Zatímco jsme ještě neměli dost času na vstřebání všech těch novinek, které s sebou dočtené metody přinášejí, už se poměrně klidný a soustředěný vývoj mění v divoký výbuch. Na trhu, ale i v praxi se objevuje řada (řádoby) specializovaných firem, které nabízejí čištění památek, aniž by k tomu měly náležitě kompetence nebo alespoň minimální zkušenost. Kromě specializovaných pulzních laserů se využívají i mnohem levnější kontinuální lasery, které jsou na kámen zcela nevhodné, anebo dokonce svařovací lasery s čistící funkcí, která je určená k očištění svařovaného kovu a svárů.

Zní to možná nadneseně a pateticky, ale je to bohužel realita, kdy dochází k přímému poškození památky.

Připravil jsem si příklad, který mluví za vše. Jedná se o poškození památky nevhodným typem laseru a jeho nastavením, provedené „specializovanou“ firmou. Zkouška čištění byla provedena na barokní soše sv. Venancia z Potštejna a zanechala v kameni hlubokou prohlubeň. Hornina se při čištění zahřála natolik, že došlo nejen k odtržení originálního povrchu, ale i přebarvení křemičitého pískovce v těsném okolí zkoušky.¹² Odpovědný restaurátor práce naštěstí záhy zastavil. Později jsem se dostal k této soše, abych vyzkoušel možnosti dočištění



Obr. 2 Drapérie poškozená laserem při neodborném zásahu. Povrch je odprýskaný a pískovec zbarvený do červena (levá část snímku). Stejně místo po dočištění pulzním laserem. Tmavé filmy jsou odstraněné a červené zbarvení se podařilo do značné míry redukovat (pravá část snímku). Potštejn, socha sv. Venancia. [PG, 2025]

tmavých filmů, které na povrchu díla zbyly po základním čištění. Provedl jsem sérii zkoušek laserového čištění a po vyhodnocení výsledků a zvolení míry čištění jsem sochu dočistil. S podobným nastavením se nakonec podařilo redukovat i zbarvení kolem defektu způsobeného neodborným zásahem (viz Obr. 2).

V takových případech dočišťování se dá prakticky mluvit o určitém druhu retuše.

Poznámky z praxe

Jak už bylo řečeno, využívání laserového záření pro čištění památek bylo věnováno nespočet odborných studií a testů. Mým cílem není snaha o podání dalšího, byť aktualizovaného, souhrnu. Proto se teď zaměřím jen na některé otázky, které řeším ve své restaurátorské praxi a které považuji za důležité, anebo které považuji za příliš upozaděné.

Čištění laserem přináší celou řadu dalších benefitů, které tuto metodu vyzdvihují nad jiné.¹³ A do úvahy musíme vzít i nikoliv nepodstatnou otázku ceny. Pořizovací cena stroje může být poměrně vysoká, ale rozhodně není tolik limitující jako dřív. Životnost a náklady na servis se výrazně snižují a náklady na provoz jsou poměrně nízké (zejména pravidelná výměna krycích optických prvků hlavičky). To vše se odráží do snižování hodinové sazby a čím dál větší dostupnosti metody.

Parametry čištění

První zastávku uděláme nad parametry čištění a jejich nastavením. Ideálně by mělo být laserové čištění samoregulující (self-limiting)¹⁴, kdy laserové záření odstraní povrchové nečistoty a pak se čištění prakticky samo zastaví, protože podklad záření neabsorbuje, ale odráží a nedosahuje prahových hodnot pro odpaření. To ale neplatí vždy. Stejně se nelze spolehnout pouze na zrak.

9 Štulc, Josef a kol., Péče o kamenné sochařské a stavební památky, SÚPP, Odborné a metodické publikace, sv. 16, 31 s., ZPP, roč. 58, Praha, 1998.

10 Čištění kamene Laserem, STOP, odborný seminář 30. září 1999, Kloknerův ústav ČVUT, 30 s., 1999.

