Kateřina JIRÁKOVÁ[1*], Štěpán DOSTÁL[2], Kateřina HLAVNIČKOVÁ[3] a Karel LEMR[2]
[1] Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Společná laboratoř optiky UP a Fyzikálního ústavu akademie věd České republiky, Olomouc
[2] Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc
[3] Správa Státního hradu a zámku Český Krumlov, Národní památkový ústav, Český Krumlov

Testování vhodných metod měření lesku a barvy autentických historických předmětů ze zámku Český Krumlov

Během mimořádných protiepidemických opatření vznikla zvýšená potřeba ošetřovat různé druhy mnohdy historických povrchů v paměťových a historických objektech s cílem omezit šíření Covidu-19. V tomto článku představujeme měření vlivu dezinfekce na dva druhy kovů a dva dřevěné povrchy. Byla měřena změna lesku a barvy povrchů po ošetření Anticovidem, Isoldou, Prontem, roztokem dodecylsíranu sodného, ethanolem a pro srovnání vodou. Z pohledu sledovaných vlastností povrchů lze na základě získaných výsledků formulovat doporučení ohledně vhodných dezinfekcí pro jednotlivé druhy povrchů takto: pro dřevěné povrchy bylo nejšetrnější Pronto, zvyšuje však lesk ošetřeného povrchu. Oba kovové povrchy byly navzdory vystavení dezinfekcím poměrně barevně stabilní, nicméně jejich lesk se zvyšoval. Při výběru vhodného prostředku pro tyto konkrétní vzorky je třeba zvolit kompromis mezi vlivem na lesk a barvu.

Klíčová slova: lesk, barva, glossmetr, vliv dezinfekce, historické povrchy

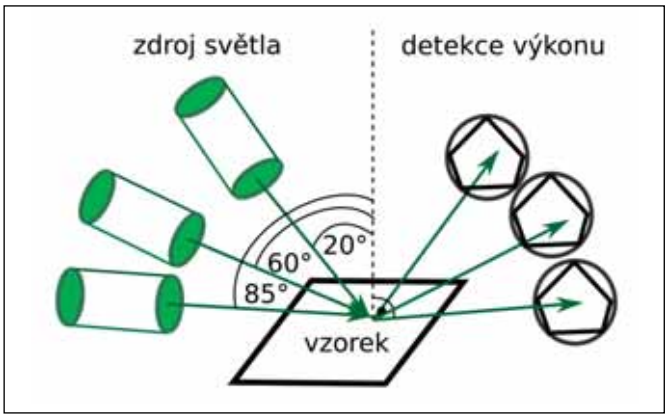
1 ÚVOD

Především v období pandemie Covidu-19 bylo potřeba ve větší míře dezinfikovat různé druhy povrchů. Tento požadavek byl výzvou pro paměťové instituce a historické objekty, které zůstaly otevřené veřejnosti. Na jedné straně bylo potřeba dodržet zpřísněná hygienická opatření a zároveň na straně druhé zamezit poškození různých druhů často historicky cenných povrchů, proto byly zkoumány možnosti měření změny lesku a barevnosti dvou druhů materiálů na autentických historických předmětech.

Měření lesku má svůj význam také např. v průmyslové výrobě, kde je důležité kontrolovat vizuální stránku výrobků. Vyšší lesk některých výrobků totiž přirozeně poutá pozornost zákazníků a zvyšuje šanci na jejich úspěšný prodej. Měření lesku má široké uplatnění například v automobilovém průmyslu, kde se měří lesk karoserie vozů. Historie měření lesku sahá do začátků 20. století, kdy první průkopníci testovali charakteristiky fotografického papíru. V té době vznikl i první přístroj k měření lesku [1, 2].

2 TEORIE

Lesk vyjadřuje, jak dobře povrch zrcadlově odráží dopadající záření a jak lesklý se na pohled jeví. Je tedy spojen s estetickým dojmem, který povrch předmětu v pozorovateli vyvolává [3]. Zákon odrazu je v optice dobře známý. Záření dopadající na předmět je od něj odraženo do úhlového intervalu určité šířky (zanedbáváme pohlcování záření předmětem). Šířka tohoto intervalu závisí na hrubosti povrchu předmětu. Je-li malá, vnímáme předmět jako lesklý. Příkladem lesklého předmětu je zrcadlo nebo vysoce leštěné kovy. Opakem lesku je mat. Ten vnímáme, pokud se odražené záření rozptyluje do všech směrů nezávisle na úhlu dopadu. Tímto způsobem se chovají porézní povrchy, jako je neleštěný kámen. Většina předmětů se pohybuje mezi těmito dvěma extrémy. Vlivem aplikovaných chemikálií se může prve lesklý povrch předmětu narušit a stane se matnějším. Zkoumat tyto změny bylo jedním z úkolů projektu TAČR, v rámci něhož byl proveden popisovaný výzkum.

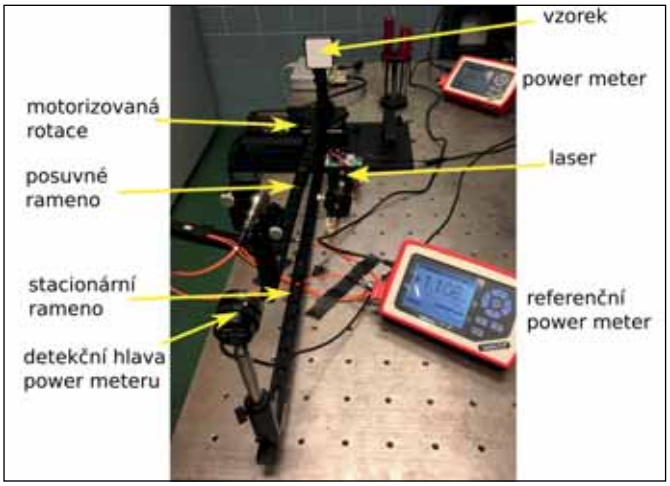


Obr. 1 Schéma měření lesku

Obr. 2 Použitý komerční glossmetr firmy PCE Instruments

Princip měření lesku spočívá v detekci záření odraženého od předmětu pod různými úhly měřenými od kolmice k předmětu [4] (viz ilustrace na o*br. 1*) a jeho srovnání se zářením dopadajícím na předmět. Komerčně vyráběná zařízení k měření lesku se nazývají glossmetry (*obr. 2*). Některé glossmetry umožnují měřit pouze ve

2 či 3 úhlech. Ve Společné laboratoři optiky Univerzity Palackého v Olomouci a Fyzikálního ústavu akademie věd České republiky (zkráceně SLO) bylo vyvinuto laboratorní zařízení [5], se kterým je naproti tomu možné měřit v libovolně zvolených úhlech (v rámci rozsahu rotace) a zobrazit závislost intenzity odraženého záření (odraznosti) na úhlu detekce (*obr. 3*).



