

Studium stárnutí otisků prstů pomocí luminiscenční spektroskopie

Bc. Jiří Essender

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Essender**
Osobní číslo: **A18324**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Studium stárnutí otisků prstů pomocí luminiscenční spektroskopie**
Téma práce anglicky: **The Study of Fingerprint Aging Using Luminescence Spectroscopy**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte přehled prací, které jsou publikovány v odborné literatuře na téma detekce, snímání a analýza daktyloskopických stop.
2. Zaměřte se na otázku odhadu stáří otisků prstů na materiálech.
3. Navrhněte vlastní experimentální postup pro posouzení stáří otisků prstů a realizujte jej v laboratořích FAI UTB ve Zlíně.
4. Provedte posouzení navržené metody a jejich výsledků.
5. Pokuste se nalézt matematický model, který umožní odhad stáří otisků prstů na vámi vybraných materiálech.
6. Kriticky vyhodnotte vámi získané výsledky a navrhněte případné další pokračování výzkumu v dané oblasti.

Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Akiba N. at al. :Visualization of aged fingerprints with an ultraviolet laser, J.Forensic Sci. Vol.63 (2018), 2, 556-562
2. Lakowicz J.R.: Principles of Fluorescence Spectroscopy 3rd ed., Springer 2011
3. Potůček R.: Vizualizácia odtlačkov prstov ultrafialovým žiarením, diplomová práce, FAI UTB 2019
4. Worley Ch.G. at al.: Detection of Visible and Latent Fingerprints Using Micro-X-ray Fluorescence Elemental Imaging, J.Forensic Sci. Vol.51 (2006), 1, 57-63
5. SIEGEL, Jay A a Pekka SAUKKO (eds.). Encyclopedia of forensic sciences. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, c2013. ISBN 978-0-12-398365-7.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Pecha, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Konzultant diplomové práce: **doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.**
Ústav elektroniky a měření

Oponent diplomové práce: **Ing. Vlastimil Rábek**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce: 9. prosince 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 29. května 2020

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 9. prosince 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo –diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jens předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne: 6.8.2020

Jiří Essender, V.R.
.....
Podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá vizualizací a uchováním latentních stop v podobě otisků prstů, a především je zaměřena na následný výzkum jejich stárnutí. V teoretické části práce jsou uvedeny informace ohledně historie daktyloskopie a jejího využití v kriminalistice. Následně jsou zde uvedeny informace o luminiscenci a jejich konkrétních základních druzích a spektrech. V rámci toho jsou zde uvedeny základní informace k oboru spektroskopie. Praktická část práce je soustředěna na odhad stáří otisku na materiálech, jako je sklo, železo, hliník, měď, korozivzdorná ocel, dřevo a plast. Práce se zabývá potvrzením či vyvrácením měřitelnosti stáří zanechaných otisků na již zmíněných materiálech. Na základě zjištění byla pak navržena možná další řešení.

Klíčová slova: Daktyloskopie, otisky prstů, luminiscence, spektroskopie

ABSTRACT

This thesis deals with the visualization and preservation of latent fingerprints in the form of fingerprints and is mainly focused on the subsequent research of their aging. The theoretical part of the thesis contains information about the history of dactyloscopy and its use in criminology. Subsequently, there is information about luminescence and their specific basic species and spectra. Within this, basic information on the field of spectroscopy is given here. The practical part of the work is focused on estimating the age of the imprint on materials such as glass, iron, aluminum, copper, stainless steel, wood and plastic. The work deals with the confirmation or refutation of the measurability of the age of the imprints left on the already mentioned materials. Based on the findings, possible further solutions were proposed.

Keywords: Dactyloscopy, fingerprints, luminescence, spectroscopy

Rád bych zde poděkoval vedoucímu této práce panu Ing. Jiřímu Pechovi, Ph.D. za vedení ochotu, trpělivost a připomínky. Nadále bych rád poděkoval panu doc. RNDr. Vojtěchu Křesálkovi, CSc. a Ing. Michaele Mikuličové za konzultační rady jak teoretického charakteru, tak i myšlenek co se týče zpracování získaných dat. Velký dík patří také rodině za umožnění studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 DAKTYLOSKOPIE	11
1.1 HISTORIE	11
1.1.2 Jan Evangelista Purkyně	11
1.1.3 Francis Galton	12
1.1.4 William James Herschel.....	12
1.2 METODY ZAJIŠŤOVÁNÍ DAKTYLOSKOPICKÝCH STOP.....	13
1.3 TRVANLIVOST OTISKU V ČASE.....	14
1.4 MOŽNÉ METODY SEJMUTÍ OTISKU PRSTU	14
1.4.1 Fyzikální metody.....	14
1.4.2 Chemické metody.....	15
1.4.3 Fyzikálně chemické metody.....	16
1.4.4 Vizualizace viditelných i latentních otisků pomocí mikro rentgenu.....	17
1.5 MODERNÍ DOBA.....	17
1.6 REŠERŠE PRACÍ ZABÝVAJÍCÍ SE DAKTYLOSKOPIÍ	18
2 LUMINISCENCE	21
2.1 INKANDESCENCE	21
2.2 ELEKTROLUMINISCENCE	21
2.3 FOTOLUMINISCENCE.....	23
2.4 CHEMILUMINISCENCE.....	23
2.5 BIOLUMINISCENCE	24
2.6 MECHANOLUMINISCENCE.....	25
2.7 SONOLUMINISCENCE	25
2.8 RADIOLUMINISCENCE.....	25
2.9 ZABARVENÍ SVĚTLA	26
3 SPEKTROSKOPIE	27
3.1 IR ZÁŘENÍ	28
3.1.1 Zdroje IR světla.....	28
3.1.2 Viditelnost, účinky a využití IR světla	28
3.2 UV ZÁŘENÍ.....	29
3.2.1 Zdroje UV záření.....	30
3.2.2 Viditelnost, účinky a využití UV světla	30
3.3 LUMINISCENČNÍ SPEKTROSKOPIE	31
3.3.1 Absorpční spektra.....	32
3.3.2 Emisní spektra	32
3.3.3 Excitační spektra	33

II PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
4 EXPERIMENT ODHADU STÁŘÍ OTISKŮ PRSTŮ NA VYBRANÝCH MATERIÁLECH PŘÍMÝM MĚŘENÍM.....	35
4.1 POUŽITÉ LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	35
4.1.1 SHIMADZU RF- 6000	35
4.1.2 Nastavení měřicího přístroje	35
4.2 MĚŘENÍ PŘÍMOU METODOU	36
4.2.1 Zkoumání otisku na sklíčku	37
4.2.2 Zkoumání otisku na Fe plátku.....	41
4.2.3 Zkoumání otisku na Al plátku.....	42
4.2.4 Zkoumání otisku na Cu plátku	43
4.2.5 Zkoumání otisku na plátku korozivzdorné ocele	44
4.2.6 Zkoumání otisku na plastu ABS	45
4.2.7 Zkoumání kousku dřeva.....	46
4.2.8 Vyhodnocení měření přímou metodou.....	47
5 EXPERIMENT A NÁVRH METODY ZKOUMÁNÍ STÁRNUTÍ OTISKŮ PRSTŮ	49
5.1 PŘENOS OTISKU NA DAKTYLOSKOPICKOU PÁSKU A NA IZOLEPU.....	49
5.2 PŘENOS OTISKU PÁSKOU NA SKLÍČKO.....	50
5.3 MOŽNÉ DALŠÍ ZKOUMÁNÍ.....	52
5.3.1 Kompaktní měřicí přístroj	52
5.3.2 Zdokonalení metody přenosu otisku	52
ZÁVĚR	54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK.....	60
SEZNAM GRAFŮ	61
SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Kriminalisté již odedávna skládají celkovou mozaiku trestného činu za pomoci nejrůznějších metod a postupů. Jednou z metod, na kterou se kriminalisté spoléhají již řadu let, je metoda daktyloskopie. Tato metoda je pro laika známá jako zkoumání tvaru otisků prstů. Není náhodou, že se tato metoda drží v praxi již přes sto let ve většině států. Metoda zůstává užitečnou i navzdory daleko vyšší intenzitě a rychlosti pohybu osob. Na tento zrychlený pohyb kriminalisté reagovali elektronickým uchováním a zpracováním otisků. Počítače pak dovolují porovnání nalezeného otisku s registry napříč kontinenty.

Z biologického hlediska je ale zanechaný otisk více než jen několik čar na prstech každého člověka. Tyto tvary jsou na místě činu zanechány díky faktoru lidského potu. S ohledem na to, jak většina částí lidského těla může být jedinečná, se nezbývá ptát, zda není možné ze zanechaného otisku vyčíst více než jen tvary otisku právě díky zanechanému potu.

Jedny z posledních studií se zabývají možností určení stáří zanechané daktyloskopické stopy. V případě, kdy by se dokázalo určit stáří otisku, naskytla by se kriminalistům možnost narušení křivých svědectví svědků, kteří se snaží svou výpovědí krýt trestný čin. Rovněž by se kupříkladu nevinnému člověku vysvětloval fakt, že jeho otisk se nachází na případné vražené zbraně. Technologie by mohla podat důkazní materiál o tom, že dotyčný neviný jedinec sice předmět v rukou měl, ale několik týdnů předem. Tento faktor by mohl vést až ke zmapování posledního nejčerstvějšího otisku.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DAKTYLOSKOPIE

Jedná se o vědeckou metodu, která využívá zkoumání fyziologických vlastností člověka, a to konkrétně jeho kůže. Každý člověk má na svém těle takzvané papilární linie, které pokrývají bříška prstů, dlaně a chodidla. Tyto obrazce jsou jedinečné pro každého člověka a v průběhu života se nemění. Konkrétní obor, jenž se zabývá papilárními liniemi, se nazývá dermatoglyfika. [1]

Daktyloskopie využívá těchto poznatků pro vizuální porovnávání dvou a více vzorků otisků prstů. Předmětem zkoumání je otisk prstu zanechaný na místě činu nebo na jiném místě odkud byl otisk sejmут. K tomuto otisku se pak hledá stejný, který je však již spojen s konkrétní osobou. K tomuto porovnání se využívají databáze různých policejních oddělení či jiných mezinárodních registrů. [2]

1.1 Historie

Zatímco řada lidí by mohla hádat začátek využívání této metody na začátek dvacátého století, tento odhad je daleko pravdě. Ač se to může zdát zvláštní, úplné prvopočátky zkoumání otisků prstů sahají hlouběji, než by mohlo člověka napadnout.

1.1.1 Čína a Asýrie

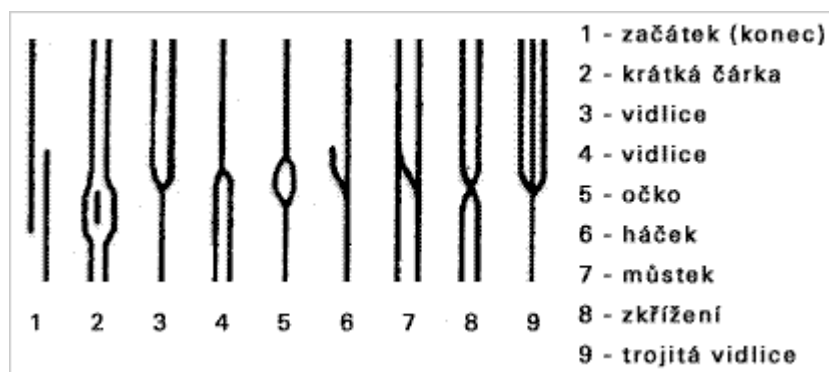
Pro jeden z prvních příkladů využití daktyloskopie dávných civilizací lze nahlédnout na území dnešní Sírie a Iráku. V tehdejší Asýrii se ve staré knihovně našly hliněné destičky, na kterých se nacházel vedle podpisu také otisk lidského prstu. Vzhledem k pravidelnému umístění otisku lze předpokládat, že tento otisk byl jistým opatřením proti falzifikaci. [3]

Pro kriminalistiku je ovšem důležitější o něco starší událost pocházející z Číny. Kolem roku 1100 před naším letopočtem zde byla napsána kniha zabývající se přímo zhotovováním otisků prstů přímo pro kriminální procesy. Lze to brát jako důkaz toho, že na tyto otisky bral zřetel tehdejší trestní zákoník. Sice pravděpodobně nešlo o sledování papilárních linií nýbrž spíše na tvary prstů. [3]

1.1.2 Jan Evangelista Purkyně

Jak již bylo psáno v předchozí kapitole, otisk prstu se využíval v historii lidstva již velice dávno. Při touze poznat, kdo začal se studiem papilárních linií, nemusíme chodit daleko. První studie zabývající se studií těchto kožních tvarů připadá Českému přírodovědci jménem Jan Evangelista Purkyně, jenž žil v letech 1787–1869. V jeho latinském spisu

jménem Rozprava o fyziologickém výzkum uorgánu zrakového a soustavy kožní. Zde se sice Purkyně nezabývá kriminalistickým využitím, avšak jako první rozdělil a definoval tvary papilárních linií do devíti obrazců. Těchto devět obrazců se využívá pro jejich popis dodnes. [3]



Obrázek 1: Možné tvary papilárních linií [4]

1.1.3 Francis Galton

Přínos Francise Galtona kolem spočíval v matematickém prokázání o neuvěřitelně široké možnosti kombinaci uspořádání papilárních linií. Vypočítal, že se vyskytuje pro jeden prst až 64 miliard možností, jak se obrazce papilárních linií mohou uspořádat. Při aplikaci na všech deset prstů člověka toto číslo ještě rapidně vzrůstá, a to konkrétně s jeho desátou mocninou. Byl tak podán matematický důkaz o tom, že aby měli dva lidi na světě shodné otisky prstů je prakticky nemožné, a tudíž je možné otisk považovat jako bezpečný identifikátor každého jedince. Tyto výpočty provedl kolem roku 1890. [3]

1.1.4 William James Herschel

Jeden z prvních průkopníků praktického využití sledování papilárních linií je William James Herschel. Jednalo se o guvernéra indické provincie, který zavedením daktyloskopie dokázal dohlížet na vyplácení mezd a důchodů indickým občanům, kteří většinou neměli žádný průkaz totožnosti. Pomocí kontroly shody otisků na smlouvě a na stvrzence přijetí měsíční renty či mzdy dokázal prokázat, že osoba pobírá peníze neoprávněně a další peníze již nedostal. [3]

Obdobně postupoval také u problematiky věznic. Řada kriminálních nepříznala svou totožnost ve snaze skrýt svou předchozí kriminální činnost. Kontrolní otisky odebíral ve věznicích po dobu 20 let, a to s poměrně velkým úspěchem. I přes tyto kladné výsledky však jeho návrh na povinné snímání otisků ve věznicích jeho provincie byl návrh nakonec zamítnut. Své poznatky o metodě publikoval v roce 1888[3]

1.2 Metody zajišťování daktyloskopických stop

Zviditelnění daktyloskopické stopy je pouze první krok k zajištění stopy. Stopa jako taková je třeba nějakým způsobem zajistit tak aby nedošlo ke ztrátě či znehodnocení stopy. Zajištění stopy lze provést následujícími způsoby.

In natura—Pravděpodobně nejméně vhodný způsob zajištění otisku. Využívá se především pro malé předměty, a to z důvodů, že společně s otiskem je zajištěn celý předmět, na kterém je stopa zanechána. Výhoda je, že předmět se dostane do forenzní laboratoře, kde by jeho další zkoumání měl provést specializovaný tým odborníků. Obecně platí, že laboratorní přístroje jsou citlivější a přesnější. Nevýhodou ovšem je, nutná přeprava a příprava předmětu na cestu. Zvýšenou manipulací hrozí znehodnocení otisku či úplné zničení předmětu při neopatrném zacházení. Nejčastěji takto zajišťovaný materiál je asi otisk zanechaný na papírovém podkladu. [5]

Daktyloskopická fólie – Jedná se o bezpečnější zajištění daktyloskopické stopy. Využívá fyzikálního principu zviditelnění otisku pomocí prášků. Daktyloskopické fólie se skládají ze dvou částí. První je samotná průhledná fólie, která kryje vlhkou vrstvu želatiny s papírovým podkladem. Při zajišťování stopy se fólie sloupne a papírek s želatinovým povrchem se přitiskne na připravený prášek zviditelněný otisk. Opatrným jednostranným pohybem se želatinový papír sloupne, tím dojde k přenesení tvarů papilárních linií na papír. Následně se průhledná fólie opět opatrně přilepí zpátky k želatinovému papíru. Z popsaného principu použití lze vyčíst kámen úrazu metody. Problémem nastává u otisků, jež nejsou na rovném hladkém povrchu. Papír je sice možno do určité míry tvarovat, avšak při hrubém materiálu nemusí být i přes veškerou snahu zajišťovatele otisk přenesen v celistvém stavu. Barva vosku se vyrábí v bílém a černém provedení pro zajištění dobrého kontrastu s práškem využitým pro sejmutí otisku. [5]

Průhledná krycí fólie	Průhledná krycí fólie
Vrstva želatiny	Sejmutý otisk
Vrstva želatiny	Vrstva želatiny
Papírový podklad	Papírový podklad

Obrázek 2: Grafický řez daktyloskopickou páskou s a s otiskem [vlastní]

Fotografická dokumentace – pokrok technologie fotoaparátů se v posledních desetiletích značný pokrok a není tak divu, že se metoda fotografické dokumentace vstoupila na poli kriminalistiky v značnou oblibu. V současnosti se jedná o nejčastěji volenou metodu zajištění daktyloskopické stopy. Velkou výhodou je, že může být provedeno tolik

fotografií, kolik jen paměť zařízení dovolí. Oproti daktyloskopické pásce je to vítaná změna, protože u ní je k dispozici jen jeden pokus. Další velkou předností je možnost fotografování v rozdílných světelných podmínkách. Ačkoliv lze tyto stopy evidovat dnes již jakýmkoliv průměrným fotoaparátům tak kriminalisté využívají speciální fotoaparáty. [5]

1.3 Trvanlivost otisku v čase

Trvanlivost otisku je závislá na podmínkách prostředí, v nichž se otisk nalézá. Otisk degraduje vlivem vlhkosti, slunečního záření a teploty, které je otisk vystaven. Velký vliv má také materiál, na kterém je otisk zanechán. Zde se však stárnutí může měnit s extrémními rozdíly. Některé materiály, které byly jen trochu vlhké, dokáží otisk během chvíle znehodnotit. Oproti této situaci jsou známy i případy stop, které zůstaly uchovány i několik let jen proto, že nosič otisku byl ponořen v kapalině. Nejstarší otisk, který se podařilo z předmětu sejmout, byl starý 42 let. Nejlepší výsledky pro zviditelnění otisků dosahují chemické metody, a to konkrétně na papírovém podkladu. Obecně lze ale říci, že přesnou trvanlivost otisku nelze přesně určit právě kvůli závislostem na příliš mnoha faktorech. [5]

Otisky se obecně vyznačují také vysokou citlivostí na UV světlo. Dle měření otisků, jejichž stáří bylo v rámci laboratorního měření jeden rok, bylo dokázáno, že otisk daleko rychleji degraduje za přítomnosti slunečního záření než v tmavých prostorách. [6]

1.4 Možné metody sejmутí otisku prstu

Pro vizualizaci zanechaných daktyloskopických stop mohou kriminalisté využít několik metod. Výběr použité metody přitom není libovolný. Pro správný výběr je třeba brát zřetel na přibližné stáří otisku, typ a stav materiálu, na kterém se otisk nachází. Výběr metody je pak založen na znalostech a zkušenostech přivolaného pracovníka policie.