11 Nejedlý, Vratislav, Proces čištění kamenosochařské památky v rámci její záchrany a restaurování, In: Čištění kamene laserem, STOP, odborný seminář 30. září 1999, Kloknerův ústav ČVUT, 30 s., 1999.

12 Například v pískovcích často obsažený limonit se zahřátím na cca 350–400 °C může změnit na červený hematit.

13 Siano, Salvatore, Salimbeni, Renzo, Advances in Laser Cleaning of Artwork and Objects of Historical Interest: The Optimized Pulse Duration Approach, In: Accounts of chemical research, sv. 43, č. 6, s. 739–750, 2010.

14 Rodríguez-Navarro, Carlos a kol., Laser cleaning of stone materials: an overview of current research, In: Studies in Conservation, sv. 48, s. 65–82, 2003.



Obr. 3 Ukázka čištění vápence pulzním laserem před (levá část snímku) a po zásahu (pravá část snímku). Spolupráce s Josefem Červinkou. Sedlešovice, Boží muka z roku 1525. [PG, 2025]



Obr. 4 Dokumentace zvolené míry čištění pískovcové sošky andílka pomocí pulzního laseru. Stav před (levá část snímku) a po očištění (pravá část snímku). Na pravé noze andílka po čištění byla pro srovnání ponechána nedočištěná obdélníková ploška. Chyjice, socha sv. Jana Nepomuckého. [PG, 2025]

Hledáme-li správné nastavení laserového záření, mluvíme často o určité prahové hodnotě odstranění (ablation threshol).¹⁵ Ideálně je prahová hodnota u nečistot či odstraňovaných vrstev nižší než prahová hodnota pro poškození podkladu. Ani to ale nemusí platit. K poškození může dojít i při teoreticky správném nastavení, které způsobuje odstranění nečistot a při tom zachovává nepoškozený podklad. Poškození může v takovém případě způsobit fotoakustický efekt vyvolaný tvorbou plazmatu anebo přenosem tepla.

Zjednodušeně se dá říct, že pokud se při čištění příliš zahřívá i čištěný podklad, nejsou zvolené parametry přístroje správné.

Na některých materiálech dosahujeme excelentních výsledků čištění, na jiných to je o poznání horší, ne-li nemožné. Klíčové jsou vlastnosti a složení odstraňovaných depozitů či vrstev a podkladu. Potřebujeme vědět, v jaké formě jsou na kameni depozity uloženy, jak jsou distribuované na povrchu, do jaké sahají hloubky atd. Včetně dalších faktorů, které mají na proces vliv. Potřebujeme znát například lokální anomálie v přírodních horninách, podchytit případné zbytky látek použitých při předchozích obnovách a opravách apod. Výrazný vliv má například přítomnost organických látek v kameni, včetně reziduí po louhování olejových nátěrů projevujících se tzv. hnědými (rezavými) skvrnami. Dalším důležitým faktorem je přítomnost vody. Vlhkost v kameni většinou ztlačuje intenzitu očištění povrchu. Nečistoty jsou zavlhčením tmavší a lépe absorbují záření. Také se mění způsob přenosu fotomechanické a tlakové vlny. Na druhou stranu voda pomáhá chránit povrch čištěné horniny před nepříznivými účinky ablace. Zejména omezuje šíření tepla vznikajícího při tvorbě plazmy do okolního materiálu. Můžeme se dokonce setkat s technikou, kdy je prováděno čištění přes udržovaný vodní film.

Laserové čištění skvěle funguje u mnoha druhů depozitů či povrchových úprav na mramorech a vápencích. U pískovců existuje mnohem větší riziko, že bude čištěná hornina obsahovat složky, které laserové záření absorbují ve větší míře. Rozdíl prahových hodnot ablace mezi nečistotou a podkladem se snižuje, zvyšují se nároky na přesné nastavení a roste i riziko poškození podkladu. K horninám s rozmanitým druhovým složením je proto nutné přistupovat obezřetně a případně využít možností rozšířeného průřezu.¹⁶

Záměrně se zde nebudu věnovat tématu čištění barevných povrchových úprav a fragmentů polychromie na kameni, které by si zasloužilo samostatný příspěvek.