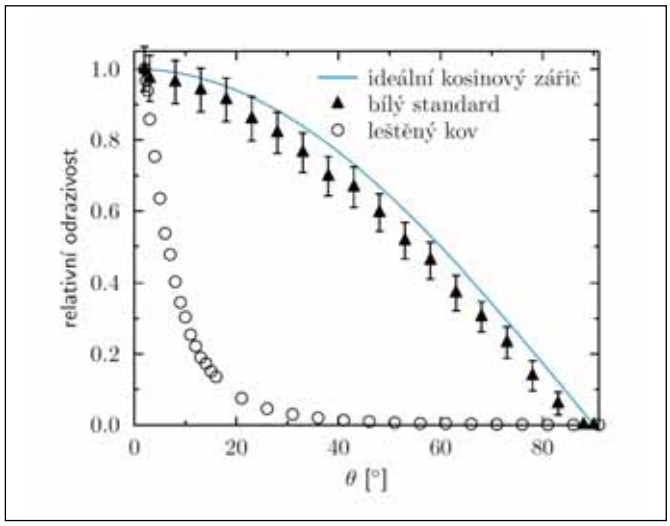
Obr. 3 Funkční vzorek zařízení vyvinutého k měření lesku

Rozdíl mezi lesklými a matnými povrchy můžeme ilustrovat na vzorku vyleštěného kovu a na tzv. bílém standardu. U kovu se očekává, že bude odrážet nejvíce dopadajícího záření pro malé úhly měřené od kolmice k vzorku podobně jako zrcadlo. Naproti tomu bílý standard by měl vykazovat kosinovou závislost odraženého záření na úhlu od kolmice, protože se jedná o tzv. lambertovský povrch. Výsledky pro oba tyto povrchy jsou na *obr. 4*. Intenzita odraženého záření od povrchu byla vyjádřena relativně vůči maximální hodnotě, jedná se o relativní veličinu. Je patrné, že oba výsledky odpovídají teoretickému předpokladu. Pro srovnání bylo měření lesku provedeno i komerčním glossmetrem, jehož výsledky jsou uvedeny v *tab. 1*. Středně lesklé materiály se pohybují mezi těmito dvěma křivkami.

Tab. 1 Výsledky měření lesku komerčním glossmetrem pro vyleštěné železo a bílý standard. Všechny hodnoty jsou v jednotkách GU (gloss units).). Pro každý ze tří měřených úhlů byla stanovena průměrná hodnota ($\bar{x}$) a směrodatná odchylka (σ). Všechny hodnoty jsou zatíženy nejistotou měření 1,5 %.

povrch	$\bar{x}$ (20°)	σ (20°)	$\bar{x}$ (60°)	σ (60°)	$\bar{x}$ (85°)	σ (85°)
železo	76,19	1,75	217,76	10,33	70,91	3,02
bílý standard	1,30	0,0	2,93	0,07	1,33	0,21

Glossmetr umožňuje měřit lesk v jednotkách GU, tj. gloss units. Zařízení vztahuje naměřené hodnoty intenzity odraženého záření k danému referenčnímu povrchu (typicky vysoce lesklé černé sklo) se známým indexem lomu s přesně stanovenými hodnotami GU. V práci použitý přístroj byl glossmetr firmy PCE Instruments, model PCE-PGM 100 [6], jehož stupnice má rozsah od 0 GU do 1 000 GU. Minimální hodnota odpovídá zcela matnému povrchu, maximální velmi lesklému. Přístroj umožňuje měřit ve třech úhlech, 20°, 60° a 85°. Nicméně, je užitečné si uvědomit, že ne všechny úhly jsou vypovídající pro každý povrch. Základní úhel pro měření 60° odpovídá střednímu lesku. Pokud naměřená hodnota v tomto úhlu přesahuje 70 GU, materiál je velmi lesklý a přesnější měření je třeba provést pod úhlem 20°. Naopak, pokud je naměřeno pod úhlem 60° méně než 10 GU, povrch je spíše matný a vhodnější je měřit pod úhlem 85° [4]. Pro snadnější orientaci jsou výsledky pro relevantní úhly v tabulkách podbarveny modře.

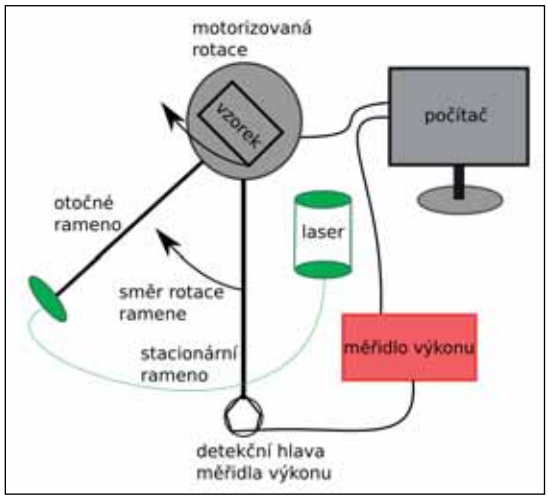


Obr. 4 Vzorek leštěného železa a bílý standard. Závislost relativní odraznosti záření na úhlu jeho detekce θ, v případě bílého standardu proložená funkcí kosinus

Měření lesku bylo standardizováno pomocí norem ASTM [7] a ISO [8]. Stupnice GU je postavena na dvou bodech: 0 GU (matný povrch zcela bez odrazu), a 100 GU (černé křemenné sklo). Skleněná destička je využita ke kalibraci komerčního glossmetru před každou sérií měření. Odraznost povrchu lze spočítat z Fresnelovy rovnice na základě znalosti indexu lomu pro vlnovou délku použitého světla a úhlu dopadu [4]. Obě normy se liší pouze ve vlnové délce použitého světla. Numerická hodnota GU libovolného měřeného vzorku je pak stanovena jako poměr odraženého záření vůči dopadajícímu v porovnání s kalibračním standardem.

Změna struktury materiálu působením dezinfekce a s ní související změna lesku není jediný ukazatel změn nebo degradace povrchu v důsledku aplikace dezinfekce. Dalším užitečným kontrolním parametrem je sledování změny barvy, jíž může být provázeno použití metody čištění nevhodné pro daný povrch. Zvláště u předmětů s historickou hodnotou je tato změna nežádoucí. V případě historických předmětů dokonce ani nemusí být žádoucí důkladné vyčištění starých usazenin, aby pak vypadaly jako nové, ale naopak se očekává, že budou mít určitou patinu. Velmi často je spíše požadováno, aby předměty nijak neměnily svůj charakter a byly udržovány ve stávajícím stavu. Změnu barvy mohou způsobit například zbytky použité chemikálie, která zateče do porézního povrchu čištěného předmětu, případně samotné účinky této látky na povrch materiálu.