1.4.1 Fyzikální metody

Základem pro využití fyzikálních metod pro vizualizaci otisků prstů je přilnavost nejrůznějších druhů prášků na zanechaný pozůstatek potu. Pot se pro tyto prášky chová lepkavě právě ve tvaru papilárních linií. [7]

Argentorát – Jedná se o často vyžívanou metodu možná i nejčastější pro skleněné a jiné hladké povrchy, není ovšem vhodná pro daktyloskopické stopy zanechané na papíru. Argentorát je označení pro jemně rozemletý hliníkový prášek, který je štětcem jemně

nanášen na zanechaný otisk. Otisk se pak projevuje stříbrně šedou barvou a je vhodné jej přenést na černou daktyloskopickou pásku, popřípadě také kvalitně vyfotografovat. [7]

Feromagnetický prášek – Prášek skládající se z jádra a obalu. Jádro tvoří permanentní magnet, jenž je obalen plastovou vrstvou. Tento druh prášku se využívá pro zkoumání otisků na papírovém podkladu, a to konkrétně v momentě, kdy je třeba nepoškodit nosič otisku. Mezi takové nosiče lze považovat bankovní papír či jiné cenné papíry a smlouvy. Tento druh prášku není nanášen klasickým štětcem, ale pomocí magnetické tyčinky, která po přiblížení k prášku vytvoří magneticky tvarovaný štětec. [7]

Tkanol – Pro zviditelnění daktyloskopické stopy zanechané na tkanině se v běžné praxi využívá směs škrobu s příměsí krystalického jódu. Tento prášek má hnědou až černou barvu a jeho aplikace probíhá tak, že se tkanina na místě předpokládaného zanechaného otisku posype. Následně se prášek z tkaniny odsype pryč a zůstane jen prášek, který se přilepil na zanechané tvary papilárních linií. Takto připravenou zviditelněnou stopu lze pak snadno sejmuti na daktyloskopickou pásku. Metoda je dobře aplikovatelná na materiály, jako jsou hedvábí, silon, popelín a obecně hladké tkaniny. [7]

1.4.2 Chemické metody

Při využití této metody se využívá chemické reakce mezi složkou nalézající se v potu a aplikovanou chemikálií. Touto reakcí vzniká barevná sloučenina ve tvaru papilárních linií, které byly na zkoumaném objektu zanechány. Tento druh zkoumání se využívá často v případech, kdy jsou otisky zanechány na papírovém podkladu. [7]

Ninhydrin – Jedná se o krystalickou látku, která je velmi dobře rozpustná ve vodě i etanolu. V případě využití pro vizualizaci otisku prstu se využívá právě jako sprejem nanášený roztok. Jedná se bohužel o velmi pomalou metodu, přičemž o rychlosti zviditelnění otisku rozhoduje koncentrace aminokyselin v potu jedince. Jelikož tato koncentrace může být různá, doba zviditelnění trvá většinou od jednoho do tří dnů. V některých případech však může zviditelnění zabrat i pár týdnů. Tento proces lze urychlit ohříváním nosného materiálu do teploty do sta stupňů. Při využívání zahřívání je však nutno brát v potaz zhoršenou kvalitu zviditelněného otisku. Po úspěšném zviditelnění se otisk projevuje fialovou barvou ve tvaru papilárních linií. [7]

DFO – Tato zkratka je označení pro fluorescenční barvivo reagující opět na lidské aminokyseliny vylučované v lidském potu. Využití je vhodné také pro papír a celkové pro porézní povrchy. Oproti ninhydrinu lze předpokládat detailnější výsledek, avšak s větším důrazem na stáří daktyloskopické stopy. Tato metoda je aplikovatelná na stopy staré

maximálně šest měsíců, což je oproti časovým možnostem ninhydrinu krátká doba, jelikož ten dokáže zviditelnit stopy staré i dvacet let. Co se týče použití, nabízí se dvě metody. První metoda je stejná jako u ninhydrinu, a to postříkat nosič otisku. Zde je důležité plné nasycení nosiče chemickou látkou. Druhou možností je ponoření nosiče přímo do misky s dostatečným množstvím chemikálie a po chvíli pinzetou vyjmout a nechat odkapat. Zviditelňování otisků probíhá nejlépe v tepelné komoře, kde teplota dosahuje 100 °C, a to po dobu 20 až 30 minut. Zviditelňování nejlépe probíhá za využití světla o vlnové délce 450nm či 520nm. Otisk se pak jeví oranžově a nejsilněji právě při vysoké teplotě a postupně se ztrácejí. Pro opětovné zobrazení je třeba nosič znovu nahřát. [7,8]



Obrázek 3: Otisk prstu zobrazen metodou DFO [8]

Dusičnan stříbrný – Využívá se pro vyvolávání stop na papírových nosičích, ale může být využit i na skle. Využívá se roztok o 8-10 % dusičnanu stříbrného. Na rozdíl od předchozích metod nereaguje na aminokyseliny, ale na chloridy, které se nachází v substancích potu. Touto reakcí vzniká černá či šedá sraženina.[7]

1.4.3 Fyzikálně chemické metody

Podstata fungování fyzikálně chemické metody je kombinace přilnavosti použité látky na pozůstatek potu zanechaný předmětu. Chemická metoda se zde projevuje tak, že k přilnutí není použit prášek ale nějaká chemikálie. [7]

Výpary jódu – Metoda založena na sublimaci jódu z tuhého stavu na skupenství plynné. V kuželovité kádince připravený jód hrdlem ve vysoké intenzitě uniká ven. Přiložením nosiče stopy k nebo ideálně do hrdla láhve se začne jód usazovat na místech, kde utkvěl lidský pot. Začnou se tak vykreslovat tvary papilárních linií, a to žlutou barvou. Tato metoda však otisk nezviditelní permanentně a je třeba vizualizovaný otisk fotograficky

zdokumentovat Hmatatelný otisk lze uchovat využitím stříbrných destiček. Otisk se vyvolaný jódem se položí na rovný povrch a přitiskne se na něj stříbrná destička. Vystavením intenzitnímu světlu se otisk na destičku zafixuje. Otisk má pak načervenalou barvu. [7]

Výpary kyanoakrylátu – Označení pro viskózní lepidlo, které by se dalo přiřadit ke vteřinovým lepidlům. Své využití nalézá kyanoakrylát na téměř všech materiálech pod podmínkou, že mají nesavou plochu. Jeho velkou předností v kriminalistice je využití na zbraních a střelivu. Výhodou je, že je jedno, zda je otisk umístěn na kovové, dřevěné či plastové části. Za nevýhodu by se dalo označit velmi silná závislost na stávajícím zbytku vlhkosti v daktyloskopické stopě. K vyvolání stop v laboratořích se využívá speciálních komor, kde je kontrolována jak koncentrace kyanoakrylátu, ale také vlhkost a teplota prostředí. Metoda je ovšem aplikovatelná také přímo na místě činu, a to za využití kyanoakrylátové dýmící tyče. Nahříváním tyče se kyanoakrylát odpařuje a dochází tak ke zviditelňování otisků. [7,9]

1.4.4 Vizualizace viditelných i latentních otisků pomocí mikro rentgenu

Kromě již zmíněných konvenčních metod, kdy je jsou na zbylý lidský pot aplikovány nejrůznější prášky či chemikálie je možné otisky zviditelnit použitím XRF spektrometrů. Při použití této technologie by mělo být možno vizualizovat otisk s prakticky až s neomezeným stářím pod podmínkou, že nebudou setřeny nebo jinak překryty až dokonce znehodnoceny. Zkoumání je možné na základě emitovaného záření otisku, jehož energie je charakteristická dle v něm obsažených prvků. [10]

1.5 Moderní doba

V Prvopočátcích se spoléhalo u otisku prstů pouze jako na tvar prstu. Později se začalo hledat detailněji na papírní linii. Dnešní doba však nabízí širší možnosti pohledu na svět než jen lidským okem. Moderní technologie dokáží pomocí otisku prstu o člověku vypovědět mnohem více. Rovněž se také zlepšila dostupnost registrů již vytvořených otisků.

1.5.1 Centrální databáze

Cestování po světě je v moderním světě většinou dostupné a hlavně rychlé. Pachatelé trestných činů mohou snadno měnit místo svého pobytu, aby lépe zakryli svou kriminální minulost. Na rychlejší dobu se tedy musela adaptovat i kriminalistika.

Výhodou této doby je přenos velkých objemů informací v řádech sekund a není proto problém, aby si jednotlivé státy poskytovali údaje ze svých databází. Pro jednotlivé výměny je však složitější administrativa, a proto se alespoň v rámci kontinentů vyvíjí snaha o centrální registry. [11]

V rámci Evropy se má již v blízké době uvést do provozu systém CIR (Common Identity Repository) který bude sdružovat tyto údaje nejen pro boj se zločinem, ale EU mají pomoc také se zvládnutím migrační krize. Databáze nebude obsahovat jen otisky prstů, ale také by měla obsahovat záznam o skenu obličeje. [11]

1.5.2 Pokrok v technologii

Firma Intelligent Fingerprinting dodává na trh produkt, který dokáže během chvíle vyhodnotit, zda člověk požil omamné látky. Při jejich užívání tělo vytváří metabolity, které se z pokožky vylučují formou potu právě na posledním článku prstu. Metabolity lze přiřadit ke konkrétním zdrojům omamné látky či také některých potravin. Touto metodou lze také vysledovat, zda dotyčný člověk je kuřák či zda pil v blízké době kávu. Pro trestní soudnictví jsou tyto produkty zatím využívány jen v USA.[12]

Tato technologie sice není aplikovatelná na zanechané otisky, avšak v případě pokroku této technologie by potenciálně šlo vytvářet profil osoby, která na místě činu byla. V principu by to znamenalo, že kromě otisku, který není v žádné databázi, by se daly získat alespoň nějaké profilové informace, jež by zúžily okruh lidí, které by stálo za snahu prověřit.

1.6 Rešerše prací zabývajících se daktyloskopií

Pro možnost rozšíření povědomí o daktyloskopii byla provedena rešerše několika knih či odborných článků, které by mohly pomoci nováčkovi v oboru, ale mohou se objevit i složitější tituly, jež by mohly vyžadovat hlubší znalost v oboru daktyloskopie.

1.6.1 Daktyloskopie. Cheiroskopie. Podoskopie. – Václav Nosek

Jako jedna ze starších českých knih připadá za zmínku kniha z roku 1947 od Václava Noska. Tato kniha se rozděluje do čtyř částí, z nichž první obsahuje obory daktyloskopii, podoskopii a cheiroskopii. Druhou část tvoří nauka o popisování, fotografování a taktice identifikace osob. Třetí etapou knihy je grafologie aneb zabývání se rukopisem a strojového písma. Poslední částí knihy se věnuje zkoumání předmětů, jako jsou třeba nástroje, které zločinci použili (v předválečné i poválečné éře si řada kasařů svoje nástroje specificky upravovala). Tento vědní obor je zván mechanoskopie. [13]

Kniha jako taková může vypadat zastarale, ovšem principy zde zmíněné jsou stále platné a v poválečné éře Československa tato kniha znamenala mnoho pro výuku kriminalistiky v poměrně širokém spektru vědomostí. [13]

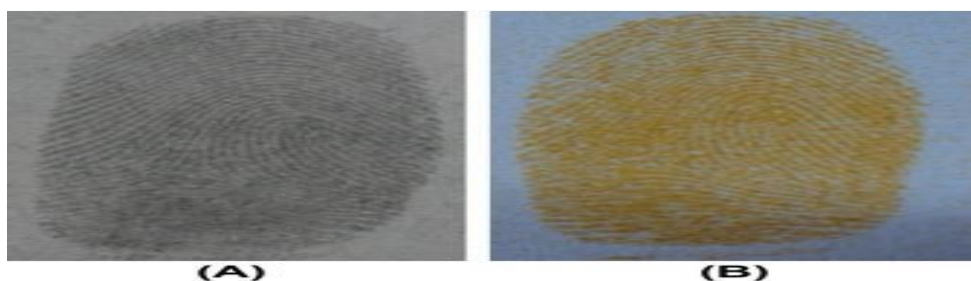
1.6.2 CITiES project: Otisky prstů – Hans Joachim Bader, Martin Rothwell

Zatímco ostatní publikace jsou spíše teoretickým a informačním čtením u tohoto výtisku se jedná o více praktickou a stručnou ukázkou. H. J. Bader a M. Rothwell se v rámci projektu Chemistry and Industry for Teachers in European Schools, jenž měl za úkol obecně zvětšit zájem mladých jedinců o studium chemie, vypracovali úkolové listy pro snímání otisků prstů. [14]

V úkolovém listu je podrobný návod, jak několika metodami sejmout otisky prstů za využití prostředků využívaných v běžné forenzní praxi. V dokumentu si lze přečíst informace, jak sejmou otisky prstů pomocí použití prášků, jódu, kyanoakrylátu, ninhydrinu a dusičnanu stříbrného. Všechny tyto postupy jsou nebo byly používány forenzními týmy policejních složek a lze je považovat za osvědčené. Dokument je pro výuku v České republice přeložen do češtiny. [14]

1.6.3 Článek ve Forensic Medicine Authority od Rakeshe K. Garga

Článek od indických autorů pojednává o nových možnostech získávání otisků prstů z nejrůznějších povrchů. Autoři se ve své práci zabývali novými metodami práškování v závislosti na povrchu, na kterém byl otisk zanechán. Na devíti površích testovali prášek z kurkumy (jinak řečeno indický šafrán, a to konkrétně jeho kořenová část). Jednalo by se tedy o levnou a snadno dostupnou surovinu pro výzkum a v případě využití metody by forenzní oddělení mohly za nákup materiálu ušetřit za rok větší sumu peněz. Další výhodou této metody je, že je netoxická a lze použít i na starší zanechané otisky. [15]



Obrázek 4: Porovnání černého prášku (A) s kurkumovým práškem (B) [15]

1.6.4 Automatizovaný systém identifikace otisků- Peter Komarinski

Zatímco předchozí publikace se zabývaly vizualizací a zachycení otisků prstů tak publikace od Petera Komarinskiho se na tuto problematiku dívá z více virtuálního pohledu. Otisky jsou uloženy jako elektronická data, s kterými pracují nejrůznější databáze od nejrůznějších tvůrců. Tato nejednotvárnost aplikací vedla autora k tomu, aby vypracovali přehled systémů, se kterými se mohou kriminalisté setkat. [16]

Autor se snažil vypracovat také přibližný postup, jak informace do konkrétních databází vkládat a jak s daty pracovat. V práci lze rovněž najít informace o úskalích jednotlivých softwarů a odpovědi na několik dalších otázek, které souvisí s automatickou identifikací otisků ve vyhodnocovacích systémech. [16]

1.6.5 Jak můžeme zvýšit spolehlivost identifikace pomocí otisků prstů

Publikace se zaměřila na hlavní myšlenku daktyloskopie, a to konkrétně na výpočty Francise Galtona. Jak již bylo řečeno, tento vědec podložil daktyloskopii matematickým výpočtem o počtu možných variant otisků prstů. Dle jeho výpočtů existuje 64 miliard možných kombinací tvarů papilárních linií. Autor se zde opírá o teorii, že na světě se v době vydání práce vyskytuje na naší planetě něco kolem šesti miliard lidí. Jeden člověk dokáže vytvořit až deset kombinací. Dnes je na světě sedm miliard lidí a hypoteticky lze říci, že pro stoprocentní jistotu musíme spoléhat na dva zanechané otisky, aby se zajistila nadstandardní spolehlivost. Autoři se rovněž zaměřili na v té době vznikající problém, jež byly propojování databází se záznamy o otiscích napříč různými organizacemi. [17]