Míra čištění – zachování patiny stáří

Lze laserovým čištěním dosáhnout různé míry čištění a uchovat ceněnou patinu stáří? Jednoduchá odpověď zní ano. Druhým dechem je potřeba dodat, že to není úplně jednoduché. Při optimálních podmínkách a při nastavení odpovídajících čisticích parametrů lze změnou síly výkonu přístroje měnit i výslednou míru čištění. Zároveň je možné zvolenou míru čištění udržet na větších plochách, i přesto, že laserový paprsek dopadá na povrch kamene nerovnoměrně a částečně se třeba opakovaně dostane na stejná, již čištěná místa. To platí u pulzních laserů, které na povrch dopadají v podobě malé plošky, i u laserů, které jsou zrcadly rozkmitávány do velkých matic/vzorů.

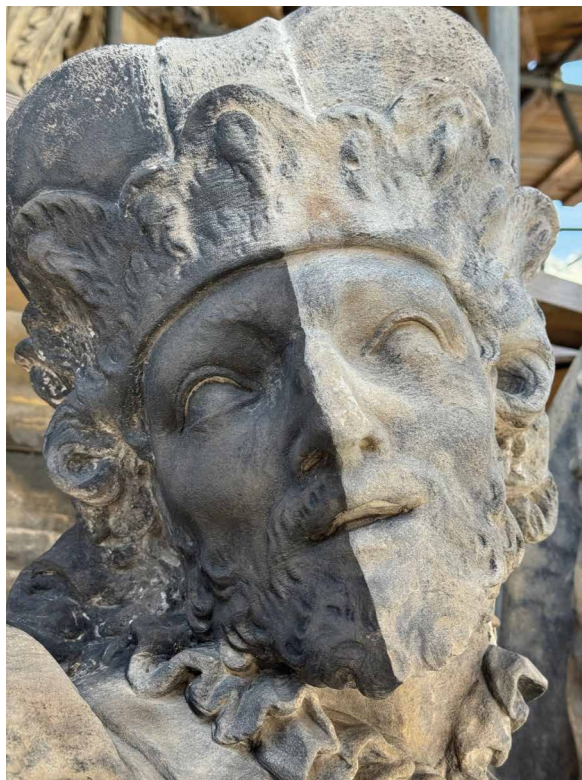
Nároky na obsluhu stroje

Dalším bodem je úloha operátora. S konkrétním přístrojem musí být určitým způsobem seznámen, aby znal jeho projevy, vhodná nastavení apod. Provádění čištění vyžaduje rovněž praxi a cvik.

Spojit laserovým zářením promítané plošky do jedné plochy, případně napojovat vykreslené matrice, je někdy skutečně těžké, ale ne nemožné. Rastr vzniká na povrchu při čištění laserem již z principu, ale skutečně ruší až při nevhodném nastavení. V extrémních případech se objevuje výrazně tečkovaný či jinak vzorkovaný povrch, který dílům propůjčuje nové

¹⁵ Marczak, Jan a kol., Characterization of Laser Cleaning of Artworks, In: Sensors, č. 8, 42 s., 2008.

¹⁶ K tomu se nabízí řada analytických metod jako například: optická mikroskopie, rastrovací elektronový mikroskop (SEM, EDS), kolorimetrie, rentgenová difrakce (XRD), infračervená spektroskopie (FTIR), zkouška paropropustnosti, kapkový test, případně zrychlené zkoušky stárnutí apod.



Obr. 5 Detail hlavy světce v průběhu čištění pulzním laserem. Na očištěných plochách se propisuje zvolený čistící vzor hlavice a vzniká nepříjemný „záclonkový“ efekt. Olomouc, Čestný sloup Nejsvětější Trojice, socha sv. Václava. [PG, 2025]

estetické a výtvarné kvality. Nevhodně zvolenou maticí může vznikat i poměrně nepříjemné vzorkování a řekněme záclonový efekt (viz Obr. 5). Vypálené vzory, ornamenty a jiné artefakty odráží sice funkce zvoleného přístroje, ale z pohledu restaurování jde o nežádoucí výsledek, kterého je nutné se vyvarovat.