3 LABORATORNÍ SESTAVA

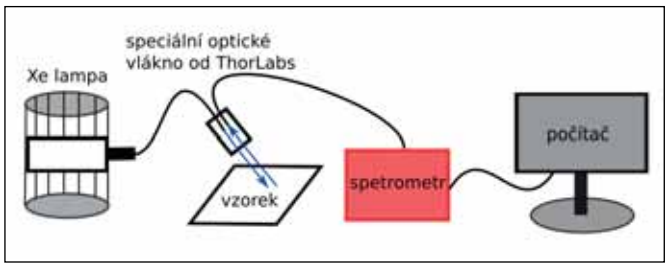


Obr. 5 Schéma laboratorního zařízení vyvinutého na SLO k měření lesku

3.1 Měření lesku

Měření lesku probíhalo za prvé s užitím komerčního glossmetru od firmy PCE Instruments (obr. 2) a za druhé pomocí laboratorního zařízení vyvinutého na SLO (obr. 3 a *obr. 5*). Výhodou tohoto zařízení je, že umožňuje proměřit všechny úhly v rozsahu a kroku použité rotace. Nevýhodou ovšem je, že lze měřit pouze menší vzorky, které je možné jednoduše přichytit, aby se otáčely společně s jedním ramenem.

Měření začíná, když jsou obě ramena, stacionární i rotační, v poloze téměř rovnoběžné (cca 3°). Pro záznam difúzně odraženého záření rameno rotuje s krokem 3° až do úhlu 20°. Po zbytek měření jsou data zaznamenána s krokem 5°. Měření končí po dosažení úhlu 90°, za nímž už odražené záření nemůže dopadnout na detekční hlavu. Jako zdroj záření byl použit zelený diodový laser s gaussovským profilem, který byl zaměřen na vzorek. Při každém měření byly zaznamenávány hodnoty výkonu pro jednotlivé úhly, přičemž se pro každý úhel měřilo 100krát a byl stanoven průměr. Data byla po skončení měření normována, čímž byla vyjádřena relativní odraznost a byla vynesena její závislost na úhlu měření.



Obr. 6 Schéma měření barvy vzorků pomocí vějířového nebo rozvětveného svazku vláken (anglicky bifurcated fibre bundles)

3.2 Měření barvy

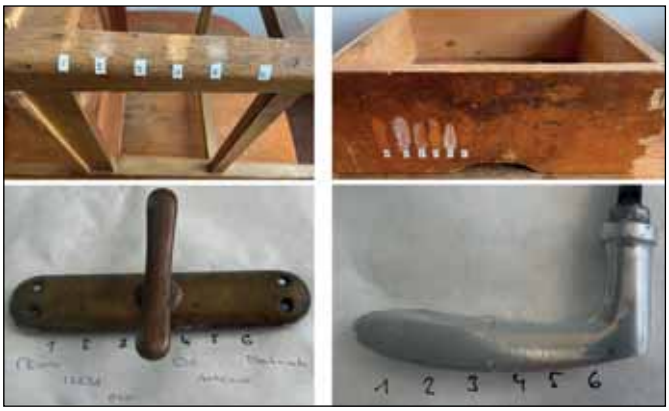
Pro měření barvy byl využit spektrometr od firmy OceanOptics s rozsahem vlnových délek od 300 nm do 1 200 nm. Samotné měření bylo realizováno v oblasti viditelného záření od 400 nm do 800 nm. Pro měření barvy je důležité mít širokospektrální zdroj světla s dostatečnou intenzitou. Těmto kritériím odpovídá xenonová lampa, která vyzařuje dostatečně intenzivně v požadovaném rozsahu vlnových délek.

Měření probíhalo podle schématu na *obr. 6*. K propojení zdroje, vzorku a spektrometru bylo použito speciální optické vlákno, které bylo umístěno vůči vzorku pod úhlem 45°. Výhodou tohoto vlákna je, že je tvořeno svazkem několika optických vláken vedoucích z lampy ke vzorku a od vzorku do spektrometru. Obě tyto skupiny jsou sdruženy v části nad vzorkem.

Nejprve byla zjištěna integrační doba, jejíž délka byla nastavena na maximum tak, aby nedocházelo k saturaci signálu. Jako první byla měřena úroveň temných detekcí, která byla od signálu spektrometru následně odečtena. Dále bylo měřeno spektrum bílého standardu (teflonový povrch používaný při fotografování), jímž byla normována všechna měřená spektra. Tímto krokem byla intenzita odraženého záření, kterou zobrazuje spektrometr, převedena na relativní intenzitu. Pro každý vzorek probíhalo měření desetkrát a poté byl stanoven průměr. Pro zjištění změny barvy byly porovnány průběhy jednotlivých měření pro místa s dezinfekcí s referenčním měřením (místo bez dezinfekce).

4 VÝSLEDKY

Cílem výzkumu bylo kvantifikovat změnu lesku a barvy vybraných materiálů vlivem dezinfikování povrchu. K dezinfikování povrchů byly použity komerční dezinfekční prostředky Pronto Original, Anticovid, Isolda, dále ethanolová dezinfekce vlastní výroby a 10% roztok dodecylsíranu sodného (SDS). Roztok SDS o dané koncentraci byl použit jako náhrada za mýdlovou vodu. Uvedené dezinfekční prostředky byly zvoleny s ohledem na jejich běžné používání v praxi. Pro testování účinků dezinfekcí na různé povrchy byly vybrány 4 historické předměty: dřevěná židle, lakovaný dřevěný šuplík, kovová klika a mosazné okenní kování s klikou. Na vyznačená místa byly naneseny dezinfekční prostředky (*obr. 7*). Účinky dezinfekcí byly porovnávány s místem čištěným pouze destilovanou vodou, které sloužilo jako reference. Dezinfekce se aplikovala otřením povrchu buničinou, která byla v daném přípravku namočená, a nechala se 15 minut působit. Následně byl proveden otěr ošetřovaného místa buničinou s destilovanou vodou. Proces měl simulovat reálný způsob dezinfikování povrchů s následným otřením zvlhčenou utěrkou. Aplikace dezinfekce se prováděla jednou denně po dobu čtrnácti dní. Velikost testovacích ploch vzorků byla cca 1 cm × 2 cm u dřevěných a cca 0,8 cm × 1,5 cm u kovových povrchů. Měřilo se vždy zhruba ve středu testované plochy.