2 LUMINISCENCE

Jedná se o fyzikální jev, se kterým se každý z nás setkává každý den, jen si to dost možná neuvědomuje. Stačí si ráno po probuzení uvařit čaj a stanete se svědkem tohoto jevu. Hrnek s čajem má větší teplotu, než má teplota okolí a začne tak probíhat tepelná výměna. Teplota se s okolím vyměňuje pomocí elektromagnetických vln. Tento proces probíhá v spektru barev, které lidské oko není schopno zachytit, avšak lze pozorovat pomocí termokamer. Pro lepší představu lze uvést jako příklad rozžhavenou železnou tyč. Pokud je teplota tyče dostatečná, železo se rozzáří a lze tedy pozorovat záři. Tento způsob rozžhavení materiálu je dodnes asi nejčastějším zdrojem umělého světla. [18]

Principem tohoto jevu je absorpce energie jakoukoli formou. Následně dokáže látka část této energie opět využít k vyzáření elektromagnetického záření. Toto záření je ve viditelném spektru nebo se pohybuje v jeho těsné blízkosti. Lze říci, že jev má dvě stádia. Při prvním stádiu se musí excitovat elektrony do vyšších stavů. Tímto dochází k absorpci excitované energie v látce a její následné transformaci. Následně dojde k emisi fotonu, a to se projeví jako světelné zazáření. Tyto dva stavy mohou trvat velice dlouho, luminiscence tak může dohasínat i pár hodin poté co skončí excitace elektronů v látce. Jednotlivé zdroje světla budou rozebrány v následujících kapitolách.[19]

2.1 Inkandescence

Jedná se o využití materiálů, které mají vysokou teplotu tavení jako je kupříkladu wolfram v žárovce. Pro vyvolání emise fotonu se využívá průchodu elektrického proudu tenkým vláknem, což vyvolává tepelnou zátěž vodiče. Vodivé vlákno se rozžhaví a vzniká tak tepelné záření, které využije až 90 % příkonu energie do žárovky. Využitelnost na viditelné světlo je tedy jen zanedbatelná část vložené energie. Tento způsob je sice asi stále jeden z nejčastějších, avšak v posledních asi dvaceti letech dochází k jeho ústupu. Je rovněž důležité nezaměňovat tento pojem s elektroluminiscencí. [18]

2.2 Elektroluminiscence

Jedná se o rostoucí trend v průmyslu osvětlení pomocí elektrické energie. Právě tato metoda postupně vytlačí klasické žárovky jednak z důvodů úspory energie, ale také v rámci životnosti svítidla. Důležitý rozdíl oproti inkandescenci je fakt, že světlo vzniká jako primární produkt. Je tedy využita drtivá většina příkonu. Tato metoda lze rozdělit na dvě principiální složky.[18]

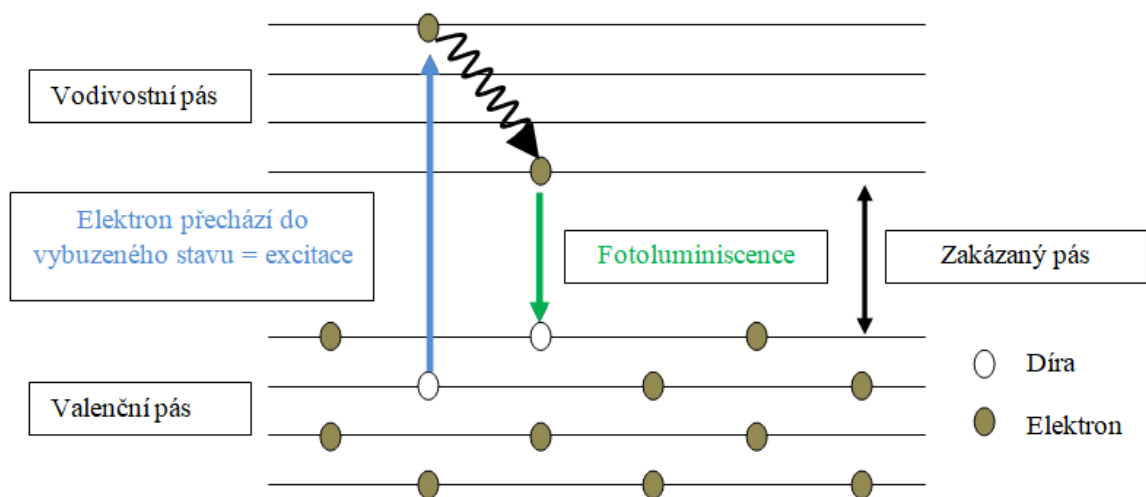
2.2.1 Elektroluminiscence ve vysokých polích

Tento fyzikální princip našel uplatnění v zářivkových trubiciích. Trubice je potažena tenkou vrstvou luminoforu a na obě strany jsou upevněny vodivé kontakty. Luminofor s těmito dvěma kontakty vytváří vlastně kondenzátor, což umožňuje průchod elektrického proudu i za porušení tvrzení, že luminiscenční látky by měly být nevodivé. Název může zavádět k myšlence vyšší energetické náročnosti, avšak opak je pravdou. Vrstva luminoforu (d) je velmi tenká, řádově několik mikrometrů. Po dosažení do vzorce elektrického pole ($E=U/d$) výsledek se pohybuje kolem 10 000 V/cm což určitě lze považovat za vysoké pole.

Toto vysoké pole je zapotřebí aby došlo k uvolnění elektronů ze zdeformovaných krystalických mřížek. Tímto získají vysokou energii a dosáhnou tak excitovaného stavu. [18]

2.2.2 Injekční elektroluminiscence

I když tato osvětlovací metoda je mladší než elektroluminiscence ve vysokých polích tak lze říci, že je asi momentálně nejpoužívanější metodou v osvětlování. Tento princip je zastoupen v LED diodách, které se využívají právě jako osvětlovací prostředky, indikátory a notifikátory. [18]



Obrázek 5: Energetické pásové schéma elektronů v polovodiči nebo izolátoru [19]

Základem tohoto druhu luminiscence je polovodičový p-n přechod. Luminiscence zde vzniká rekombinací elektronů ve vodivostním pásmu a dírou ve valenčním pásu. Právě díky tomuto „vsouvání“ elektronu do díry je metoda pojmenována injekční. Energie této přeměny se pak projeví jako foton. [19]

Aby k tomuto jevu docházelo tak se využívá konstrukční metoda s využitím dvou p-n přechodů, od každého druhu jeden. Jeden z přechodů musí mít mnoho volných elektronů, a naopak druhý musí mít zase mnoho volných děr. Následným přivedení elektrického proudu vznikne promíchání, což umožní vznik rekombinace a posléze tak vzniká luminiscenční záření. [18]

Dnešní doba nabízí výrobu vysoce svítivých diod, které pro své účinky musí mít o něco složitější konstrukci. Tato technologie se snaží docílit, aby elektrony a díry přešly do oblasti rekombinace bez ztrát, což zvýší počet vyzářených fotonů. Rovněž je také složité, aby se foton dostal z krystalu ven a nebyl zpětně pohlcen. K výrobě takto konstrukčně vylepšených LED diod se využívá heterostruktur. Tato technologie kombinuje dva či více různých polovodičů dohromady. Je však důležité, aby spojované polovodiče měly podobnou strukturu, krystalické mřížky. Do p-n přechodu je umístěna tenká vrstva polovodiče s jinou tloušťkou zakázaného pásma. Tato změna se bude chovat, jako žlábek, kam se elektrony s dírami snadno dostanou a jsou tam nuceny se zářivě rekombinovat. Nepohlcení fotonu zajistí jeho menší energie než šířka zakázaného pásma okolního polovodiče, takže zde nemůže dojít k jeho absorpci.[19]

2.3 Fotoluminiscence

Vybuzení luminiscence je v tomto případě zapříčiněno ultrafialovým anebo i viditelným zářením. Je použitelná u látek s malou nebo střední koncentrací luminiscenčních center. Použití na látky s vysokými koncentracemi luminiscenčních center není příliš efektivní, protože zde dochází k buzení jen úzkých povrchových vrstev. [18]

K buzení fotoluminiscence se jako umělý zdroj využívají lasery, které jsou nastaveny na vhodnou vlnovou délku. Modré luminiscenční záření je vybuzeno vlivem dopadajícího ultrafialového světla. Přičemž vzniklé modré světlo má větší vlnovou délku než světlo ultrafialové. O tomto jevu pojednává Stokesův zákon, který říká, že vlnová délka fluorescenčního světla je větší vlnová délka excitačního světla.[20]

2.4 Chemiluminiscence

Metoda založena na přenosu chemické energie na luminiscenční centra, kde je následně tato energie vyzářena v podobě fotonů. Pojem Chemiluminiscence je souhrnný název pro reakce aniontů s kationty či za rozpadu hydroperoxidu tetralinu s přítomností porfyrinů.

Co se týče konkrétních nejsilnějších chemických reakcí, tak k těm patří luminiscence luminolu a lucigeninu. Konkrétně o luminalu lze říci, že jeho oxidace je provázána velmi

silnou luminiscencí, jež jde ještě zesílit, a to konkrétně až třikrát. K tomuto procesu je třeba náhrada benzenového jádra za jádro naftalenové. [18]

V kriminalistické praxi se chemiluminiscence využívá pro zviditelňování krvavých stop. Látka, jež se k těmto účelům využívá je opět luminol. Smícháním luminolu s vhodným oxidačním činidlem vede k silnému modrému záření. Častou je za oxidační činidlo volen peroxid vodíku. Směs těchto dvou látek se pak rovnoměrně rozpráší po zkoumaném předmětu či místnosti, v které se předpokládá nález krvavé stopy. Stopa pak pod modrým světlem začne zářit. [20]

2.5 Bioluminiscence

Kam nemůže svítit slunce, tam si příroda poradí sama. Bioluminiscence je druh chemiluminiscence, kdy ovšem svítivá chemická reakce probíhá v živých organismech. Toto světlo se navíc považuje za studené, což znamená, že na teplo se přemění méně než 20 procent energie. Většina tvorů, kteří si světelné záření generují sami, se nachází v mořích a oceánech. Zde se jedná o nejrůznější ryby bakterie a plankton. Na souši lze nalézt některé houby nebo světlušky, avšak ve sladkovodních tocích se takovíto tvorové nevyskytují. Využití světelného záření je u živých organismů velice rozmanité. Jeden živočich ho může využít k nalákání kořisti a jiný na ochranu před predátorem, Některé druhy chobotnic je údajně používají k dorozumívání. [18]

Pro vyvolání luminiscence v živém organismu je zapotřebí chemická reakce dvou chemikálií, které jsou poměrně ojedinělé. Tou první (substrátem) je vždy látka zvaná luciferin kdy právě tato látka produkuje světlo a na základě uspořádání molekul luciferinu je určena vzniklá barva záření. Druhou látkou (katalyzátorem) je luciferáza nebo fotoprotein. Co se týče zdroje luciferinu, v přírodě se vyskytují dvě metody jeho získávání. První metodou jeho získávání je stav, kdy si ho živý organismus přímo sám vytváří (syntetizují jej). Tento jev je k vidění u některých druhů planktonu. V Los Angeles, kdy noční vlny modře září právě díky planktonu vyskytujícímu se v této oblasti. [18]



Obrázek 6: Luminiscence planktonu [21]

Druhou variantou je pak nesyntetizující metoda získávání luciferinu. V tomto případě jsou živé organismy odkázány na získávání této látky z cizích zdrojů. Některé ryby pojídají jikry garnátů, jsou tedy odkázáni na získávání luciferinu z potravy. Chobotnice využívají jinou metodu, a to vzájemnou symbiózu s bioluminiscenční bakteriemi. Tyto bakterie přežívají v jejich orgánech produkujících světlo. [18,22]

2.6 Mechanoluminiscence

Vyvolání luminiscence u tohoto jevu je vyvolána mechanickým působením na pevnou látku. Jako příklady lze uvést řezání, broušení či i vícenásobné ohýbání kovů. Vyvolání luminiscence může dokázat i teplotní roztažnost kovů při rychlém nebo prudkém ochlazení materiálu. Mechanoluminiscence vstoupá společně s mechanickým namáháním předmětu, čímž vzniká jeho deformace. Dle toho, zda se předmět dokáže vrátit do původní podoby lze deformaci rozdělit na pružnou a plastickou deformaci. Dokud je deformace větší, než 16 % je původní tvar tělesa narušen a jedná se o plastickou deformaci. Právě zde má mechanoluminiscence velké využití v případě zkoumání deformačních procesů různých těles. [18]

2.7 Sonoluminiscence

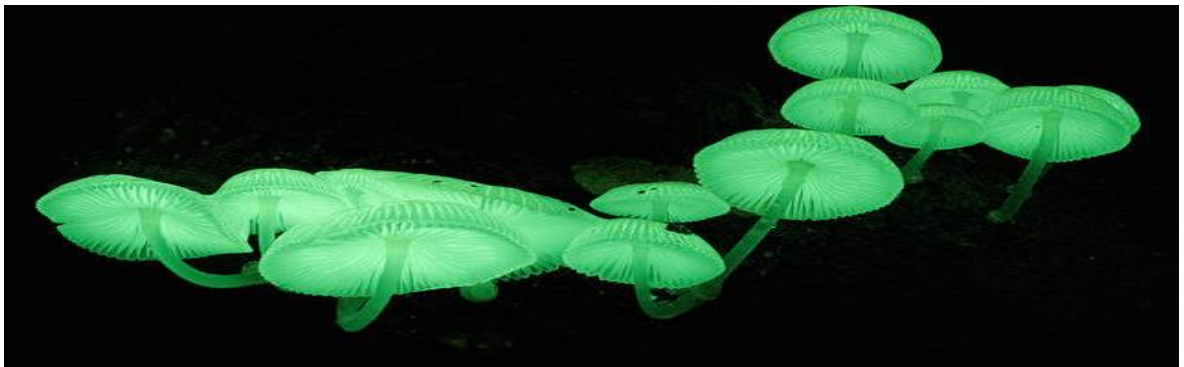
Vyvolání světelného jevu je v případě sonoluminiscence silná zvuková, popřípadě ultrazvuková vlna narážející na kapalinu. Následkem tohoto kontaktu začne kapalina zářit. Vyvolané záření je zapříčiněno rozdílnou stlačitelností vzduchu a kapaliny. V kapalinách se nalézají mikroskopické bublinky, které jsou citlivé na změnu okolního tlaku zapříčiněno nárazem zvukové vlny na vodní hladinu. Bublinky se při zvýšení okolního tlaku zmenšují a v případě snížení okolního tlaku expandují. Ačkoliv je zdrojem vyvolání zvuk, jedná se o záření tepelného původu, jelikož vlivem prudkého stlačení se bublinka zahřeje a dojde tak k emisi tepelného záření. [20]

2.8 Radioluminiscence

Záření je zapříčiněno vlivem radioaktivního rozpadu. Po dopadu záření α , β či γ se na luminiscenční látku začnou projevovat luminiscenční záblesky. Takto vyvolaný světelný jev se jmenuje scintilace. Všechny uvedené typy uvedeného radioaktivního záření mají velkou energii a pronikavost. Z těchto důvodů je každá scintilace tvořena velkým množstvím fotonů viditelného záření. [20]

2.9 Zabarvení světla

Jak již bylo naznačeno, výsledná barva záření závisí na uspořádání molekul luciferinu. Evoluce toto uspořádání molekul přizpůsobila přesně jeho potřebám k přežití a zachování tak svého druhu. Tvorové a organismy žijící v hlubinách kupříkladu nemohou opticky zpozorovat záření v červeném, žlutém či fialovém spektru a bylo by tedy k ničemu, aby využívaly tyto škály barev. Pro hlubinné tvory je daleko užitečnější modrozelená barva spektra. Stejně spektrum barev vykazuje i většina suchozemských organismů s tím rozdílem, že se zde vyskytují i organismy, jež emitují světlo ve žluté barvě spektra. [22]



Obrázek 7: Druh luminiskující houby *Mycena chlorophanos* [23]

Nejznámějším organismem emitující žluté světlo jsou světlušky a pro modrozelené spektrum lze uvést několik hub z rodu hlivníků. Obecně lze také říci, že živé organismy většinou vypouští světlo v rozmezí jedné až do deseti sekund.