Obsluze přístroje může pro správné provádění čištění dobře posloužit i sluch. I ten je nutné trénovat. Při čištění depozitů vzniká typický třaskavý zvuk. Jeho proměny zkušenému operátorovi napoví, kdy např. již nečistoty dočistil, případně zda je paprsek na povrchu správně zaostřený, tj. ve správné pracovní vzdálenosti.

Výhody a limity laserového čištění

Krátce se budu věnovat některým výhodám a limitům čištění. Někdy je to pro obojí shodný seznam. Možnosti a schopnosti laserového čištění tuto metodu vyzdvihují nad úroveň jiných, ale stále jde o nástroj, který doplňuje řadu použitelného technického vybavení a je na restaurátorovi a příp. dalších pracovnících památkové péče, aby rozhodli, kde, kdy, proč a jak se použije.

Nyní již k vybraným výhodám a nevýhodám.

Vysoká citlivost a selektivnost, samoregulace

Jednoznačně jedna z největších výhod. Laserové čištění můžeme zaměřit přesně na depozity či vrstvy, které potřebujeme odstranit, aniž bychom atakovali místa, která čistit nechceme. Samoregulace metody zajišťuje skvělé výsledky i na rozhraní mezi čištěným a nečištěným povrchem.¹⁷

Citlivost čištění nám v některých případech umožňuje přeskočit předzpevnění narušených míst, nad kterými pak máme lepší přehled i kontrolu. Odpadá tak nebezpečí kolize a opakování pracovních postupů, kdy se na jednu stranu snažíme nesoudržný povrch očistit, ale zároveň je nutné jej nejdříve zpevnit, čímž se v něm nečistoty často i trvale fixují.

Na druhou stranu, samoregulující efekt nevzniká vždy a nelze se na něj tedy vždy spolehnout. V takovém případě padá nebo je výrazně omezená schopnost selektivního čištění.

Rychlost

Nové laserové zdroje přináší vysokou opakovatelnost pulzů při nízkém zahřívání stroje. Práce je tedy rychlejší a zařízení vydrží pracovat dlouhé hodiny. Nasazují se také hlavice s dvojicemi pohyblivých zrcadel rychle směřujících paprsek tak, aby na čištěném povrchu vykresloval požadované matrice/vzory a v krátkém čase zasáhl co možná rovnoměrně co největší plochu. Celkově to výrazně zkracuje dobu potřebnou k očištění povrchů.

Na druhou stranu velké schopnosti současných zařízení mohou svádět obsluhu k rychlejšímu tempu, než je žádoucí a bezpečné. Takové riziko hrozí spíše u nekvalifikovaných firem a dodavatelů služeb než u odborného restaurátora.

17 To byl ostatně hlavní důvod, proč se při právě probíhající obnově Čestného sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci odstoupilo od mikrotryskání, které sice bylo citlivé v ploše, ale nebylo dostatečně selektivní na rozhraní s narušeným povrchem kamene, a přikročilo se k většímu využití pulzního laseru.



Obr. 6 Ukázka zvolené míry čištění pískovcové sochařské výzdoby prováděné pulzním laserem. Hořice, hřbitovní portál, soška sovy na jedné z trofejí. [PG, 2025]

Zkoušky čištění

Zkoušky čištění jsou jednoznačně nutností. Škála možností nastavení, zvláště u některých strojů, je obrovská. Na jednu stranu to přináší možnost řešit celou řadu rozdílných materiálů a aplikací. Na druhou stranu to znesnadňuje výběr optimálního nastavení.

Logicky navíc potřebujeme poměrně velkou zkušební plochu. A to není vždy snadné. Zvláště když má být vzorek dostatečně reprezentativní a zároveň co nejmenší a nejméně se uplatňující atd. Při kombinaci rozdílných materiálů, depozitů a nátěrů se situace adekvátně ztěžuje.