Obr. 7 Testované historické povrchy. Čísla odpovídají použitým dezinfekčním prostředkům a vodě: 1 – Pronto, 2 – Isolda, 3 – ethanol, 4 – SDS (dodecylsíran sodný), 5 – Anticovid a 6 – voda

4.1 Měření lesku

Lesk všech vzorků byl nejprve měřen pomocí komerčního glossmetru (*tab. 2*). Nejistota měření činí 1,5 % a opakovatelnost je 0,1 GU pro měření v rozsahu 0 GU – 10 GU a 0,2 GU pro rozsah 10 GU až 100 GU [9]. Měřená testovací místa byla v různé míře lesklá, proto bylo dosaženo nejlepších parametrů měření pro odlišné úhly (viz úvod). Odpovídající hodnoty jsou pro přehlednost v tabulce podbarveny modře. Výsledky ilustrují dvojí účinek dezinfekce na povrch. Srovnáme-li referenční vzorek s dezinfikovanými vzorky, v případě židle aplikace dezinfekce způsobila její vyšší lesk. Na povrch šuplíku měla (kromě Pronta) efekt opačný, zmatnění. Je potřeba si uvědomit, že je možné mezi sebou porovnávat pouze hodnoty náležející ke stejnému úhlu. Přestože Isolda a Anticovid mají větší hodnotu GU než reference, už jen fakt, že vhodnější hodnota byla naměřena pro 85° (vhodné pro matné povrchy) a ne pro 60° (vhodné pro středně lesklé/středně matné povrchy), svědčí o jejich zmatnění. Podobně jako v případě židle, dezinfekce způsobily u kovové kliky zvýšení lesku. Naproti tomu vlastnosti mosazného kování se vlivem dezinfekce prakticky nezměnily.

Lesk byl měřen i další metodou, a to s využitím laboratorního zařízení vyvinutého na SLO (obr. 3, 5). Kvůli větší velikosti historických předmětů bylo možné měřit pouze lesk okenního kování. Závislosti relativní odrazivosti na úhlu odraženého záření (*obr. 8*) umožňují porovnat mezi sebou danou dezinfekci a referenční způsob čištění, tj. otření vodou. Stejně jako při měření pomocí glossmetru bylo zjištěno, že použité dezinfekce povrch mosazného kování příliš neovlivňují.

4.2 Měření barvy

Barva testovaných ploch byla měřena podle postupu popsaného výše v části Laboratorní sestava-měření barvy (viz schéma na obr. 6). Podobně jako u předchozího měření, se měřilo zhruba uprostřed testovací plochy. U dřeva byl vliv dezinfekce znát i pouhým okem. Většina dezinfekcí odstranila staré nánosy na povrchu

Tab. 2 Výsledky měření lesku autentických historických předmětů. Všechny hodnoty jsou v jednotkách GU (gloss units). Pro každý ze tří měřených úhlů byla stanovena průměrná hodnota ($\bar{x}$) a směrodatná odchylka (σ). Všechny hodnoty jsou zatíženy nejistotou měření 1,5 %

Vzorek	Dezinfekce	($\bar{x}$ 20°)	(σ 20°)	($\bar{x}$ 60°)	(σ 60°)	($\bar{x}$ 85°)	(σ 85°)
Židle	Pronto	0,47	0,02	4,01	0,06	5,80	0,36
	Isolda	0,43	0,02	2,67	0,25	4,97	0,38
	ethanol	0,46	0,01	4,19	0,12	5,74	0,53
	SDS	0,93	0,04	7,27	0,62	6,97	0,45
	Anticovid	0,42	0,02	2,32	0,20	4,02	0,65
	reference	0,44	0,02	3,50	0,25	3,48	0,26
Šuplík	Pronto	2,28	0,14	17,40	0,44	21,79	0,39
	Isolda	0,65	0,01	4,96	0,08	18,77	0,77
	ethanol	1,12	0,07	10,51	0,62	23,68	1,32
	SDS	1,55	0,29	12,22	1,15	17,32	1,53
	Anticovid	1,10	0,04	7,84	0,28	20,42	0,85
	reference	1,64	0,07	14,28	0,35	22,87	1,66
Klika	Pronto	10,71	1,74	21,75	1,90	2,34	0,19
	Isolda	24,50	1,99	28,86	1,34	3,13	0,17
	ethanol	23,92	1,88	28,35	1,15	3,05	0,30
	SDS	13,97	3,63	19,59	2,20	2,14	0,23
	Anticovid	16,69	1,06	22,56	1,37	2,28	0,09
	reference	2,29	0,43	12,87	3,58	2,97	0,46
Okenní kování	Pronto	1,52	0,21	5,78	0,32	3,33	0,20
	Isolda	4,33	0,71	9,36	0,94	3,29	0,54
	ethanol	0,60	0,04	11,66	1,50	2,84	0,89
	SDS	0,66	0,05	9,67	1,07	3,43	1,35
	Anticovid	2,37	0,31	7,57	0,38	3,35	0,20
	reference	0,99	0,18	4,68	0,26	2,96	0,30

laku, čímž se jeho barva změnila (*obr. 9 – 12*). Navíc všechny dezinfekce kromě Pronta zanechaly na obou dřevěných površích bílý nános na okrajích testovací plochy, což je také třeba vzít do úvahy při hodnocení vlivu dezinfekce. Při zvažování aplikace dezinfekce je nutné posoudit, zda jsou odstraňovány nežádoucí nečistoty (např. zanesené v důsledku běžného návštěvnického provozu), nebo patina, jejíž narušení může být nežádoucí. Oba kovové povrchy barvu významně neměnily, pouze s výjimkou kovové kliky ošetřené Prontem.