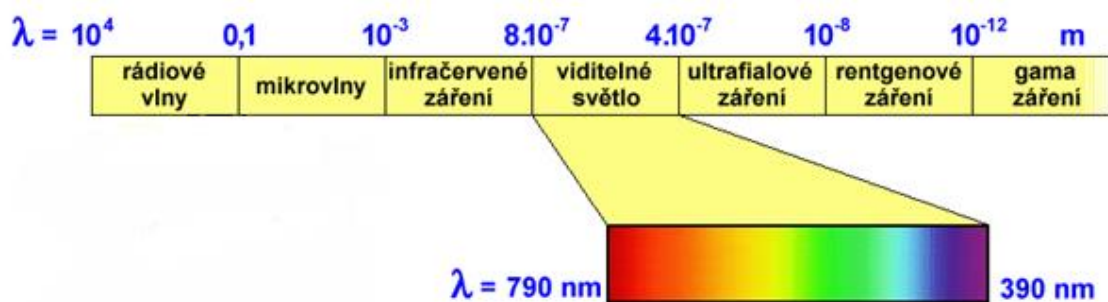
3 SPEKTROSKOPIE

Spektroskopií je myšlena analýza interakce mezi tělesem a libovolnou složkou elektromagnetického záření. Hodnoty spektroskopie jsou prezentovány jako spektra vyznačené do grafu. Zde se pak zobrazuje vlastnost vlnové délky v závislosti na intenzitě záření. Příkladem může být uvedeno využití absorpčních a emisních spekter. [24]

Optickými metodami zveme všechny metody měřící analýzy, které detekují elektromagnetické záření vlnových délek. Využívané vlnové délky se značí symbolem λ a jednotkou jsou nanometry (10^{-9} m). [25]

Základní principy optických metod vyplývají z vyhodnocení dat v určité fázi měření, přičemž paprsek nesoucí energii je generován laboratorním přístrojem. K tomuto buzení jsou nejčastěji volena xenonová lampa, která dokáže produkovat spojité světlo v rozmezí 250 – 700nm Paprsek vstupuje do jednoho nebo vícero prostředí, následně vystupuje, a je detekován detektorem, čímž dochází indikaci. Chování paprsku se může projevit jako absorpce, lom či odraz. Dle nastalé situace můžeme spektroskopii rozdělit na absorpční spektroskopii, emisní spektroskopii, polarimetrii a refraktometrii. [24, 26]

Při spektroskopických měřeních se signály záření projevují při určitých a charakteristických hodnotách kmitočtů. Soubor frekvencí, při kterých se zaznamenají dané signály, vytvářejí spektrum látek.[24]



Obrázek 8: Elektromagnetické spektrum [24; upravil Essender 2.6.2020]

Rozsah vlnových délek elektromagnetického záření využívaný při spektroskopických analytických metodách jsou specifikované jako důsledek interakce se zářením. Nejvyužívanější oblastí je ultrafialové záření, viditelné a infračervené záření označované jako optická spektroskopie.[25]

3.1 IR záření

Infračervené světelné záření objevil astronom William Herschel v roce 1800. Při zkoumání slunečního spektra pomocí světelného hranolu přikládal teploměr na úrovně jednotlivých barev. Největší tepelný nárůst zaznamenal na, a hlavně za úrovní červené barvy. Na základě tohoto experimentu usoudil, že za červenou oblastí existuje další člověku neviditelné spektrum, jehož účinky jsou však detekovatelné tepleným projevem. Na základě toho jej pojmenoval zářením tepleným. [27]

Infračervené záření je světlo či elektromagnetické záření o vlnové délce od 760nm až do zhruba 1 mm. Co se týče jeho vlnové délky, je delší než mikrovlnné záření a kratší než viditelné světlo. IR záření snadno prochází vzduchem, mlhou a také tenkými vrstvami kovů. Špatnou propustnost vykazuje zejména u skla, vody a teplených izolantů. [27]

3.1.1 Zdroje IR světla

Zdrojem tohoto záření mohou být všechna teplená tělesa. Toto záření vykazují také živé organismy a lidé nejsou výjimkou. Lidské oko toto spektrum barev ignoruje z důvodů, že je samo zdrojem tohoto záření. Ve výsledku by tedy mohlo dojít ke stavu, kdy by oko oslepilo samo sebe. Co se týče úmyslně vyvolatelných jevů lze jako zdroj uvést infražárovky nebo obloukové lampy. [27]

3.1.2 Viditelnost, účinky a využití IR světla

Co se viditelnosti tohoto záření týče, již bylo zmíněno, že člověk jej není schopen od přírody pozorovat. K jeho detekci nám slouží teplený vjem. IR světlo v místě dopadu vyvolá ohřátí tkáně, což může ve vysokých dávkách vést až ke spáleninám. Aby k tomuto stavu nedocházelo, mají v sobě živé organismy zakódovanou úhybnou reakci.[27]

Úplně jinou úroveň detekce tepleného záření vykazují dle dostupných informací zmijovití hadi. Ti mají na svém těle tzv. tepločivné jamky, přičemž každá detekuje IR v konkrétním směru. Jedná se o dokonalejší teplený detektor, než jaký dokáží lidé vyrobit. Jamky se skládají z velice citlivých termoreceptorů, přičemž každý má vlastní spojení s mozkem. Had pak přijímá informaci o tom, že se v konkrétním směru změnila teplota, a to v řádu tisíciny stupně. [27]



Obrázek 9: Tepločivné jamky u hada [28]

Lidé mohou pozorovat IR záření jen za pomoci technologie. Termokamery dokáží převést infračervené záření do barev, které je člověk schopen pozorovat. Tohoto převodu se dosahuje pomocí soustavy mikrobolometrů. Bolometr je elektronická součástka využívající ke své funkci reakci některých polovodičů na teplotu. Polovodiče dokáží s rostoucí teplotou zvyšovat svou rezistenci a na základě vyhodnoceného odporu se pak na displeji zobrazuje příslušná barva. Čím červenější barva tím je zobrazený předmět teplejší, fialový odstín naznačuje chladnější teplotu. [27]

Co se týče využití technologie pracující s IR zářením lze uvést již zmíněné termokamery. V dnešní době jsou velkými pomocníky při sledování tepelných úniků ze staveb. Cílem tohoto pozorování je najít konstrukční nedostatky a nemuset tak zbytečně investovat do vytápění nebo do oprav na místech kde to není potřeba. Z dřívějšího použití lze uvést kupříkladu na mobilních zařízeních využívaný infraport. Důležité bylo, aby zařízení byla k sobě navzájem přiblížena na vzdálenost asi 20 cm. Infraport sloužil jako možnost přenášení dat mezi zařízeními, než byl nahrazen rychlejším Bluetooth. Technologie IR se ovšem do mobilních zařízení vrací, avšak ne pro přenos souborů ale pro ovládání elektroniky. Dálkové ovladače využívají diody vysílající IR záření a pomocí vhodné aplikace lze z chytrého telefonu vytvořit virtuální dálkové ovládání.

3.2 UV záření

Ultrafialové záření bylo objeveno německým fyzikem Johannem Wilhelmem Ritterem, a to v roce 1801. Při jeho experimentu, kdy nechal dopadat světlo optickým hranolem, za který umístil na různá místa proužky papíru namočené v chloridu stříbrném, zpozoroval zčernání papíru právě za fialovou částí barevného spektra. Svůj objev pojmenoval deoxidačními paprsky a takto byly označovány až do konce 19. století, kdy získalo svůj současný název.[28]

Ultrafialové záření je elektromagnetické záření nebo světlo nalézající se na vlnové délce od 100nm až do 400nm. Ultrafialové záření má vlnovou délku delší, než je rentgenové záření, ale kratší než viditelné světlo. I když má ultrafialové světlo dostatek energie, aby rozbilo některé chemické vazby, není obvykle považované za formu ionizujícího záření. Energie absorbovaná molekulami může poskytnout aktivační energii na spuštění chemických reakcí a může způsobit, že některé materiály fluoreskují nebo fosforeskují. [28]

3.2.1 Zdroje UV záření

Přírodní zdroj, který tvoří asi deset procent světelného výkonu Slunce, je ultrafialové záření. Když sluneční světlo vstupuje do atmosféry Země, paprsky tvoří asi 50 % infračerveného záření, 40 % viditelného světla a 10 % právě ultrafialového záření. Atmosféra blokuje asi 77 % slunečního ultrafialového záření. Toto záření může být produkováno i umělými zdroji jako například: černými světly, rtuťovými výbojkami a lampami na opalování, tělesy zahřátými na vysokou teplotu, fluorescenčními a výbojkovými světelnými zdroji, různými svářecími, plazmovými hořáky a lasery. [29]

3.2.2 Viditelnost, účinky a využití UV světla

Většina lidí nevidí ultrafialové světlo. Čočka oka filtruje UVB a vyšší frekvence, většina lidí tak není schopna tato záření pozorovat. Nejcitlivější na UV záření jsou děti, postupným dospíváním se však barvocit na toto spektrum vytrácí. Člověk dokáže tyto přírodní nedostatky do určité míry obejít. Vedlejším produktem operace šedého zákalu může být, že lidé začnou pozorovat některé ultrafialové vlnové délky. Dle jejich specifikace se toto záření projevuje jako fialově bílá potažmo modro bílá barva.[29]

Mnohé druhy živočichů, jako je hmyz, ptáci ale i někteří savci, vidí blízké ultrafialové světlo. Ptáci mají skutečné UV vidění, protože mají čtvrtý barevný receptor na jeho vnímání. [29]

Co se týče použití tak v každodenním životě se střetáváme s různými typy použití ultrafialového záření. Může být klasifikované jako UVA, UVB a UVC, toto rozdělení je na základě jejich energie nebo dle vlnové délky. UV záření dopadající na Zemský povrch se skládá převážně z UVA a částečně UVB. Většina záření UVB a UVC absorbuje zemská atmosféra. Tímto zemským filtrem projde záření skládající se z až 98 % z UVA. Přibližně zbylé 2 % tvoří UVB které nebylo vyfiltrováno ozonovou vrstvou. Co se týče UVC záření to absorbuje ozonová vrstva kompletně, anebo do takové míry, které je velice zanedbatelné. [29]

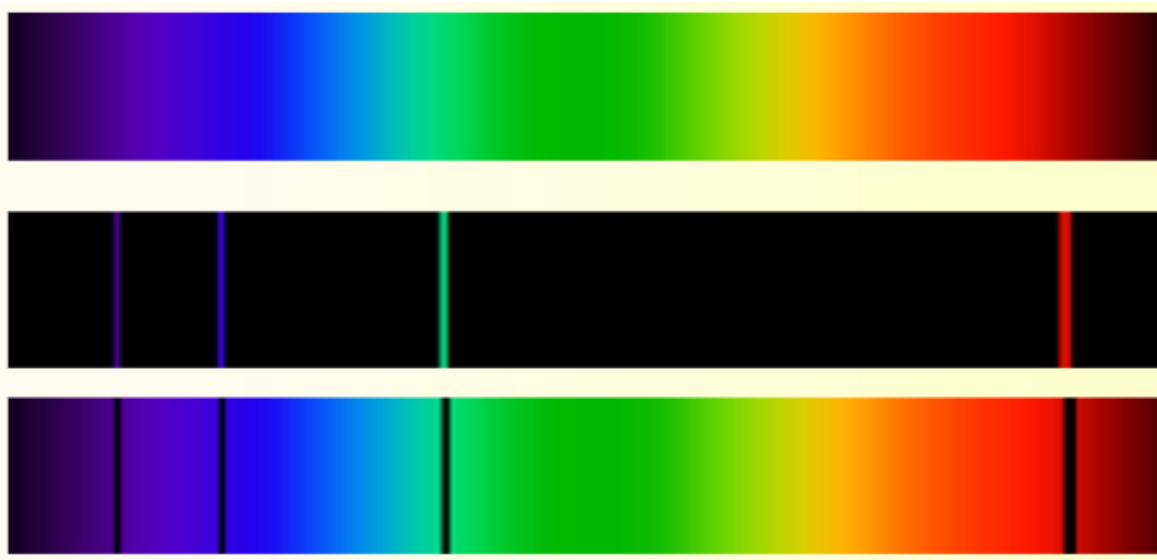
Existují některé faktory, které dokáží ovlivnit intenzitu ultrafialového záření, které dopadne až na zemský povrch. Kupříkladu čím je vyšší poloha slunce, tím je intenzita ultrafialového záření vyšší. Čím větší je vrstva ozonu v horní atmosféře, tím zase méně ultrafialového záření dosáhne Zemského povrchu. Taktéž je absorbované a rozptýlené mraky, deštěm a mlhou. Většina přírodních povrchů odráží UV záření, například čerstvý sníh výrazně odráží až 80 % UV záření. Ultrafialové záření je ovlivňováno i nadmořskou výškou, čím je vyšší, tím je i intenzita UV záření vyšší. [29]

Ultrafialové záření může spálit pokožku a způsobit rakovinu kůže. Ultrafialové záření UVC je nejnebezpečnějším typem ultrafialového záření z hlediska potenciálu poškození života na Zemi. Toto záření však nemůže proniknout přes ochrannou ozonovou vrstvu Země. Proto nepředstavuje ohrožení života lidí, zvířat nebo rostlin na Zemi. I když ultrafialové záření UVA je slabší než ultrafialové záření UVB, mohou oba druhy způsobit anamnézu spálení Sluncem a rakovinu kůže, protože tato záření pronikají skrz ozonovou vrstvu. I když ultrafialové světlo může poškodit zdraví, může také udržovat nebo zlepšovat zdraví. Když ultrafialové světlo zasáhne lidskou pokožku, spustí produkci vitamínu D, který podporuje růst kostí a zubů. [29]

UV záření má různé využití i v každodenním životě. UVC záření se používá při dezinfekci pitné vody a při sterilizaci přístrojů, jelikož vysokoenergetické UV záření ničí DNA bakterie a mikroorganismy. UVA záření používáme ke kontrole falešných bankovek. Originální bankovky mají fluorescenční bezpečnostní prvky, které jsou viditelné jen pod UV světlem. Taktéž má uplatnění při hubení škůdců, protože hmyz je přitahován k UV záření a následně zabit elektrickým proudem. Využití UVA anebo UVB záření bývá i při kalení inkoustů a nátěrů. Některé barvy a nátěry ztvrdnou, když jsou vystaveny UV záření. UV záření se také používá na lékařské účely, například na léčbu psoriázy, když UV záření potlačuje imunitní systém a snižuje zánětlivé reakce kůže. [29]

3.3 Luminiscenční spektroskopie

Pro luminiscenční spektroskopii je třeba rozložení zkoumaného záření do spekter. Vzhledem k tomu, že tento druh spekter je poměrně široký, není třeba nikterak přísné rozdělení. Požadavky na přístroje jsou kladeny hlavně na vysokou svítivost a citlivý detektor s účinným sběrným systémem dat luminiscenčního záření. Tento požadavek je na přístroje kladen, protože hladina světelného signálu je velice nízká. [19]



Obrázek 10: Spojité (nahore), absorpční (vprostřed) a emisní spektrum (dole) [30]

3.3.1 Absorpční spektra

Tato spektra určují, jaká část z celkového spektra dopadajícího záření je absorbována látkou. Je měřena poměrem mezi intenzitou záření, které látkou projde a intenzitou záření které na látku dopadá. Tvar absorpčního spektra luminoforu je vázán na vlastnosti krystalické mřížky, jejich děr a příměsí v mřížce. Díky těmto faktům je možno takto získat řadu informací o vnitřní struktuře luminoforu. [20]

3.3.2 Emisní spektra

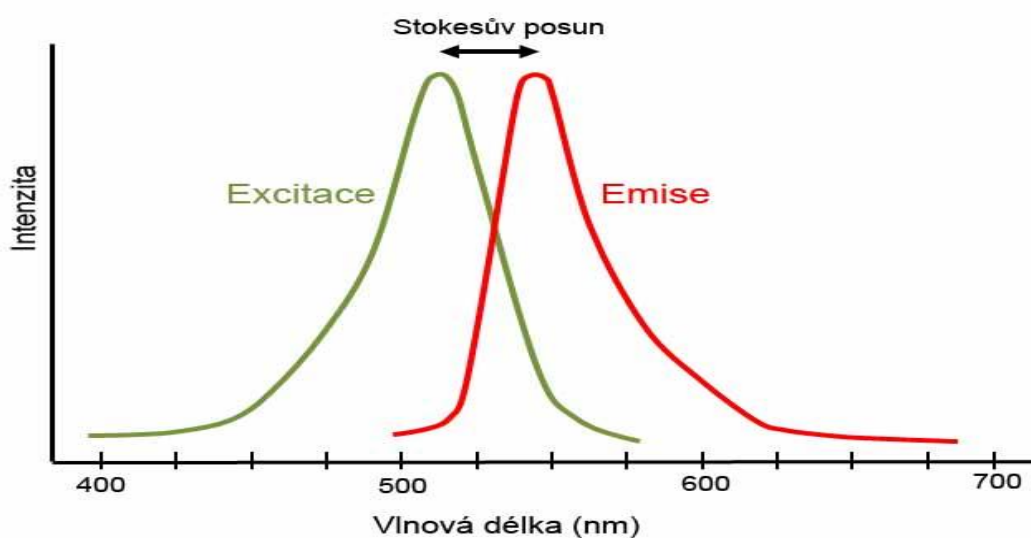
Jedná se o princip Stokesova pravidla, který pojednává o zákonu zachování energie v luminiscenčních jevech. U většiny luminoforů jsou emisní luminiscenční spektra tvořena širokými pásy. Tento jev je důsledek interakce krystalické mřížky luminoforu a luminiscenčních center. Druh luminoforu ovlivňuje tvar emisního spektra, to je ovšem ovlivněno také druhem aktivátoru a v případě kdy je aktivátorů více tak také na jejich vzájemném působení. Rozdíly ve spektrálním složení luminoforních emisí závisí na rozdílu pravděpodobnosti vybuzení různých luminiscenčních center. Intenzita záření pak závisí na počtu elektronů ve vodivém pásmu, dále také na počtu izolovaných luminiscenčních center a na poměru pravděpodobnosti zářivých a nezářivých přechodů. Co se týče emisí, zapříčiněných přímým buzením luminiscenčních center, závisí zde intenzita luminiscence na počtu vybuzených center, což přímo souvisí s intenzitou budícího záření.