Nesnadné sdílení a přenos aplikací

Potenciál využití laseru je zakalen další komplikací. I když znáte správné parametry čištění odpovídající vašemu objektu zájmu, nemusí jít nutně o lehce replikovatelnou informaci. Velice záleží na konkrétním přístroji, ale i zkušenostech a umu restaurátora. Tyto dovednosti jsou těžko přenositelné mezi restaurátory i mezi jednotlivými přístroji.

Jak už bylo popsáno výše, každý případ je unikátní, stejně tak každý povrch i každý přístroj a operátor pracuje specificky.

Utvrдила mě v tom například situace, kdy jsme provedli úspěšné čištění na sousoší Panny Marie ve Mšeně a chtěli odzkoušené nastavení použít na sochách mariánského sloupu ve Velvarech, které jsou zhotovené z velice podobného druhu křemičitého pískovce. Brzy se ale ukázalo, že čištění nepřináší očekávané výsledky, a parametry přístroje bylo nutné upravit.¹⁸ A tím se dostáváme k dalšímu bodu.

Jedinečnost případů

Otázky jedinečnosti konkrétních případů jsem se dotknul již v předchozím odstavci. Je to fenomén, který doprovází kompletně celý proces obnovy. A nejde jen o použité materiály, techniky a technologie, o lokální podmínky apod., ale právě i o život památky, který bývá silně poznamenaný rozmanitými historickými opravami.

Viditelnost

Pro naši věc budeme pracovat s premisou, že světlo se jen tak snadno neohýbá. Hlavice přístroje vysílá laserový paprsek přímo před sebe. Zdálo by se, že na členitém povrchu soch a v záhybech modelace by to mohlo představovat problém. Reálně to ale neznamená žádné

18 V tomto případě se zdá, že nešlo ani tak o rozdíly v použitém druhu pískovce, ale o rozdílnou historii obou památek a hlavně rozdílnou podobu a důsledky historických oprav a použitých „konzervačních“ prostředků.

zásadní omezení. S hlavicí, zvláště když je osazená na optickém kabelu, se dá dobře vmanipulovat i do složitých struktur a hloubek. Paprsek světla je možné zaměřovat na čištěný povrch i pod velmi ostrými úhly. V tomto směru laserové čištění snadno obstojí i v porovnání s jinými běžně používanými metodami (např. mikrotryskáním).

Zároveň je nutné pracovat v optimální vzdálenosti dané použitou optickou soustavou a z toho vycházejícím ohniskem. Jedině v této rovině funguje laserová ablace optimálně. Pokud se čištěný povrch dostane v záběru paprsku mimo jeho ohnisko, může to znamenat potenciální riziko např. v poškození teplem.

Pokud mluvíme o viditelnosti, dostáváme se i k potřebě spolehlivě zakrývat a chránit vybrané povrchy, které čistit nechceme. Typicky u spojení různých materiálů, například kamene a zlacených atributů. Ani v těchto případech nelze spoléhat na samoregulační efekt (Obr. 7, 8).

Technologické pauzy

Laserové čištění může přinášet i výrazné usnadnění organizace práce. Lze s ním pracovat na zavlhčeném kameni nebo se naopak držet suchých procesů. Čištění je možné dobře kombinovat s ostatními pracemi a postupy nebo se k němu v případě potřeby operativně vrátit.

V praxi to jsou výhody, které uspoří čas a lze jimi kompenzovat vyšší náklady laserového čištění.

Kombinace metod

Uvážíme-li všechna možná pro a proti, dostáváme se k nepřekvapivému závěru, že ani metoda laserového čištění není všespásná. V praxi a zvláště u exteriérových soch je nutné ji vždy kombinovat s dalšími způsoby čištění.¹⁹¹ To ostatně nijak nevybočuje z běžné praxe (např. při restaurování pláště dómu sv. Štěpána ve Vídni, nedávno dokončeného restaurování pláště baptistéria ve Florencii nebo i právě probíhající obnovy Čestného sloupu Nejsvětější Trojice v Olomouci).