5 ZÁVĚR

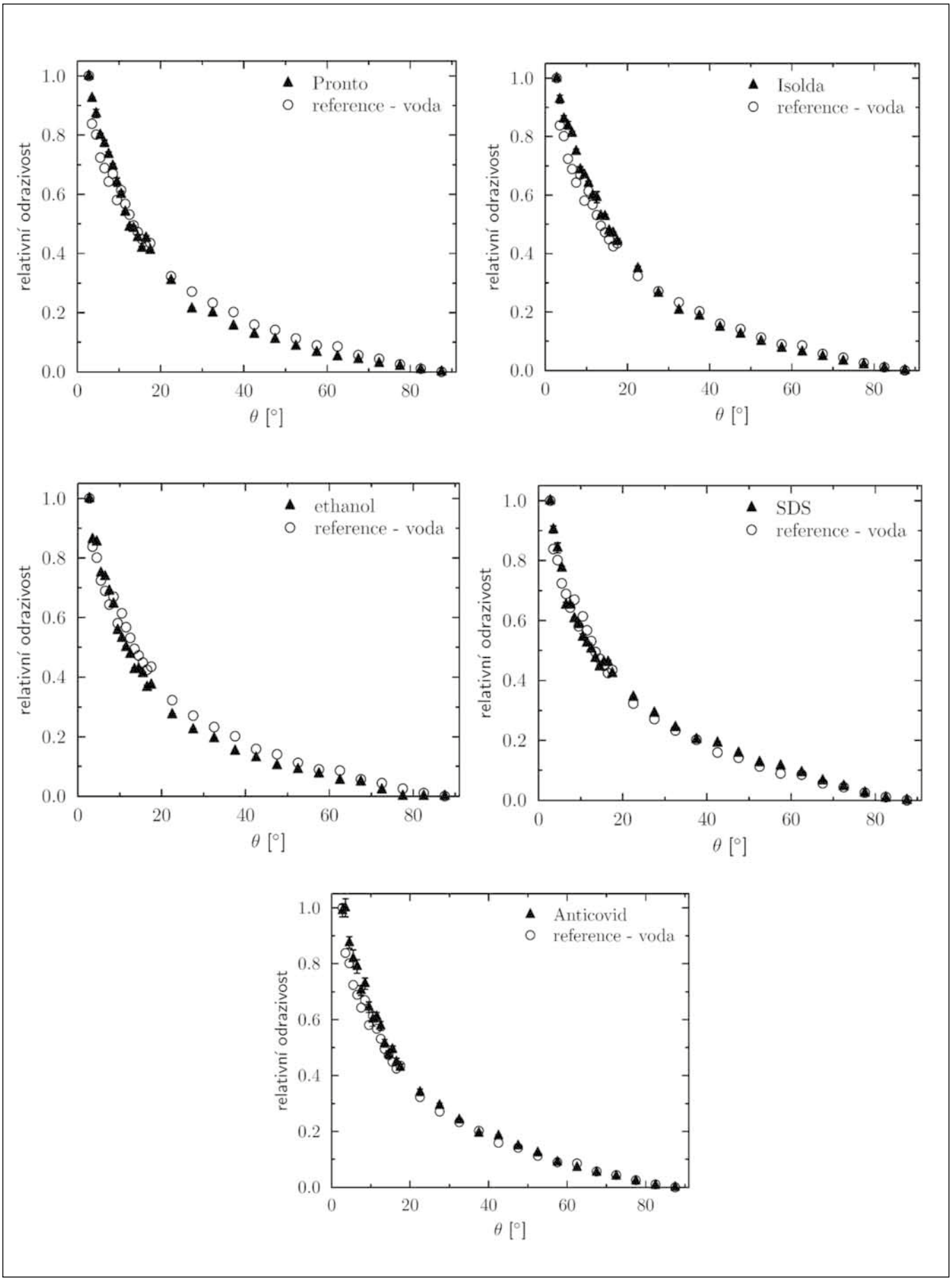
Výsledky měření lesku by se obecně daly shrnout následovně. Povrch židle byl spíše matný a po aplikaci dezinfekcí v porovnání s vodou byl o něco lesklejší. Jeho vlastnosti prakticky nezměnil pouze Anticovid. Šuplík zmatněl po nanesení Isoldy, ethanolu, SDS a Anticovidu. Naopak lesklejším se stal po aplikaci Pronta. Klika se výrazně už na pohled leskla. Značně lesklejší byla po nanesení všech použitých dezinfekcích. Kování okna své vlastnosti prakticky nezměnilo.

Na měření lesku měly vliv následující faktory: (i) zakřivení povrchu předmětů, (ii) vady povrchu kvůli jejich stáří, (iii) jednotlivé testovací plochy nebyly úplně jasně odděleny a (iv) pro testovací plochy ethanolu a SDS u kování okna měření komplikoval nerovný povrch související s objímkou kliky.

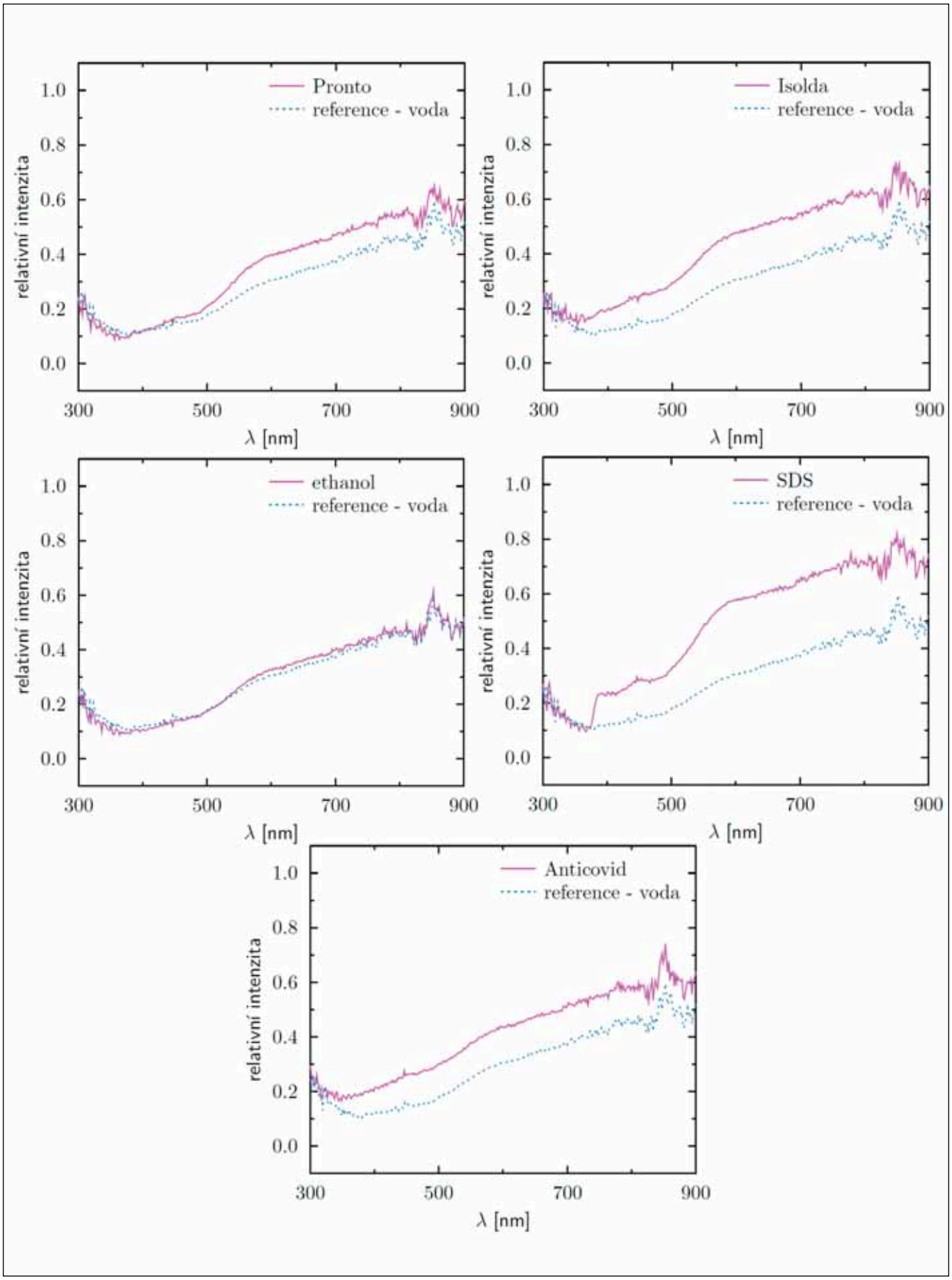
Výsledky měření barvy ukázaly, že klika změnila barvu pouze působením Pronta. Jiné dezinfekce ji neovlivnily. Naproti tomu kování okna nezměnilo svou barvu vůbec. Co se týče šuplíku z lakovaného dřeva, jeho barva se vlivem Pronta změnila jen málo. Ostatní dezinfekce zanechaly bílé skvrny. U židle změnily barvu všechny dezinfekce. Pokud by bylo možné odstranit bílé stopy po aplikaci ethanolu, pak se nejvíce blíží referenci. Z pohledu barevnosti je nejšetrnější k lakovanému dřevu Pronto. Na mosaz nepůsobí žádná z dezinfekcí, vzhled kliky ovlivnilo jen Pronto.