Pro měření luminiscenčních spekter se v běžné praxi nejčastěji volí přístroj zvaný spektrofluorometr. Tyto přístroje slouží pro měření emisních a excitačních spekter. Emisní

spektrum je měření emisí na různých vlnových délkách, ovšem excitační vlnová délka zůstává po celou dobu měření konstantní. [26]

3.3.3 Excitační spektra

Excitační spektrum je závislost emisní intenzity luminiscence při konstantní emisní vlnové délce. Excitační vlnové délky zde dosahují různých hodnot. Na rozdíl od absorpčních spekter v sobě nemají zahrnutou absorpci, která sice nevede k luminiscenci, ale v různých částech spektra k ní přispívá. Rozdíl mezi naměřenými maximálními hodnotami emisního a excitačního spektra se nazývá Stokesův posun. [31]



Obrázek 11: Stokesův jev [31]

Stokesův posun nachází skvělé využití při biologických experimentech. V případě, kdy se Stokesův posun jeví jako velice malý, může být obtížné odlišit emitované světlo od toho excitovaného. [31]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 EXPERIMENT ODHADU STÁŘÍ OTISKŮ PRSTŮ NA VYBRANÝCH MATERIÁLECH PŘÍMÝM MĚŘENÍM

Praktická část diplomové práce se zabývá možností určení stáří otisku prstu pomocí luminiscenční spektroskopie. První zvolenou metodou bylo změřit luminiscenční spektroskopii úroveň oxidace zanechaného otisku přímo na jeho podkladu.

4.1 Použité laboratorní přístroje a pomůcky

Pro účely diplomové práce bylo třeba vybrat přístroj, který dokáže měřit luminiscenci do něj vložených látek. Přístroj tedy musí být schopen vzorek ozářit různou vlnovou délkou a následně tyto data vyhodnotit za pomoci příslušného PC softwaru.

4.1.1 SHIMADZU RF- 6000

Firma Shimadzu dodává na trh přístroj na měření fluorescence s nastavitelným rozsahem, avšak i s vysokou citlivostí. Dokáže detekovat chemilumiscenci, biolumiscenci a elektrolumiscenci. Velkou výhodou je možnost vytvoření si 3D mapy luminiscence daného vzorku jeho skenováním. Rychlost skenování dosahuje až 60 000nm/min s rozsahem vlnových délek od 200 do 900nm. Přístroj obsahuje lampu o výkonu 150, která je z xenonu a obstarává buzení luminiscence. Pro ovládání je k přístroji dodávám PC software LabSolution. Zde je možno nastavit si parametry měření zobrazovat si zde naměřená data jak samostatně, tak i s jinými daty v jednom grafu.



Obrázek 12: Laboratorní přístroj Shimadzu RF-6000

4.1.2 Nastavení měřicího přístroje

Na základě predešlých měření v laboratořích FAI proběhlo nastavení parametrů měřicího přístroje v ovládacím softwaru LabSolution. Jako excitační vlnová délka bylo nastaveno

280nm. Emisní spektrum bylo nastaveno od 300 do 500nm. Rychlost měření byla ponechána na výchozí hodnotě přístroje, která byla 6000nm za minutu. Toto nastavení bylo zachováno po celou dobu měření. Měření vzorku probíhalo každý čtvrtek v 16 hodin.

4.2 Měření přímou metodou

Jako objekty měření pro diplomovou práci byly vybrány materiály, které by neměly vykazovat silnou luminiscenci či ideálně neluminiskují vůbec. Obecně by tento fakt měl platit u kovů a plastu. Papír naopak luminiskuje hodně, a proto nebyl o měření zařazen.



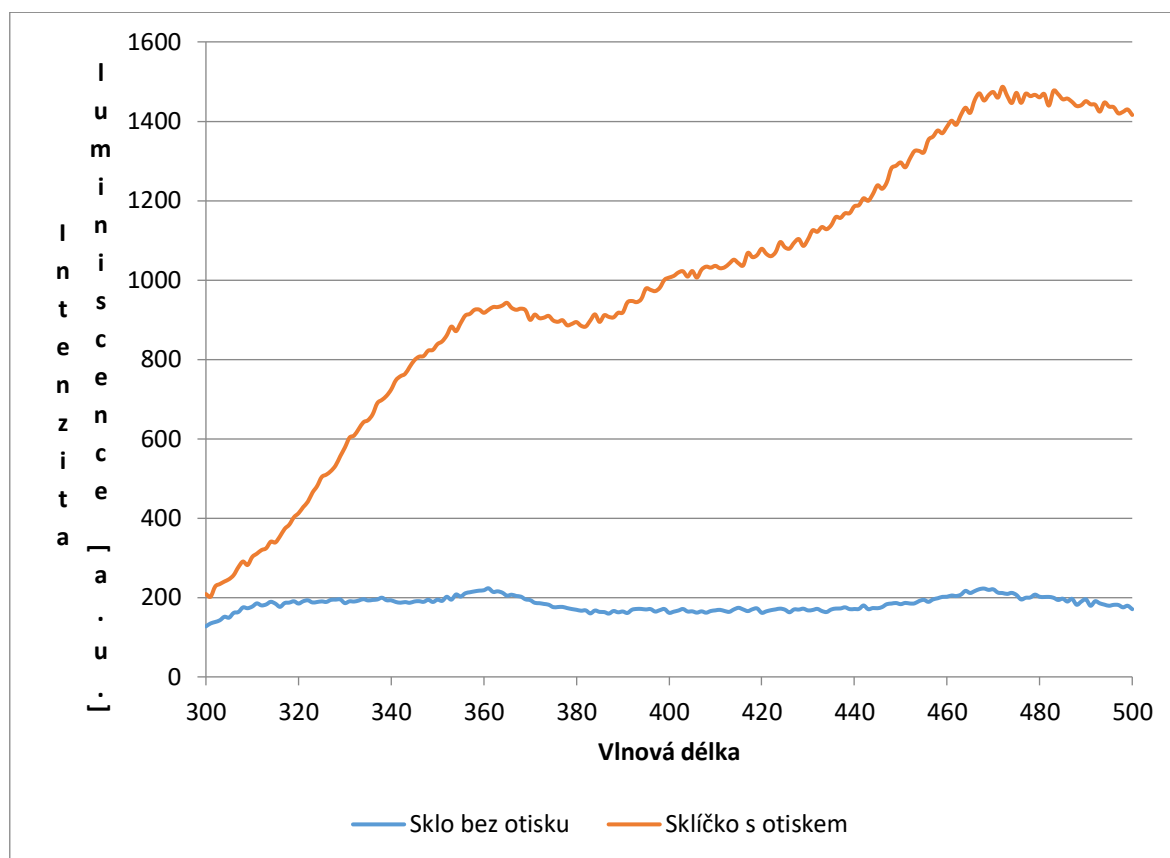
Obrázek 13: Měřicí komora přístroje a připravený materiál pro měření přímou metodou
Měření přímou metodou spočívalo v připravení laboratorních vzorků vhodných rozměrů. Před nanesením otisku byly materiály důkladně vyčištěny, aby nečistoty neznehodnotili výstupní data měření. Materiály byly vloženy do přístroje Shimadzu a zkoumány bez zanechaných otisků. Toto měření bylo provedeno, aby se zjistila luminiscence materiálu samotného. Po tomto měření se na materiál umístil otisk a měření proběhlo podruhé. Měření proběhlo vícekrát a následně byla vybrána střední hodnota dat.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

4.2.1 Zkoumání otisku na sklíčku

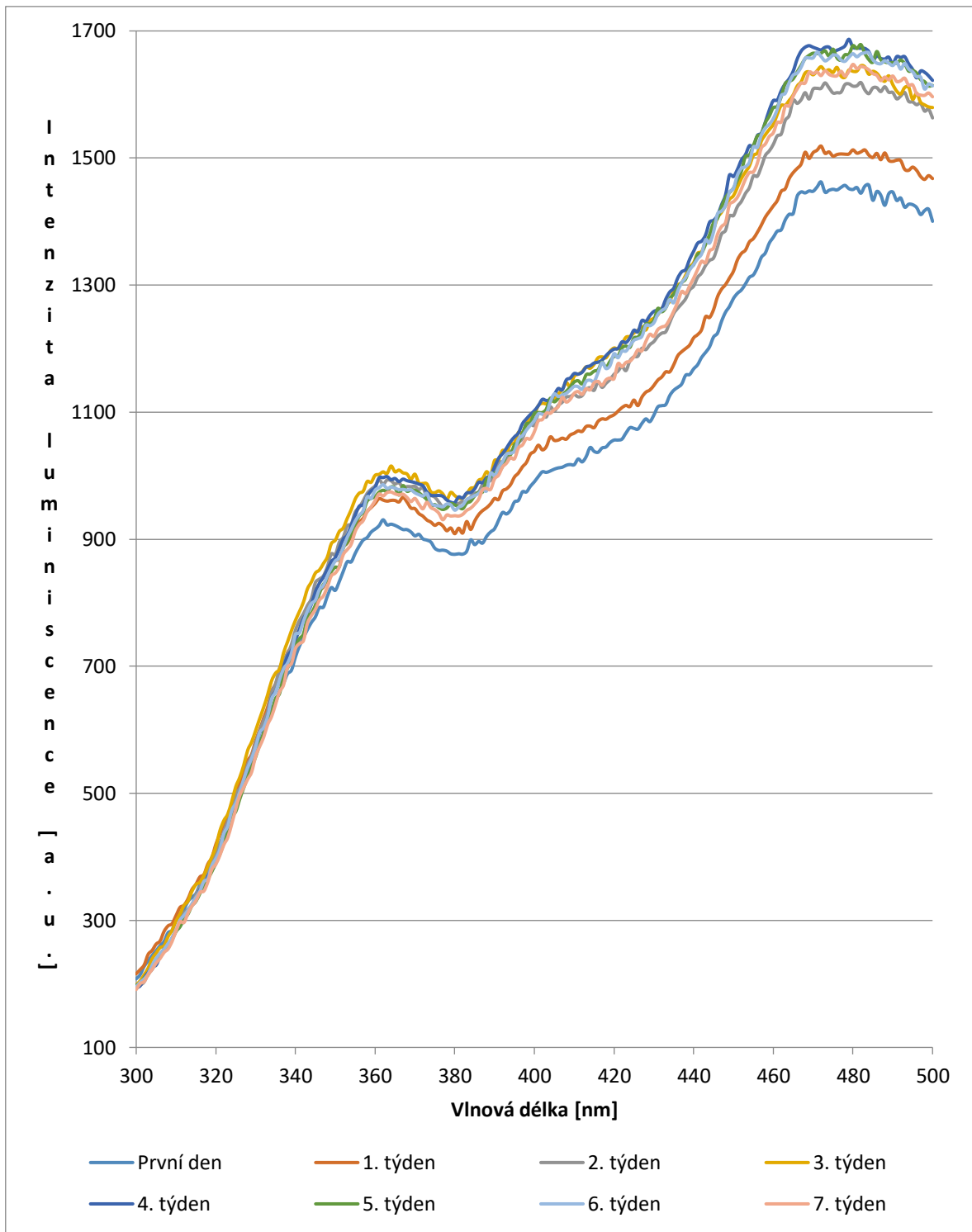
Pro laboratorní experiment měření přímou metodou bylo použito běžné laboratorní sklíčko. Po řádném vyčištění vzorku a pozadí přístroje a následném změření intenzity luminiscence se otisk jevil poměrně silně. Zároveň se jevil i poměrně stále co se týče intenzity.

Následné měření zanechaného otisku vykazovalo velmi odlišnou křivku. Místy silnější až o 1400 jednotek. Otisk byl následně vícekrát změřen a uchován v prostorách laboratoře pro měření v nadcházejících týdnech. Výsledky rozdílnosti obou křivek lze pozorovat v grafu č. 1.



Graf 1: Intenzita luminiscence skla bez a s otiskem

Tentýž otisk, jenž byl využit u prvního měření, byl následně využíván pro zkoumání jeho stárnutí. Po dobu sedmi týdnů byl otisk měřen v laboratoři každý čtvrtek ve čtyři hodiny odpoledne. Výsledky jednotlivých měření lze sledovat v grafu č. 2. Výsledky pak byly zpracovávány dvěma metodami.



Graf 2: Vývoj intenzity luminiscence otisku na skle

Jako první ve výzkumu byla využita metoda, která se zaměřuje na vlnové délky, na kterých se objevují nejvýraznější píky. Zde se jedná o vlnové délky 362nm a 470nm. Nutno ovšem upozornit na to, že nejvyšší hodnota píku se nemusí vždy nacházet na zkoumané vlnové délce, avšak se jí vždy těsně blíží. Metoda se zabývá procentuálním nárůstem intenzity

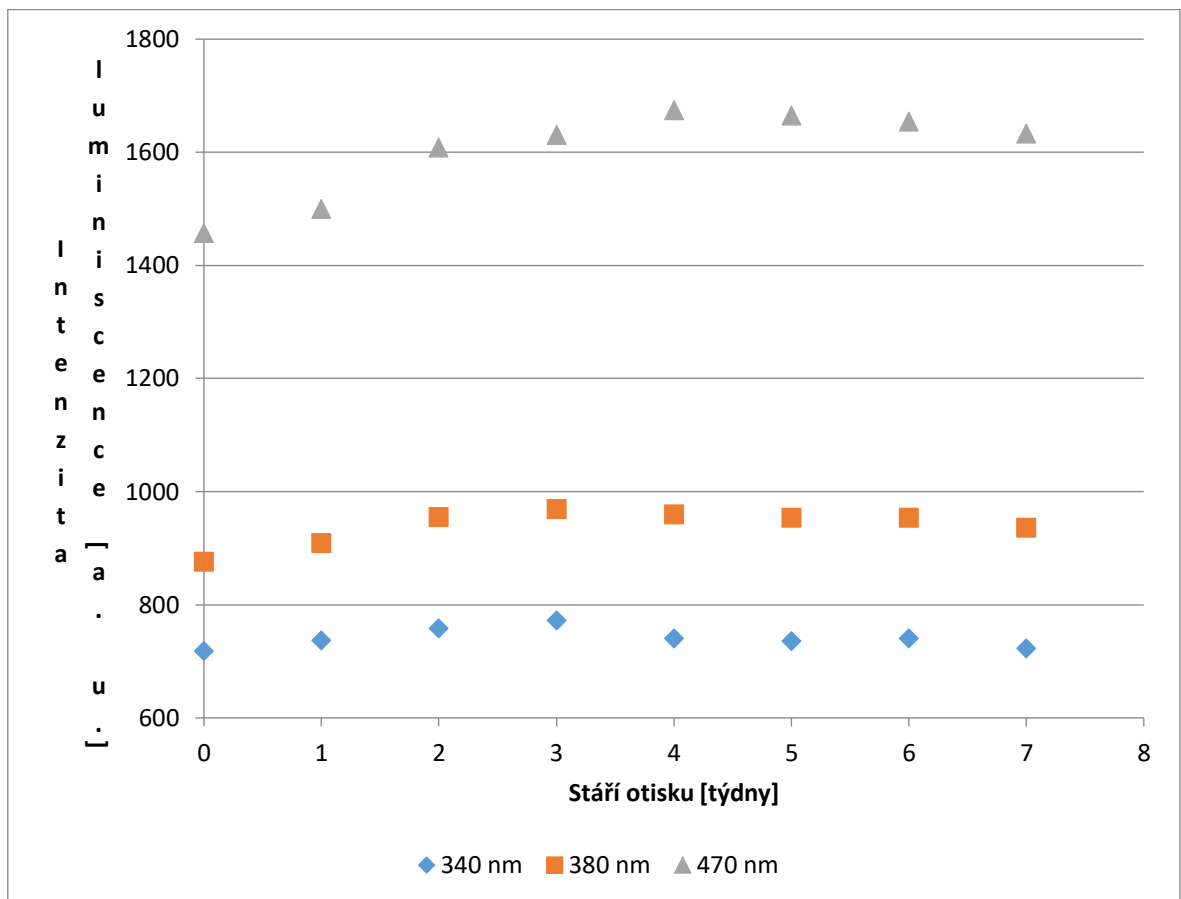
otisku v jednotlivých týdnech oproti intenzitě otisku, která byla naměřena první den. Výsledky této metody lze pozorovat v tabulce č. 1. Z tabulky vyplývá, že nárůst hodnot se u vlnové délky 362nm pohybuje od 3,3 do 8,1 %. O poznání větší je nárůst hodnot u vlnové délky 470nm. Zde intenzita otisku roste v rozmezí od 3,6 do 14,2%

Tabulka 1: Přehled intenzitních hodnot u vybraných vlnových délek a procentuální nárůst

Stáří otisku na skličku	Intenzita otisku při vlnové délce 362nm a procentuální nárůst od intenzity z prvního dne		Intenzita otisku při vlnové délce 470nm a procentuální nárůst od intenzity z prvního dne	
	1. den	931 a. u.		1458 a. u.
1. týden	962 a. u.	3,3%	1511 a. u.	3,6 %
2. týden	986 a. u.	6%	1608 a. u.	10,2%
3. týden	1006 a. u.	8,1%	1631 a. u.	11,8 %
4. týden	997 a. u.	7,1%	1674 a. u.	14%
5. týden	977 a. u.	4,9 %	1665 a. u.	14,2 %
6. týden	986 a. u.	5,9%	1655 a. u.	13,5 %
7. týden	967 a. u.	7,1%	1633 a. u.	12 %

S ohledem na fakt, že tato metoda může obsahovat systematickou chybu, bylo provedeno ještě další zkoumání, které by o vývoji intenzity stáří otisku prstu podalo lépe vypovídající data.