Obr. 7 Pohled na zlacené křídlo jednoho z andělů zasažené laserovým paprskem (vypálené linky) při neopatrné manipulaci. Olomouc, Čestný sloup Nejsvětější Trojice, sousoší Nanebevzetí Panny Marie. [PG, 2025]



Obr. 8 Větší detail předchozího snímku. Laser v podobě tenké linky odstranil zlacený povrch a propálil se do korozních produktů mezi měděným podkladem a zlacenou vrstvou. Olomouc, Čestný sloup Nejsvětější Trojice, sousoší Nanebevzetí Panny Marie. [PG, 2025]

19 Velkým tématem je riziko spojené s čištěním polychromie. Laserová technika dnes už některé starší limity překonala, proto se stále více uplatňuje i tam, kde bylo ještě nedávno nutné nasadit jiné metody. Srovnej např. s Paraskevi, Pouli, Emmony, David C., The effect of Nd:YAG laser radiation on medieval pigments, In: Journal of Cultural Heritage, sv. 1, s. 181–188, 2000.

Otázky do budoucna

Laserovému čištění a jeho nasazení v památkové péči je věnováno nespočet prací. Přesto zůstává mnoho otázek nezodpovězených. Existují také odborné studie přinášející zprávy o dlouhodobějším monitoringu památek ošetřených touto metodou.¹²⁰¹ Nutno dodat, že i z pohledu většího časového odstupu jde o doporučeníhodný způsob čištění.

Laserová ablace navrácí kamennému povrchu některé důležité vlastnosti. Jednou z nich je propustnost povrchu pro vodu a vodní páry. Otevřený povrch však může u památek způsobit i určité nepříjemné jevy a procesy, které jsou dočasné (než se situace stabilizuje) nebo trvalé. K tomu mohu přidat další poznatek z praxe.

Problém je například s již zmíněnými rezidui po louhování olejových nátěrů, které se projevují tmavými skvrnami a fleky na povrchu kamene. Může se jednat i o jiné migrace schopné látky, které nepropustné vrstvy držely částečně pod povrchem. Podle našich zkušeností je sice možné takové látky často celkem úspěšně redukovat, ale poměrně záhy se na povrchu opět objeví v nových formacích a podobné intenzitě (viz Obr. 9).

Teprve v tu chvíli si člověk uvědomí, jak dokáže být obor restaurování nevděčný a že historie péče o památky nám zanechala pod jejich povrchem mnoho kostlivců, s kterými se budeme muset naučit vyrovnávat. Jako by nestačilo, jak se nám část památkového fondu exteriérových soch pomalu dostává za hranici životnosti materiálu. Což je mimochodem téma, které by si zasloužilo mnohem více pozornosti.

Kolize

Pomalou se přesouváme ke konci a tak si dovoluji pár závěrečných poznámek. Laserové čištění má mnoho benefitů, ale nese s sebou i některá zásadní rizika, a tak je k němu nutné přistupovat zodpovědně. Laserové čištění je vždy selektivní, ale ne vždy funguje jeho samoregulační schopnost. Zklamat může i sledování procesu čištění prostým (řádně ochráněným) okem. Důležitým vodítkem laserové ablace je kromě jiného zvuk a teplo.

Laserové čištění vyžaduje odborné vedení školeného restaurátora a je zřejmé, že je v této souvislosti nutné zvyšovat oborové standardy. To ale koliduje se současnou praxí u nás, která je postavená z velké části na nejnižší možné ceně. Dokonce je restaurátorská činnost vykonávaná i na prestižních památkách agenturním způsobem (kdy držitel povolení k restaurování poskytuje pouze formálně svou licenci, ale práci na díle vykonává omezeně nebo vůbec)¹²¹¹.

Na jedné straně připravují vysoké školy vysoce specializované kvalifikované odborníky. Na druhé straně jsou absolventi v praxi nuceni nabízet odbornou práci za nejnižší cenu, čelit nedostatečně kvalifikované a neodborné konkurenci apod. Vysoké standardy se pak dají držet jen těžko.¹²²¹ Současná situace tak rozhodně nepovede ke zvyšování úrovně péče o památky, k větší odbornosti a profesionalitě, profesnímu růstu a prosperitě, ale znamená v lepším případě stagnaci.