Na výsledky měření dřeva měl pravděpodobně vliv použitý lak, který byl místy notně poškozený. Měření obou druhů materiálů komplikovalo zakřivení povrchu vzorků, které znesnadňovalo umístění sondy nad povrch.

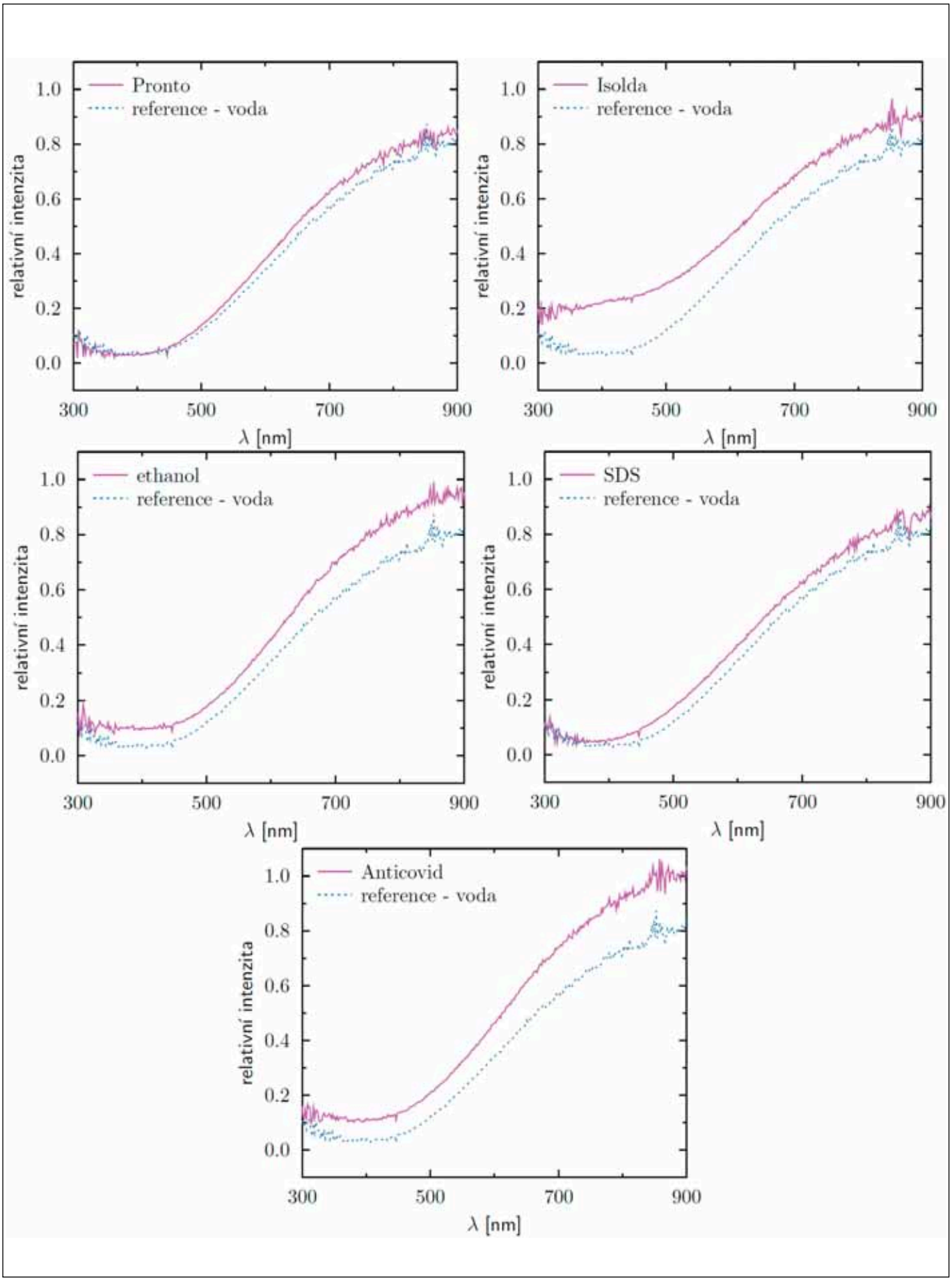
Mezi testovanými dezinfekcemi není možné vybrat takovou, která by neovlivňovala u daného materiálu lesk ani barvu. Vždy je třeba zvolit kompromis s ohledem na požadovaný výsledek. K dřevu je např. nejšetrnější Pronto, ale je třeba počítat ve výsledku s vyšším leskem. U mosazi z výsledků usuzujeme na její velkou odolnost vůči testované aplikaci dezinfekce. K dezinfekci kovové kliky nelze doporučit Pronto. Při působení všech ostatních dezinfekcí je klika barevně stabilní. Ovšem i v tomto případě dezinfekce zvyšují lesk.