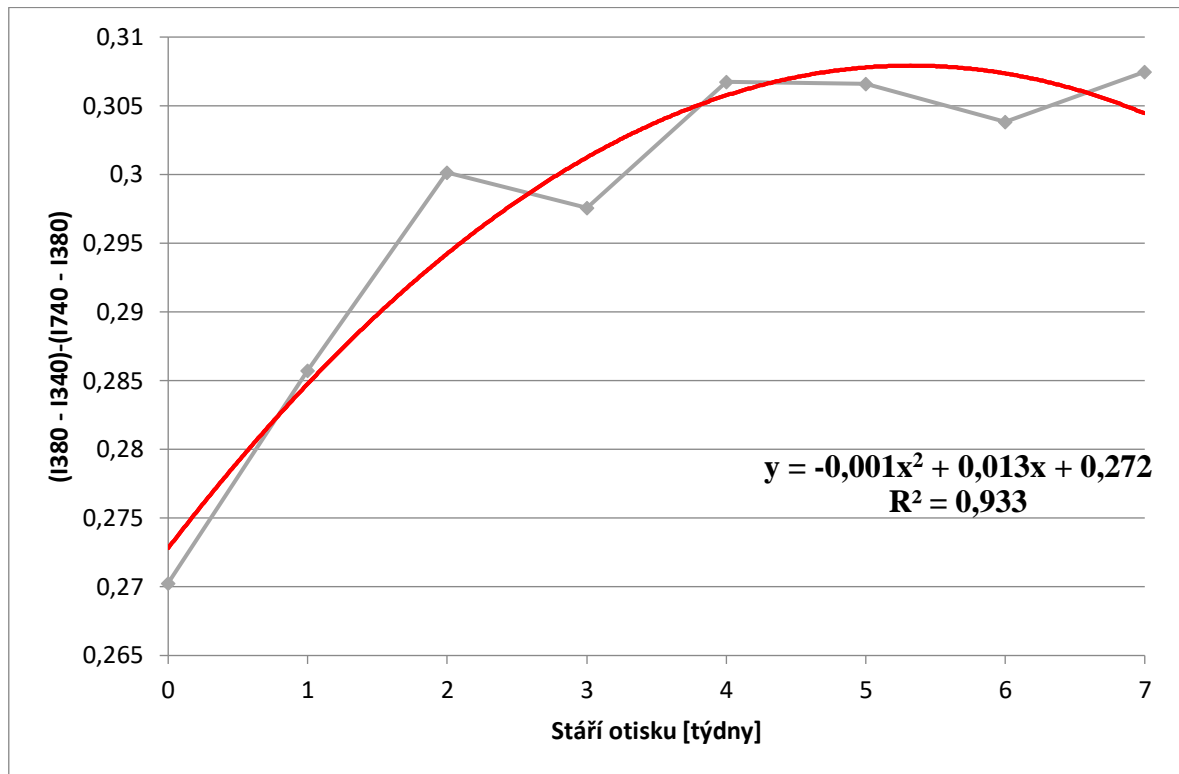
Pro vyhodnocení správného matematického modelu stárnutí otisku prstu byl využit článek z časopisu Jemná mechanika a optika. Zde byl navržen postup, který by měl eliminovat systematickou chybu měření. Metoda spočívá ve výběru třech vlnových délek a k nim připadající intenzity záření otisku. [32]



Graf 3: Závislost intenzity luminiscence na vybraných vlnových délkách

Konkrétně byly vybrány vlnové délky 340nm, 380nm a 470nm. Intenzita záření přiléhající k těmto vlnovým délkám je pak aplikována do doporučeného vzorce, který byl pro potřeby měření upraven $y = (I_{380} - I_{340}) / (I_{470} - I_{380})$. [32]

Po aplikaci dat do vzorce byl získán graf číslo 4. Šedá barva značí hodnoty, které vyšly po dosazení vzorce. Na těchto grafech pak byla založena spojnice trendu, z které byla vyvozena rovnice regrese $y = -0,001x^2 + 0,013x + 0272$. Hodnota spolehlivosti pak dosahuje hodnoty $R^2 = 0,933$



Graf 4: Závislost poměrů vybraných vlnových délek po dobu sedmi týdnů

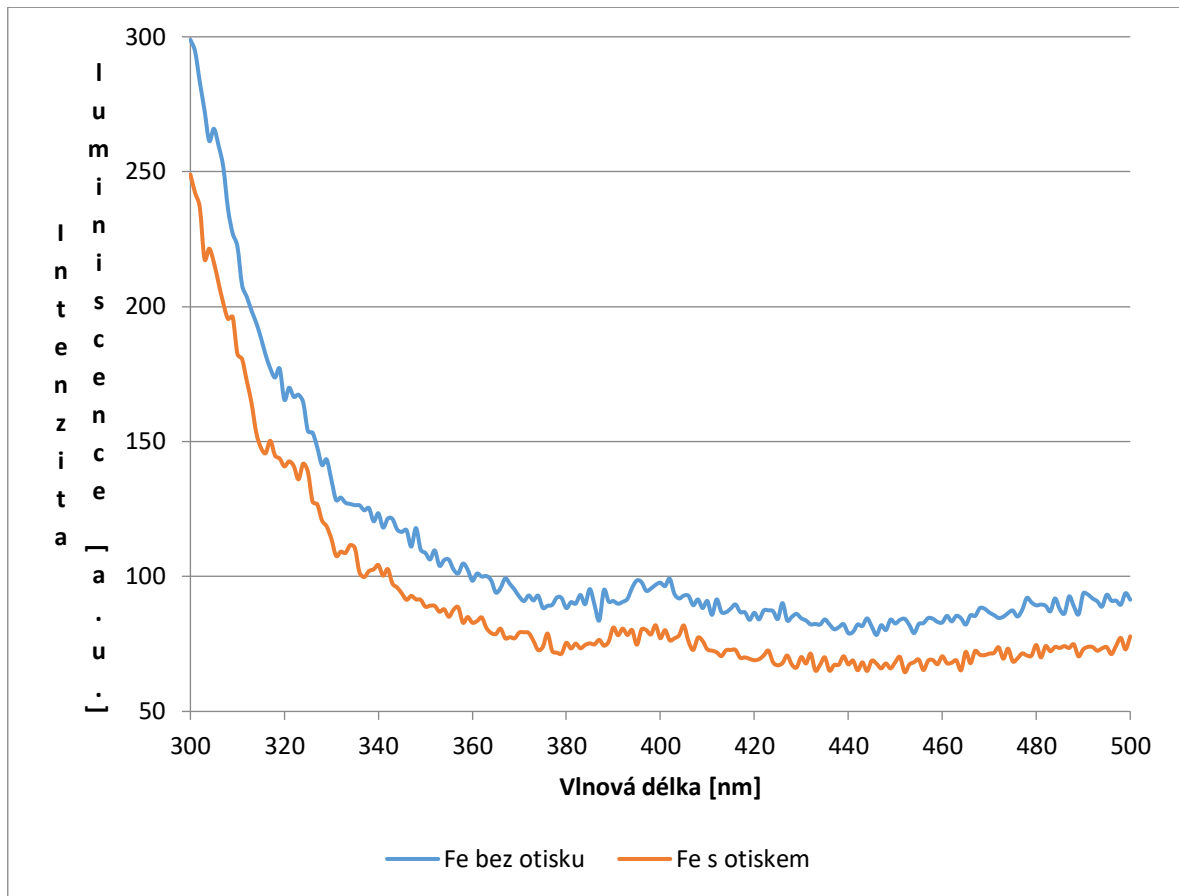
4.2.2 Zkoumání otisku na Fe plátku

Prvním objektem měření diplomové práce byl plátek železa. Důvodem zařazení do výzkumu je fakt, že se jedná o hojně využívaný materiál a fakt že oxidace může materiál zcela ničit. Lze tedy předpokládat častý výskyt otisku na tomto materiálu.

Prvotní měření bez otisku vykázalo velice slabou luminiscenci. Tento fakt naznačoval, že měření otisků by mělo být proveditelné. Na materiál byl následně zanechán otisk a proběhlo druhé měření. Bylo očekáváno, že bude naměřena křivka podobná té, která byla naměřena na sklíčku.

Druhé měření však nedopadlo dle očekávání. Křivka otisku je prakticky totožná s křivkou čistého kovu. Měření proběhlo opakovaně s důkladněji provedeným otiskem. Otisků bylo zanecháno vícero na celé ploše, která je podrobena měření. Tento postup měl zajistit, aby byla větší šance zaznamenání intenzity záření otisků prstů, a ne železného podkladu. Ani toto opakované měření nemělo nějak rozdílný výsledek. V grafu č. 5 lze pouze vyčíst, že

intenzita luminiscence železa vlivem zanechaného otisku spíše lehce slábne. Lze tedy prohlásit, že přímé měření stárnutí otisku prstu na železe není možné.



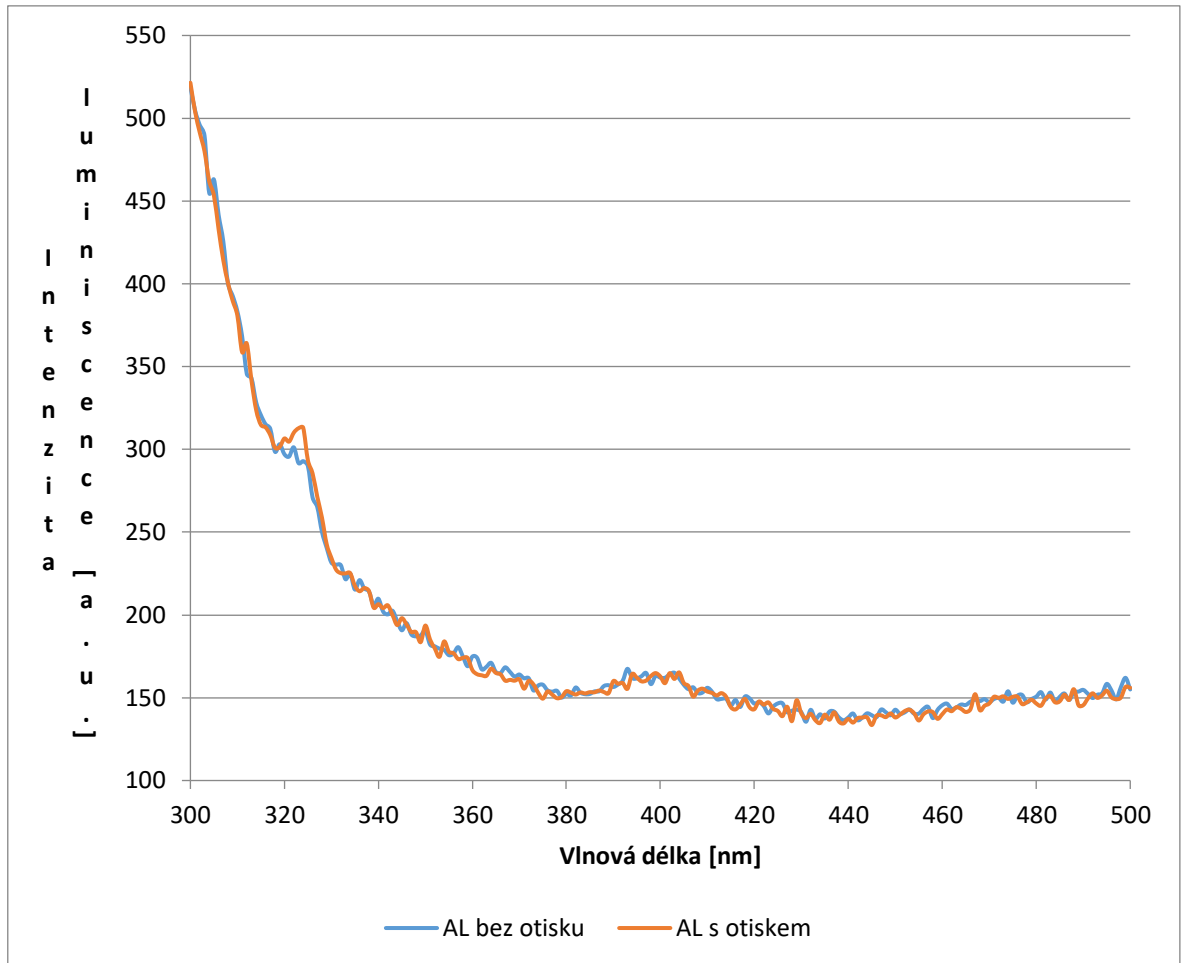
Graf 5: Intenzita luminiscence železa bez a s otiskem

4.2.3 Zkoumání otisku na Al plátku

Dalším zkoumaným materiálem byl hliník. Jedná se o velice lehký kov hojně využívaný ve stavebnictví, kovovýrobě a elektronice. Právě toto hojné využití a vyšší cena za materiál byla důvodem zařazení hliníku do výzkumu. Oxidace zde probíhá formou ochranné vrstvy, která zabraňuje zničení celého materiálu.

Prvotní měření ukázalo v jednom bodu silnější intenzitu záření, než má železo. Tento rozdíl je vidět u 300nm a jedná se o rozdíl zhruba 200 jednotek. Intenzita luminiscence, byla ovšem opět poměrně slabá což by naznačovalo možnost měření otisku přímou metodou.

Druhé měření se zanechaným otiskem však odhad opět vyvrátilo. Otisk se na výstupním grafu vůbec neprojevil a ani opakované měření nepřineslo odlišné výsledky. Hliník lze tedy považovat za další kov, na kterém není možno měřit stáří otisků přímou metodou. Výsledky měření jsou k nahlédnutí v grafu č. 6.

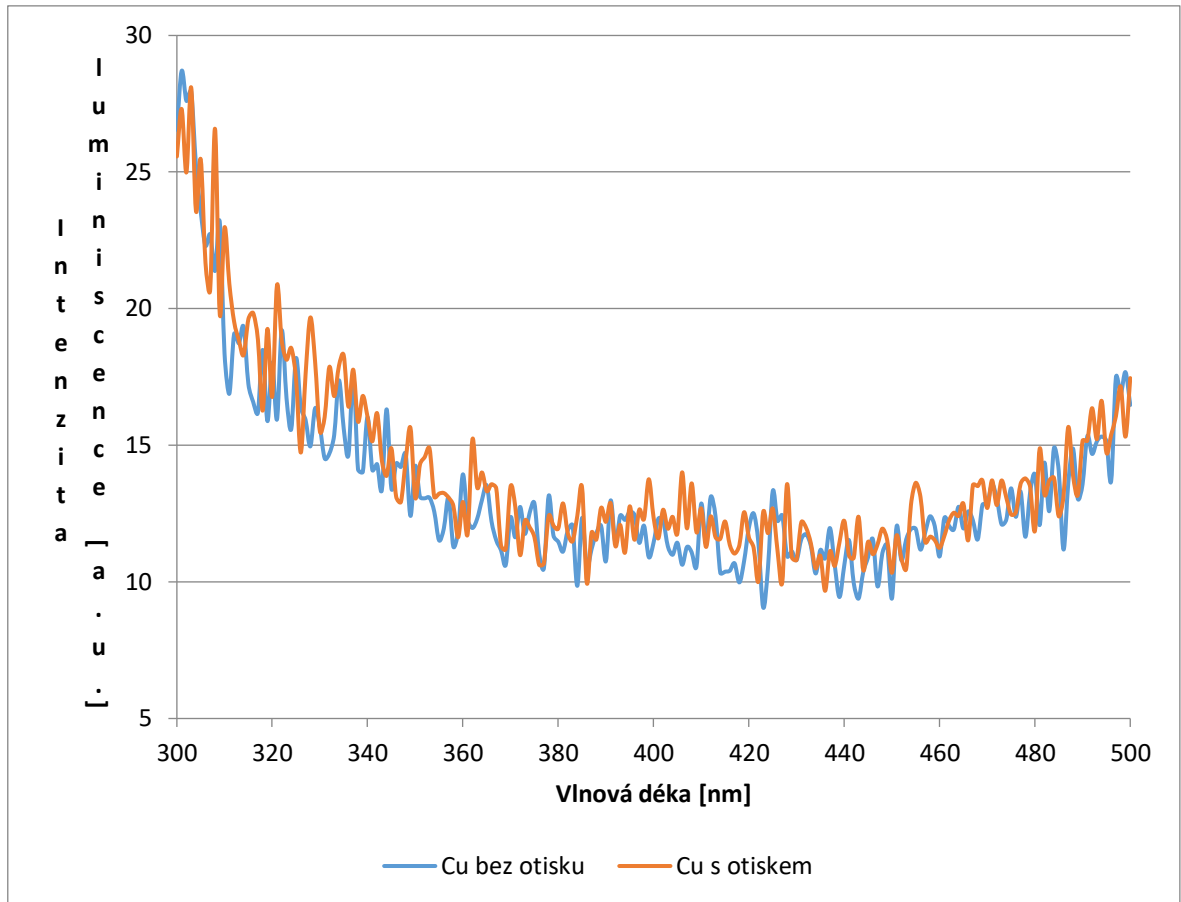


Graf 6: Intenzita luminiscence hliníku bez a s otiskem

4.2.4 Zkoumání otisku na Cu plátku

Měď byla vybrána do výzkumu zařazena pro svou vysokou cenu. Narazit na něj lze spíše ve stavebnictví a elektronice. První měření ukázala, že měď luminiscuje velice slabě o poznání méně než železo i hliník. Zde se jevila šance na úspěšné zkoumání stárnutí otisků prstů. Podobně jako hliník i měď si vytváří oxidací svou ochrannou vrstvu.

Po nanesení otisku a následném měření se však předpoklady opět nenaplnily výsledná křivka je prakticky totožná s křivkou čisté mědi. Shodný výsledek prokázala i opakovaná měření a měď se přidala na seznam dalších uvedených kovů, na kterém není možné provést měření přímou metodou. Výsledky se nacházejí v grafu č. 7.