20 Zásadní je v tomto směru například práce Giancarla Calcagna, ve které dlouhodobě sledoval a porovnával různé způsoby čištění (laserová ablace, mikropískování a chemické čištění) na různých typech kamenů od vápence po pískovec. Po více než dvou dekáдах výzkumu se ukázalo, že laserové čištění má i z většího časového odstupů nejlepší výsledky. Salimbeni, Renzo a kol., Assessment of the state of conservation of stone artworks after laser cleaning: comparison with conventional cleaning results on a two-decade follow up, In: Journal of Cultural Heritage, sv. 1, s. 385–391, 2000.

21 Povolení k restaurování je vázané ze zákona vždy na konkrétního odborníka. Je otázka, do jaké míry je agenturní práce a formální „krytí licenci“ v souladu s platným zákonem o památkové péči a zda se nejedná jen o jeho obcházení v situaci, kdy povolení k restaurování nemůže získat právnická osoba.

22 Z vlastní praxe mohu doložit, že mým přímým konkurentem při obnově zapsaných kulturních památek je například restaurátor (sic), který památky doslova koupe v kyselých pastách, dokud není povrch zcela čistý a znehodnocený. Proti němu podávám svou nabídku zahrnující kontrolované procesy čištění (včetně použití pulzního laseru) se zachováním patiny stáří. V památkové rovině jde o ničení hodnot památky, v otázce získávání zakázek a konkurenceschopnosti jde o absolutně nefér boj.

Organizace péče o kamenosochařské památky je dnes do značné míry v zajetí dotační politiky. V ní se pak pomalu vytrácí naše vlastní cíle a potřeby. Přísun byrokracie bohužel nepřinesl lepší plánování akcí obnovy (minimálně pár let dopředu) a dotační pravidla často jen neochotně reagují na potřebu kvalitních příprav obnovy, na řešení změn záměru, na poskytnutí adekvátního času na realizaci apod.