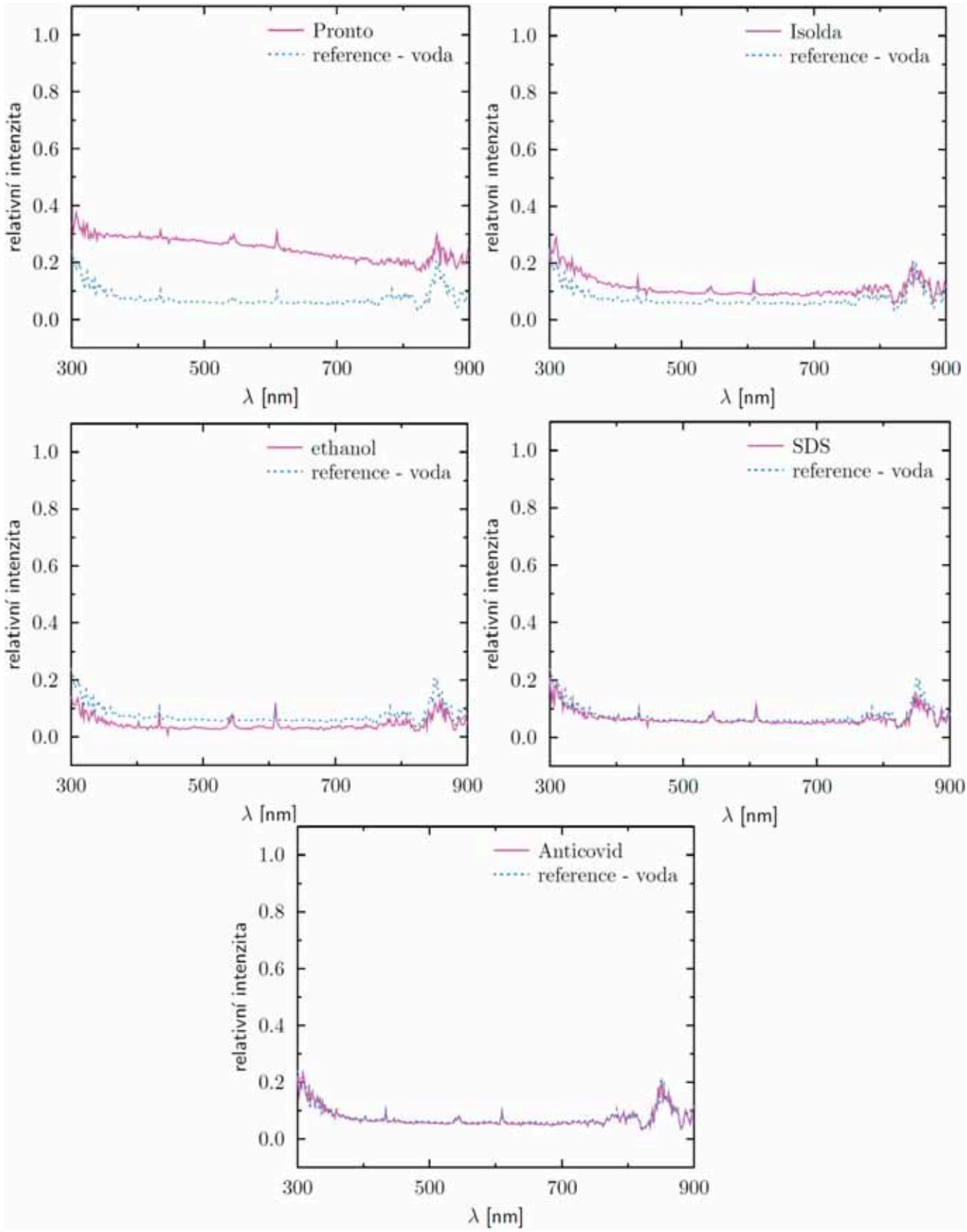
Obr. 8 Výsledky měření lesku získané s využitím laboratorního zařízení (obr. 3 a obr. 5). Je vynesena relativní odrazivost jako funkce úhlu měření θ



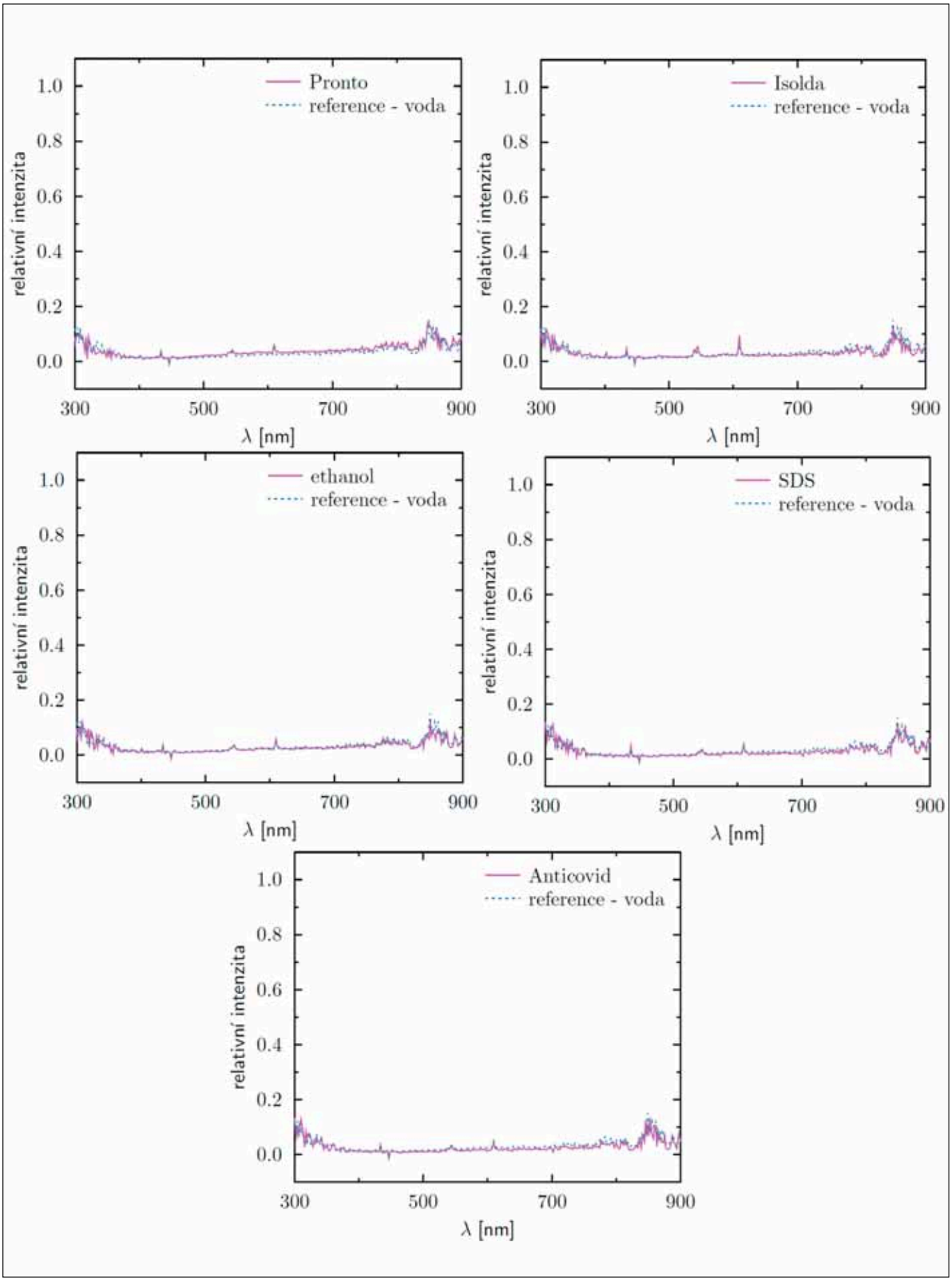
Obr. 9 Relativní intenzita záření odraženého od testovacích ploch na povrchu **židle** v závislosti na vlnové délce λ. Účinky jednotlivých dezinfekčních prostředků jsou srovnány s referenčním vzorkem čištěným pouze vodou



Obr. 10 Relativní intenzita záření odraženého od testovacích ploch na povrchu **šuplíku** v závislosti na vlnové délce λ. Účinky jednotlivých dezinfekčních prostředků jsou srovnány s referenčním vzorkem čištěným pouze vodou



Obr. 11 Relativní intenzita záření odraženého od testovacích ploch na povrchu **kliky** v závislosti na vlnové délce λ. Účinky jednotlivých dezinfekčních prostředků jsou srovnány s referenčním vzorkem čištěným pouze vodou



Obr. 12 Relativní intenzita záření odraženého od testovacích ploch na povrchu **okenního kování** v závislosti na vlnové délce λ. Účinky jednotlivých dezinfekčních prostředků jsou srovnány s referenčním vzorkem čištěným pouze vodou

Poděkování

K. J., K. H. a K. L. děkují projektu TA ČR TL04000476 („Vliv dezinfekčních prostředků na historické povrchy v návštěvních provozech paměťových institucí v době mimořádných epidemiologických opatření“), s jehož podporou tento článek vznikl. K. J. děkuje kolegům Karlu Lemrovi, Antonínu Černochovi a Janu Roikovi ze SLO za spolupráci při konstrukci laboratorního zařízení pro měření lesku a konzultaci tohoto výzkumu.