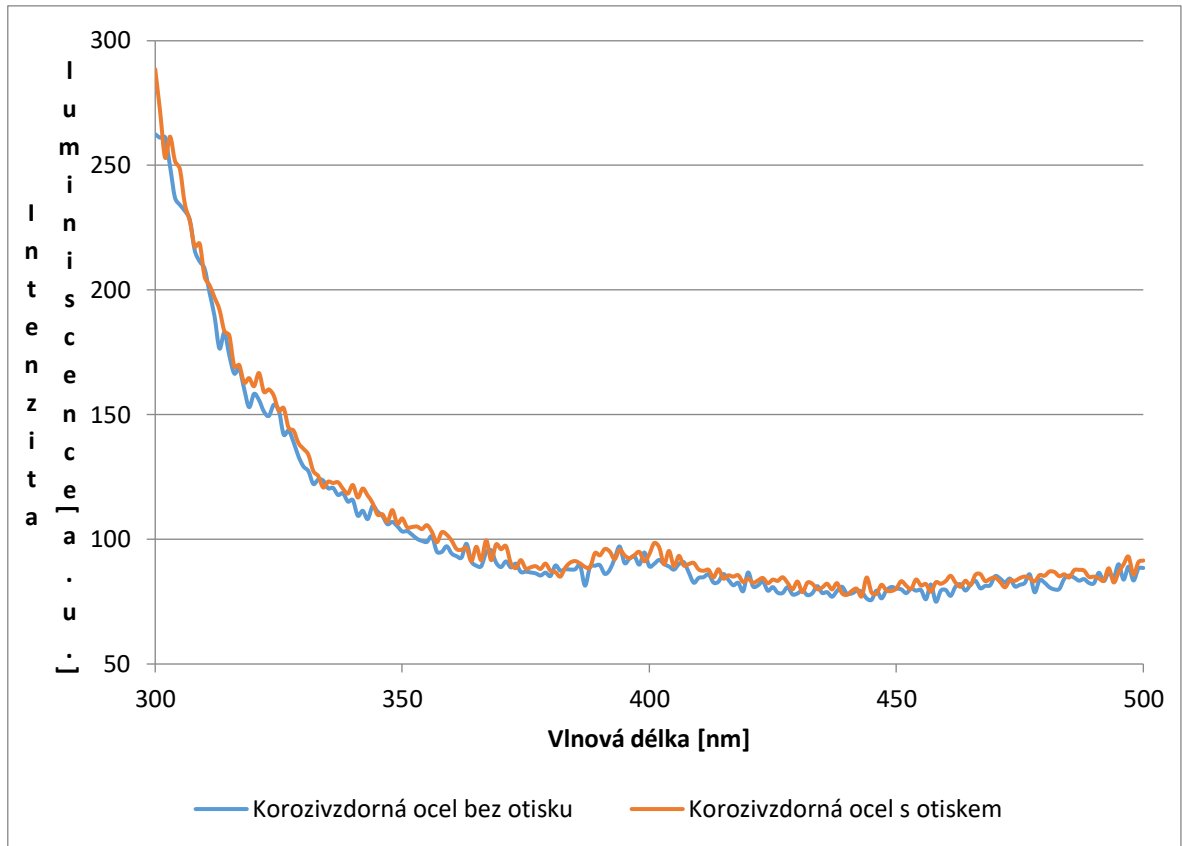


Graf 7: Intenzita luminiscence mědi bez a s otiskem

4.2.5 Zkoumání otisku na plátku korozivzdorné ocele

Po neúspěších na předchozích materiálech se naskytla myšlenka vyhnout se možnému znehodnocení výsledků koroze materiálu. Korozivzdorná ocel vykazuje silnou odolnost vůči oxidaci, a proto by mohlo být dle úvahy možné naměřit zde oxidaci otisku prstu.

Prvotní měření bez otisku ukázalo o něco silnější intenzitu luminiscence, než má železo. Po umístění otisku a následném dalším měření se ovšem opakovala stejná situace jako u předchozích kovů. Křivka intenzity luminiscence byla prakticky totožná s křivkou původní čisté korozivzdorné ocele. Výsledky lze pozorovat na grafu č. 8.

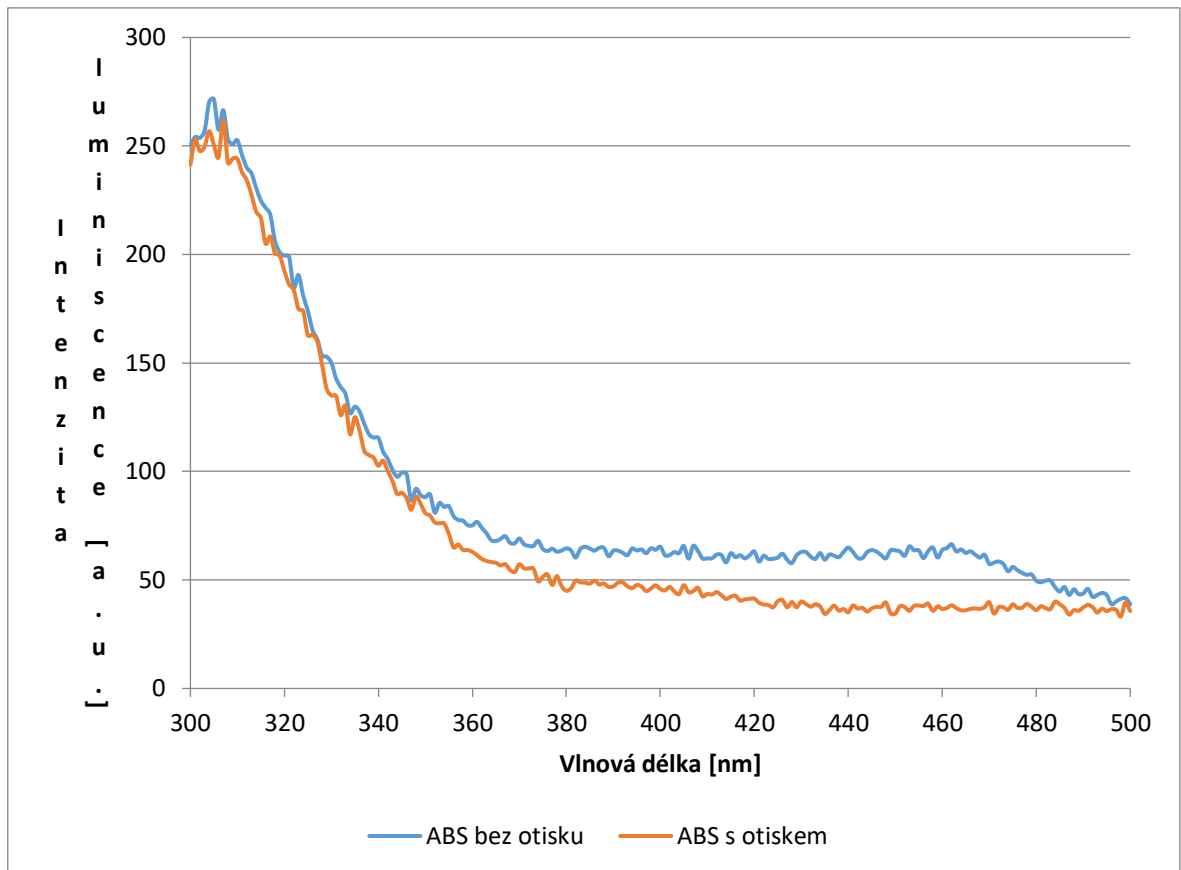


Graf 8: Intenzita luminescence na korozivzdorné oceli

4.2.6 Zkoumání otisku na plastu ABS

Po sérii experimentů s kovy bylo provedeno měření na vzorku lega. Lego se vyrábí z ABS plastů (Akrylonitrilbutadienstyrenu). Tento druh plastu v současnosti zažívá velký rozmach mimo jiné i kvůli trendu 3D tisku.

Vzorek plastu z prvopočátku měření vykazoval o něco silnější intenzitu luminescence než železo, avšak po chvíli se přiblížil spíše k mědi. Druhé měření se zanechaným otiskem se však chovalo stejně jako předešlé kovy. Nejvíce se graf podobal železu a to tím, že intenzita luminescence klesla v momentě, kdy na materiál byl umístěn otisk. Přímá metoda tedy není použitelná ani u plastů. V grafu č. 9 lze vidět zobrazení obou měření.

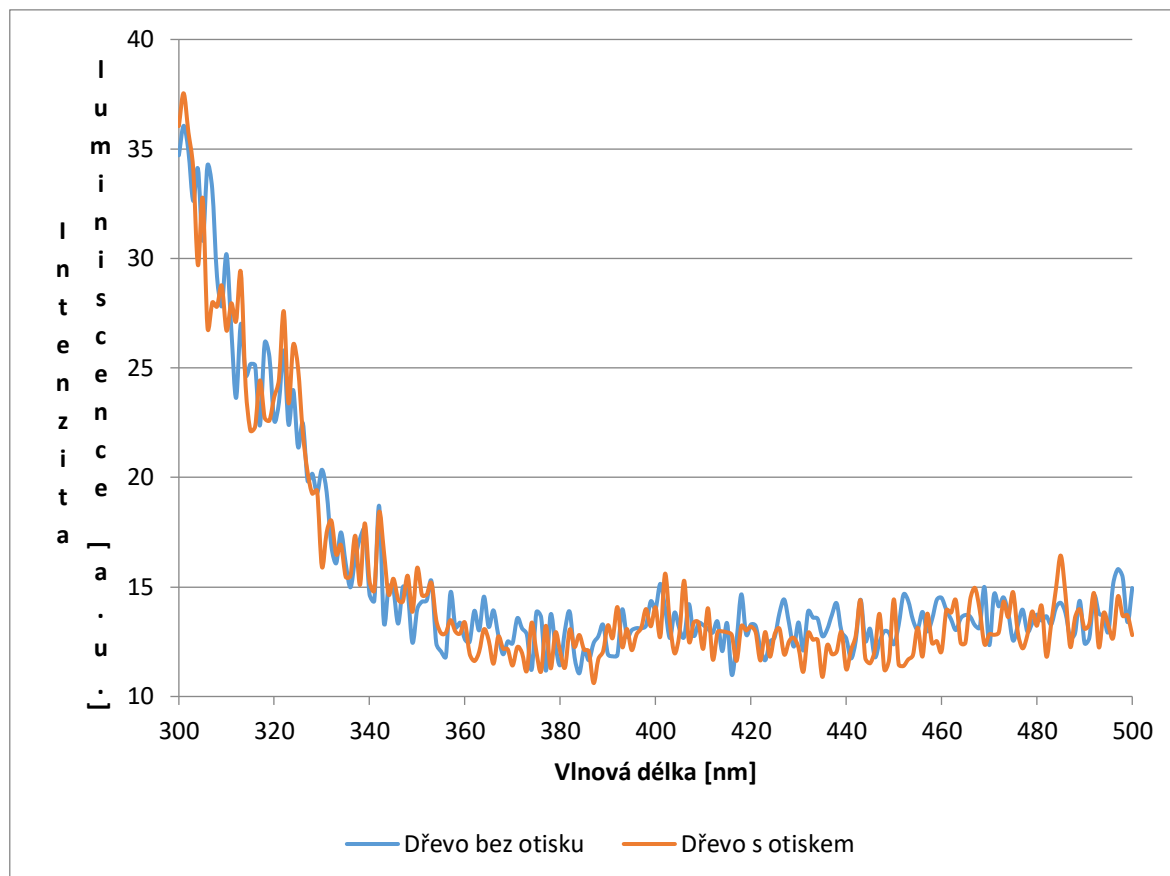


Graf 9: Intenzita luminiscence ABS plastu bez a s otiskem

4.2.7 Zkoumání kousku dřeva

Posledním vybraným materiálem byl kousek broušeného dřeva. Dřevo bylo zabroušeno do hladka, aby se zajistilo co nejpřesnější měření díky rovné vrstvě pro zanechání otisku prstu. Dřevěné povrchy jsou velice časté jak v pracovních, tak domácích prostředí a zanechání otisku na tomto podkladu je velice pravděpodobné. Z tohoto důvodu bylo dřevo zařazeno do projektu zkoumání.

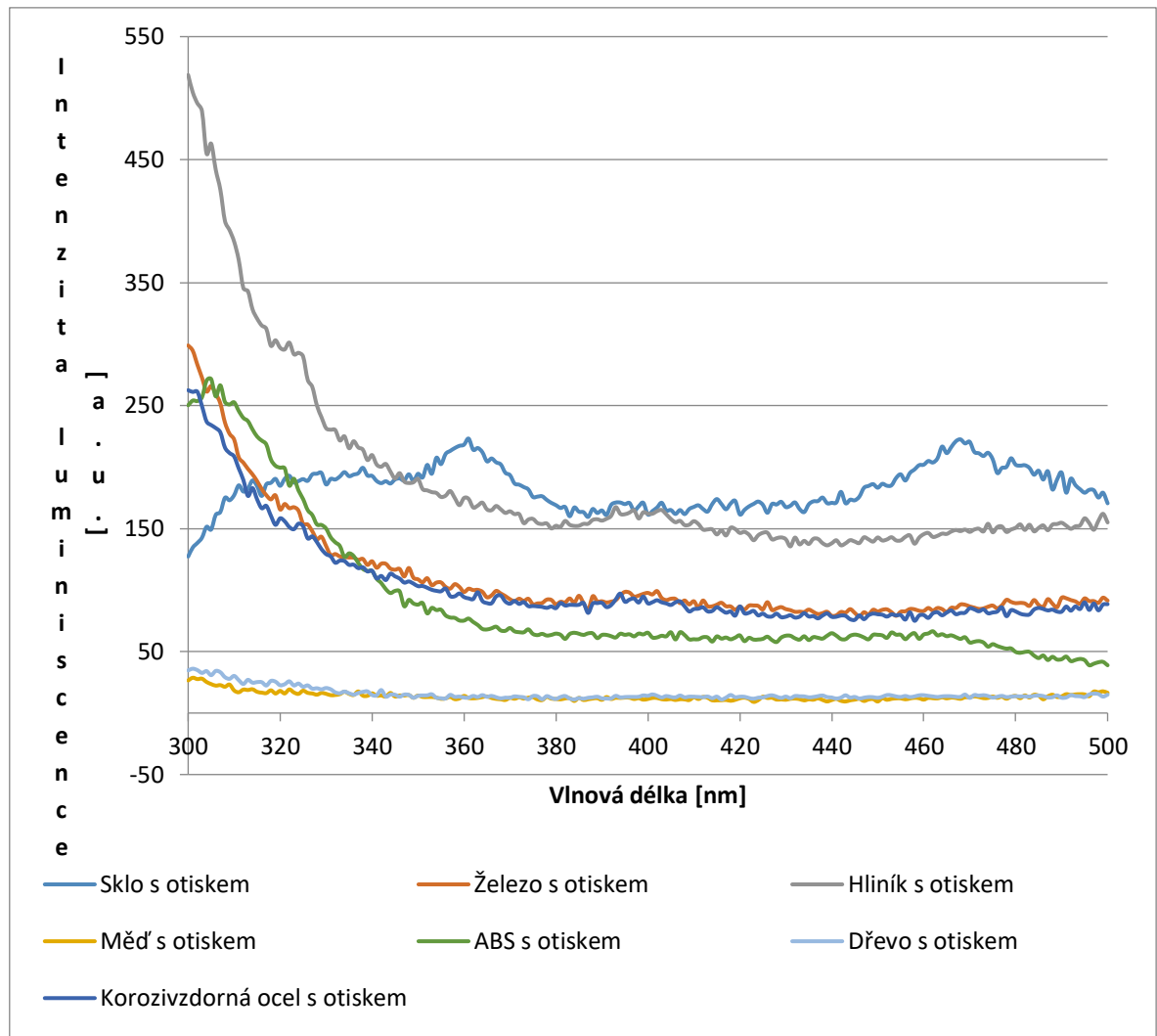
První měření čistého kousku dřeva prokázalo velice slabou luminiscenci. Po nanesení několika otisků pro zajištění větší šance naměření intenzity otisků prstů proběhlo druhé měření. Ani u tohoto materiálu však měření nevyšlo dle představ. Výsledná křivka grafu s naneseným otiskem byla stejně jako u ostatních případů shodná s křivkou čistého materiálu. Dřevo bylo tedy na základě grafu č. 10 vyloučeno pro použití měření přímou metodou.



Graf 10: Intenzita luminescence dřeva bez a s otiskem

4.2.8 Vyhodnocení měření přímou metodou

Ze seskupených dat lze vysledovat, že sklo vykazuje od asi 350nm do 500nm z uvedených materiálů nejsilnější luminescenci. Před touto vlnovou délkou vykazuje nejsilnější luminescenci hliník, železo, ABS plast a korozivzdorná ocel. Nejslabší luminescenci vykazuje naopak dřevo a měď. Bylo předpokládáno, že čím menší intenzita luminescence nosiče otisku bude, tím je větší šance detekce intenzity otisku. Dřevo a měď by se tedy měly jevit jako nejlepší nosiče otisku. Toto tvrzení se však nepotvrdilo a jediným použitelným materiálem k použití metody přímého měření intenzity luminescence otisku prstu se ukázalo sklo. Sjednocené výsledky všech měřených materiálů kromě skla se zanechaným otiskem lze pozorovat v grafu č. 11.