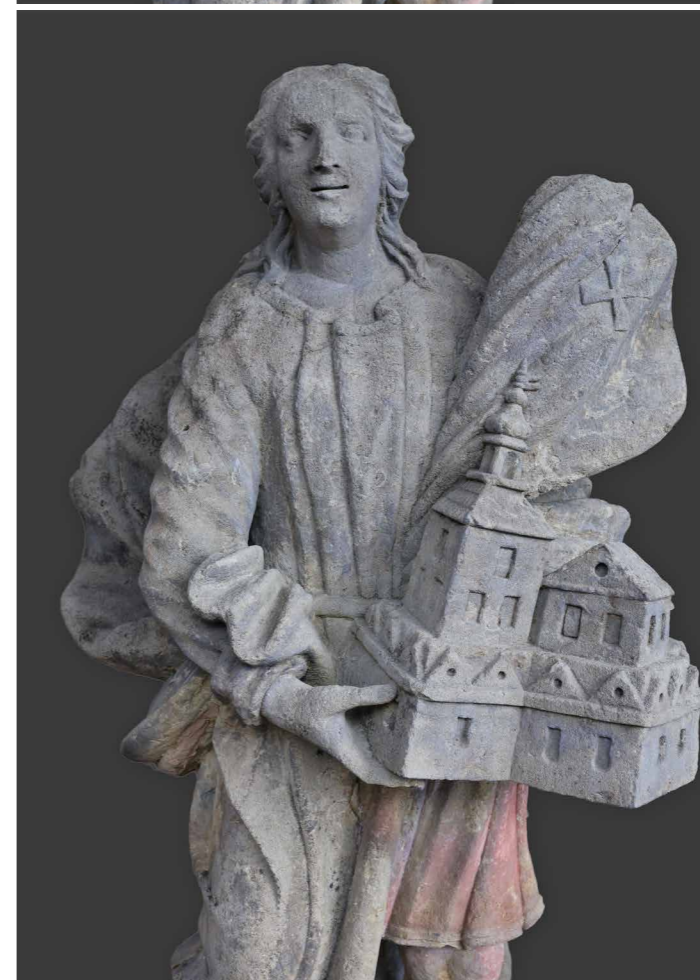
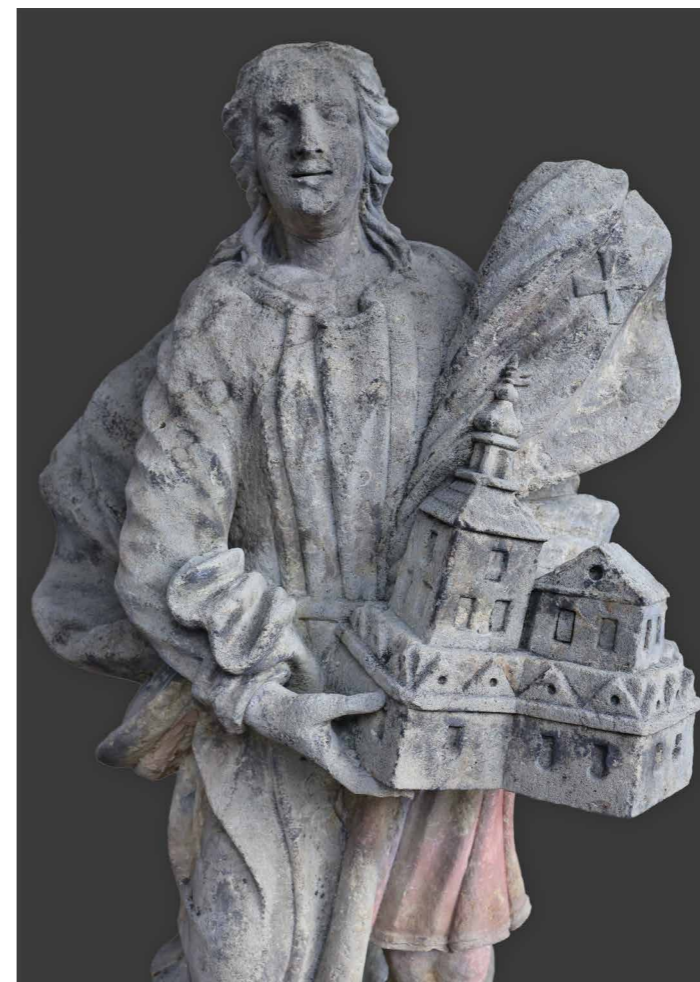
Známý vtip říká, proč dělat věci jednoduše, když to jde složitě, ale tady se spíše nabízí otázka, proč má být restaurátor postaven před volbu dělat věci špatně nebo vůbec. Tato část příspěvku se mi nepíše příliš snadno a vyznívá snad příliš negativně, ale zavírání očí oboru ani památkám nepomůže.

Závěrem

Na závěr se vrátím opět na začátek. Do Benátek. Zdá se mi velice symbolické, že jedna z prvních aplikací pulzního laseru byla provedena na památce, kterou nazýváme Porta della Carta, papírové dveře. Označení, které Italové používali pro označení vstupu do správní budovy, kde se vyřizovaly nejrůznější „papíry“. Název zároveň evokuje něco nestabilního, ne zcela solidního, křehkého. A na tu určitou nejistotu a křehkost památek a jejich hodnot bychom neměli při obnově zapomínat a zvláště ne při aplikaci metod a postupů, které se zdají být z mnoha ohledů téměř ideální.



Obr. 9 Zkouška čištění blíže nespecifikovaných ložisek tmavých skvrn na povrchu pískovce. Fragменты povrchových úprav zůstávají bez poškození. Chyjice, socha sv. Jana Nepomuckého. [PG, 2025]



Obr. 10 Ukázka míry dočištění zbytků tmavých filmů na povrchu pískovce pomocí pulzního laseru (nahore před a dole po dočištění). Rušivé pozadí sochy bylo digitálně odstraněno. Potštejn, socha sv. Venancia. [PG, 2025]

Autor fotografií: [PG] Petr Gláser