Reference

[1] Karl Kieser, *„Die Messung des Glanzes photographischer Papiere“*, Angewandte Chemie 32, 90 (1919), https://doi.org/10.1002/ange.19190329004

[2] L. R. Ingersoll, *„The Glarimeteran Instrument for Measuring the Gloss of Paper“*, J. Opt. Soc. Am. 5, 213–217 (1921)

[3] R. S. Hunter and R. W. Harold, The Measurement of Appearance, 2. vydání, JohnWiley & Sons, New York (1987)

[4] Andrew R. Hanson, *„Good Practice Guide for the Measurement of Gloss“*, National Physical Laboratory (2006), ISSN 1368-6550, dostupné online: https://www.npl.co.uk/gpgs/measurement-of-gloss

[5] A. Černoch, K. Jiráková, K. Lemr, J. Roik, *„Laboratorní zařízení pro měření lesku vzorků“*, funkční vzorek (2021), https://www.isvavai.cz/riv; RIV/61989592:15310/21:73610103

[6] manuál glossmetru PCE-PGM 100 dostupný z webových stránek výrobce. Dostupné online: https://www.pce-instruments.com/eu/measuring-instruments/test-meters/gloss-meter-gloss-tester--pce-instruments-gloss-meter-pce-pgm-100-det_5970752.htm

[7] D523, *“Standard Test Method for Specular Gloss”,* ASTM Gaithersburg (1999)

[8] ISO 2813, *„Paints and varnishes — Determination of gloss value at 20°, 60° and 85°“*, ISO Geneva (2014)

[9] technická specifikace glossmetru PCE-PGM 100 dostupný z webových stránek výrobce. Dostupné online: https://www.pce-instruments.com/eu/measuring-instruments/test-meters/gloss-meter-gloss-tester-pce-instruments-gloss-meter-pce--pgm-100-det_5970752.htm

Mgr. Kateřina Jiráková, Ph.D.[1], Mgr. Štěpán Dostál[2], Mgr. Kateřina Hlavničková[3] a prof. RNDr. Karel Lemr, Ph.D.[2]

[1] Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Společná laboratoř optiky UP a Fyzikálního ústavu akademie věd České republiky, 17. listopadu 1192/12, 779 00 Olomouc, Česká republika, e-mail: katerina.jirakova@upol.cz

[2] Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Česká republika.

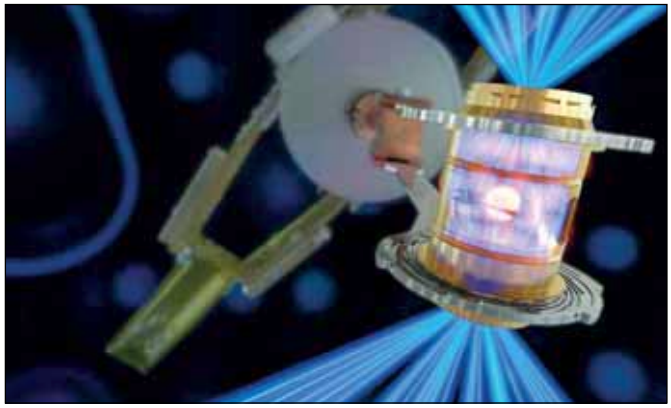
[3] Správa Státního hradu a zámku Český Krumlov, Národní památkový ústav, Zámek č. p. 59, 381 01 Český Krumlov

Jedná se o odborný článek

DOE tvrdí, že průlom v zážehu fúze by mohl urychlit cestu k čistému zdroji energie

Tento titulek jsem si vybral z mnoha dalších, které v prosincovém čísle odborného časopisu **Laser Focus World** doprovodily oznámení, že vůbec poprvé na světě vědci zabývající se zážehem fúze v U.S. Lawrencově livermorské národní laboratoře (*LLNL – Lawrence Livermore National Laboratory*) vyprodukovali více energie z jaderné fúze než byl vstup; jde o vědecké zlomové dozrání s dopadem na budoucí technologii čisté energie. Mne zajisté zaujala zkratka DOE, protože v mém oboru značí difraktivní optický prvek (*diffractive optical element*), zde však jde o všeobecně zažitou zkratku pro Department of Energy, což značí Ministerstvo energetiky USA. Toto ministerstvo skrze svou Národní jadernou bezpečnostní administrativu (*NNSA – National Nuclear Security Administration*) den před tímto zveřejněním, tj. 13. prosince, oznámilo onu novinku, která však byla provedena již 5. prosince: Ten den při energii 2,05 MJ dodané terči laserovým světlem rozděleným na 192 svazků byla získána jadernou fúzí energie 3,15 MJ! Je třeba ovšem dodat, že ona dodaná energie nezahrnuje celkovou energii potřebnou k zážehu, ale jen tu, která byla přítomna u terče. Tento výsledek by nebyl možný bez spolupráce s několika výzkumnými pracovišti v USA, jako jsou Los Alamos National Laboratory, Sandia National Laboratories, Nevada Security Site a General Atomic, dále s akademickými institucemi jako Laboratory for Laser Energetics Univerzity v Rochesteru, Massachusetts Institute of Technology, University of California v Berkeley a Princeton University, ale také s Atomic Weapons Establishment ve Spojeném království a s francouzskou komisí alternativních energií a atomové energie, a je třeba jmenovat také účastníky v DOE, NNSA a U.S. Kongresu.

Miroslav Miler



Obr. 1 Ultrafialové světlo laseru rozdělené na 192 svazků se nejdříve uvnitř zlaté schránky s dutinou, označované z němčiny jako *hohlraum* (dutina), přemění na homogenní lázeň rentgenovského záření, kterým se implozí stlačí a ohřeje kulička s palivem tvořeným deuteriem a tritiem (zdroj LLNL)

Doc. RNDr. Miroslav Miler, DrSc., Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i., Chaberská 57, 182 51 Praha 8 – Kobylisy, e-mail: miler@ufe.cz