Graf 11: Intenzity měřených materiálů se zanechaným otiskem

Otisk prstu lze však vytvořit na každý z uvedených materiálů, což znamená, že vrstva potu se na něm prokazatelně nachází. Nabízí se tedy možnost dostat tuto potovou stopu na jiný materiál. Na základě uvedených zjištění bylo provedeno další měření, které se zabývá pokusem přenést otisk.

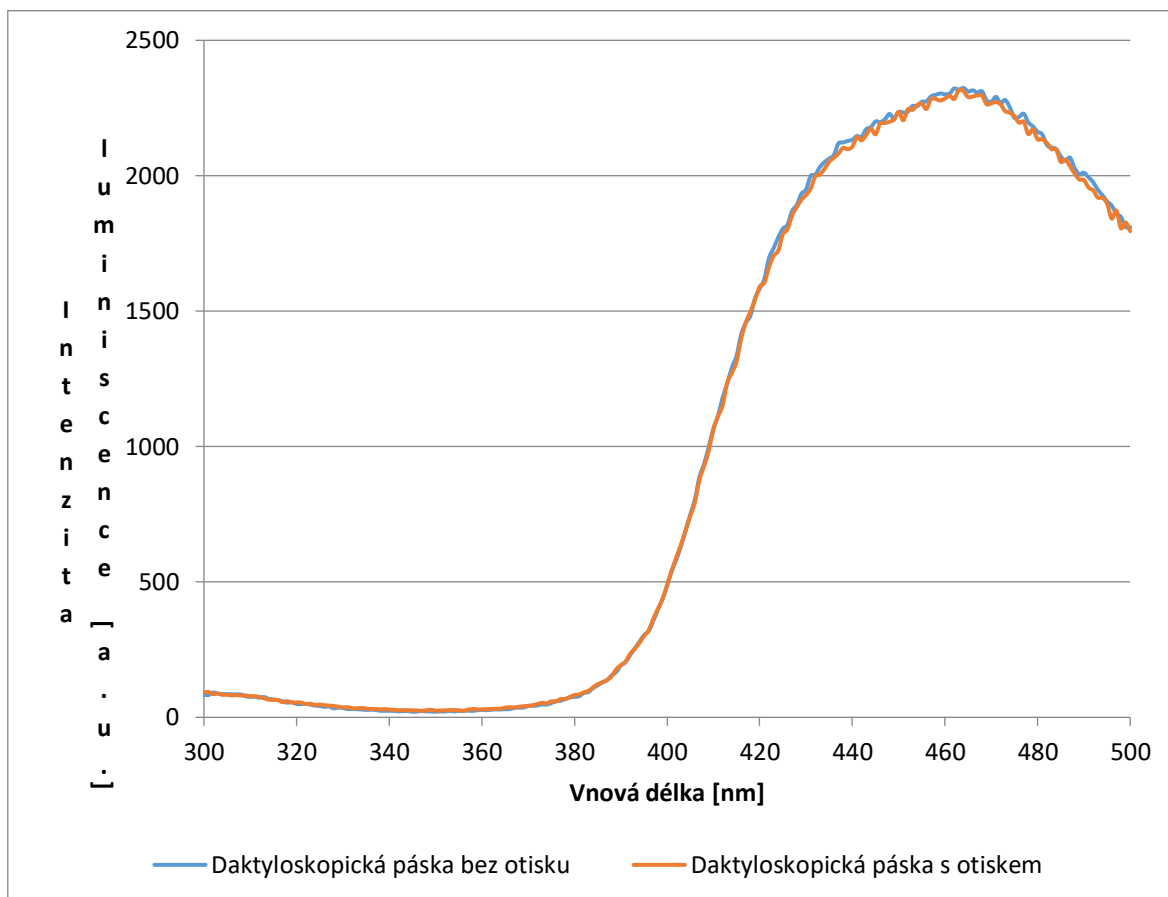
5 EXPERIMENT A NÁVRH METODY ZKOUMÁNÍ STÁRNUTÍ OTISKŮ PRSTŮ

V předešlé kapitole bylo prokázáno, že stáří otisku na jiných materiálech než na skle nelze určit. V daktyloskopické praxi se otisky běžně přenáší a vizualizují na jiné materiály, a tak se tato možnost nabízela i zde. Cílem tohoto pokusu bylo přenést zbytek lidského potu na materiál, který umožní zkoumání stavu jeho oxidace.

5.1 Přenos otisku na daktyloskopickou pásku a na izolepu

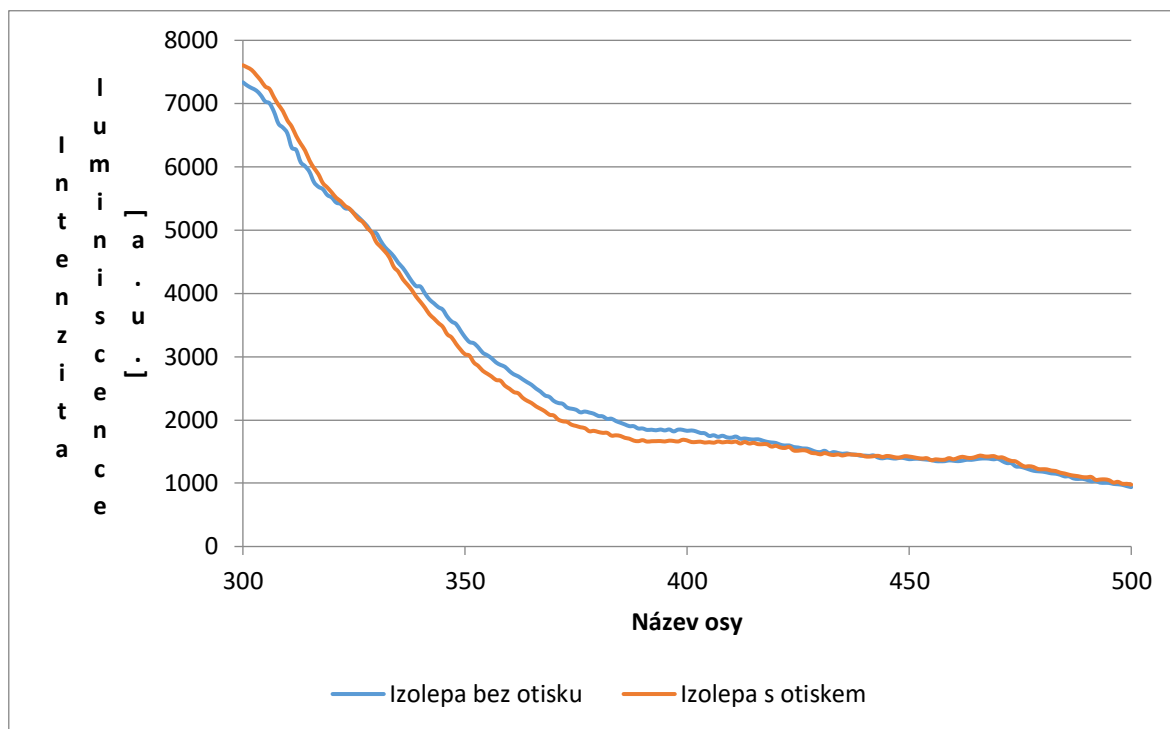
Stejně jako u ostatních materiálů proběhlo nejprve měření intenzity luminiscence samotné daktyloskopické pásky. Intenzita luminiscence byla do cca 375nm velice nízká, místy až nepatrná, avšak nakonec prudce vstouplo.

Po nanesení otisku na pásku a následném změření se ovšem křivka grafu nikterak nezměnila. Otisk se na daktyloskopické pásce vůbec neprojevil a přenos tímto způsobem se tedy ukázal nemožný. Výsledky obou měření lze sledovat v grafu č. 12.



Graf 12: Intenzita luminiscence dřeva bez a s otiskem

Stejný výsledek jako u daktyloskopické pásky nastal i v případě použití běžné kancelářské izolepy. Tento materiál by šlo považovat za možná ještě horší nosič otisku než daktyloskopickou pásku, protože intenzita luminiscence dosahuje v nejvyšších místech až trojnásobných hodnot než daktyloskopická páska. Přesný vývoj křivky lze sledovat v grafu č. 13



Graf 13: Intenzita luminiscence dřeva bez a s otiskem

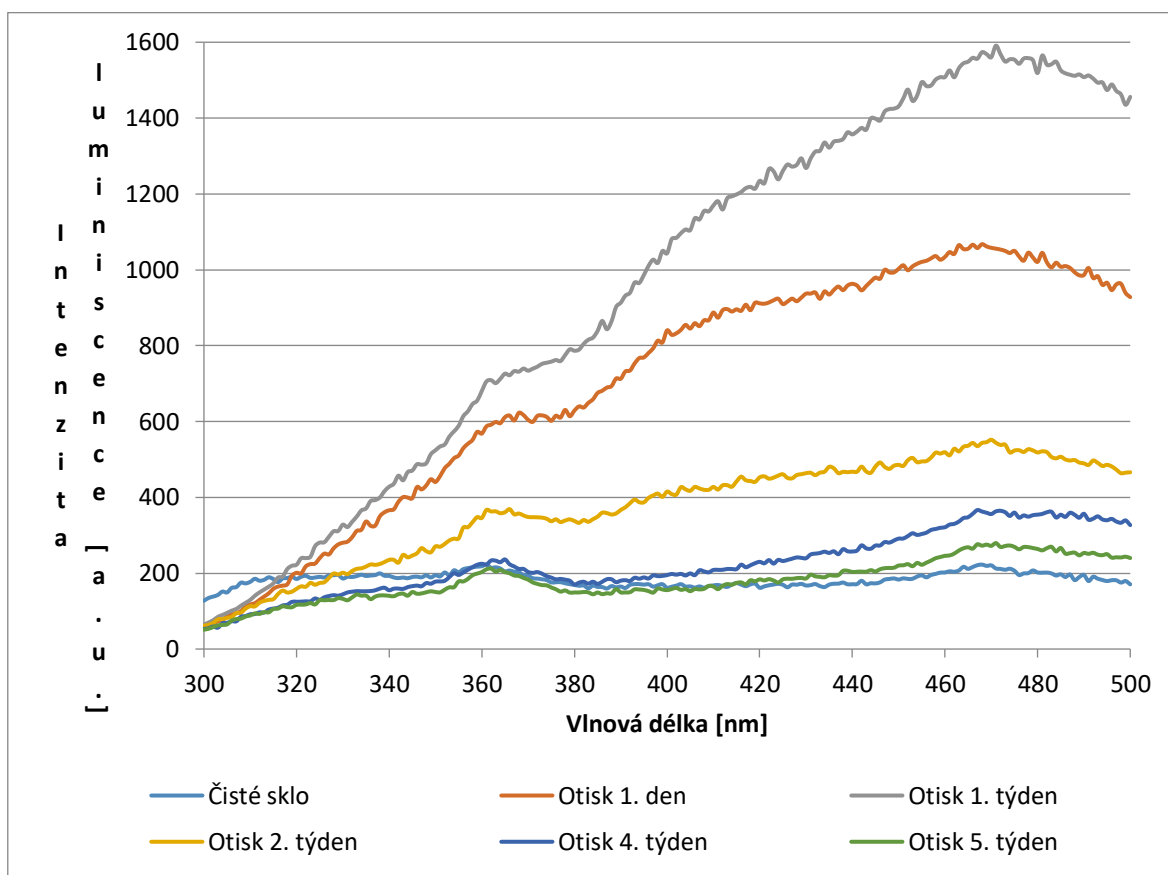
5.2 Přenos otisku páskou na sklíčko

Po neúspěších s přenosem otisku na pásky se nabízela myšlenka, zda by nešla sejmutá oxidace otisku prstu být opět navrácena na jiný materiál, kde by mohla být naměřena. Jako původní nosič otisku posloužily kovové plátky. Metoda vyžadovala vytvoření více než jednoho otisku. Konkrétně se jednalo o 16 otisků, protože bylo předpokládáno, že otisk se po nanesení na pásku znehodnotí a nebude jej možno opakovaně sejmut. Nutno podotknout, že původní intenzita otisků nemusela být stejná vlivem vícenásobného tření prstu o železný plátek, což znamenalo nižší množství potu naneseného na každý další kousek železa. Tento fakt byl ovšem zanedbán s ohledem na to, že cílem měření bylo jen zjistit, zda je přenos intenzity otisku vůbec uskutečnitelný a zda by tato metoda zasloužila pozornost dalšího zkoumání.

První byla k přenosu využita daktyloskopická páska. Ta byla přiložena k otisku zanechanému na železném plátku a následně opatrně odlepena. Následně byla tato páska

přitisknuta k vyčištěnému laboratornímu sklíčku. Měření tohoto sklíčka nevykázalo úspěch, křivka byla prakticky totožná s křivkou čistého skla. Na řadu tedy přišla běžná lepicí páska.

Práce s otiskem probíhala obdobně jako s daktyloskopickou páskou. Výsledky se tentokrát ovšem projeví uspokojivěji. Podařilo se zaznamenat křivku podobnou otisku prstu zanechanému na skle. Tento výsledek dal za popud začátek měření. Již od druhého měření se metoda neprojevovala jako vhodná. Naměření intenzity otisku se podařilo až na třetí pokus, což znamená zničení třech otisků. Tentýž problém se při měření vyskytoval pravidelně. Rovněž se vyskytoval problém s rozdílnou intenzitou otisků ve stejnou dobu. Rozdíl byl v řádu do dvou set jednotek. Zde nelze přesně určit, zda tento rozdíl nastal opotřebením otisku třením, anebo to bylo vinou špatně nanesené pásky, pravděpodobně se ovšem bude jednat o vliv obou faktorů. Přenos otisku z materiálu na materiál pomocí pásky je podle všeho možný, avšak s ohledem na pravděpodobné ztráty intenzity při přenosu nebude metoda zatím doporučena. Lepším řešením by bylo vyvinout materiál, který by umožnil změření otisku, po sejmutí na vyvinutou pásku. Data ohledně pokusu přenosu otisku páskou lze vidět na grafu č 14.



Graf 14: Vývoj intenzity luminiscence otisku na Fe plátku při přenosu lepicí páskou na sklo

5.3 Možné další zkoumání

Z výsledku vyplývá, že navrhovaná metoda je principiálně použitelná do asi čtyř týdnů stáří otisku prstů, ale současně data ukazují, že bude nutno pro zaručené ověření metody provést ještě velké množství experimentů především ve vztahu k podkladovému materiálu. V rámci současné technologie není možné zajistit spolehlivé měření na větších předmětech. Pro kriminalistickou praxi by bylo vhodné naleznout postupy, které by byly, co se týče tvaru a rozměru vzorku tolerantnější.

5.3.1 Kompaktní měřicí přístroj

Měření stáří otisku na skle je možné přímou metodou, byla by proto škoda toho nevyužít. Použitý laboratorní přístroj ovšem neumožňuje měření větších předmětů bez nutnosti případného řezání či jiné úpravy vzorku. Proto by bylo lepší vyvinutí příručního přístroje, který by dokázal zajistit stejnou míru přesnosti jako laboratorní přístroj.

Za uváženou zde stojí provedení buďto v ruční nebo v mobilní variantě. V případě ručního provedení by pravděpodobně stálo za zvážení znemožnění nastavitelnosti parametrů pro měření. Přístroj by byl již z továrny nastaven na excitační vlnovou délku 280nm a měřené spektrum by bylo nastaveno konstantně v rozmezí 300nm – 500nm. Tímto způsobem by bylo možno dosáhnout levnějšího a jednoduššího konstrukčního provedení. Přístroj by pak sloužil čistě jen pro zkoumání stáří otisků prstů a mohl by se stát součástí výbavy forenzních specialistů přivolaných na místo činu. V případě mobilního měřicího přístroje by se jednalo o pravděpodobně dražší variantu, avšak by zde byla možná změna jak excitační vlnové délky, tak i měřeného spektra. Přístroj by však pravděpodobně potřeboval větší školené ohledně používání a byl by dražší než jen ruční provedení měřicího přístroje.

K tomuto řešení obecně nahrává fakt, že dnešní elektronika dosahuje opravdu malých rozměrů, zobrazovací schopnosti obrazovek společně s kombinací s intuitivním softwarem umožní snadné ovládání a technologie by nemusela být ani cenově náročná.

5.3.2 Zdokonalení metody přenosu otisku

Jako jedna z metod, která by mohla vést ke zkoumání stáří otisků prstů na jiných než skleněných materiálech, by teoreticky mohl být přenos otisku na jiný materiál, Teoreticky by bylo možno sloučit současnou technologii pro sejmutí otisku za účelem vizualizace a archivace právě i s možností odvodit stáří otisku. Na základě zkušeností z měření by bylo při vývoji této metody bylo třeba dbát na tyto faktory.

Přilnavost materiálu – Zvolený materiál by měl být schopen na sebe navázat zanechaný zbytek potu a zároveň s co nejvyšší mírou jeho oxidace. Tím by se zajistila přesnost odhadu stáří otisku prstu.

Pozadí materiálu – Aby mohlo dojít k naměření intenzity otisku prstu, musí být otisk na vhodném podkladu. Bylo by třeba najít vhodné lepidlo i nosný materiál, který by nepřekryl intenzitu luminiscence.

Nalezení koeficientu ztrát – Přenesení otisku se pravděpodobně nikdy neobejde beze ztrát. Určitá část vždy zůstane na původním materiálu. Po nalezení koeficientu ztrát by bylo možné dopočítat původní hodnoty a tím vyvodit přesné výsledky. Koeficient ztrát závisí na zvoleném lepidlu a metodice snímání,

Zdokonalení přenosu otisku – Velkou roli pro sejmutí otisku je metodika jeho postupu. Aby koeficient ztrát byl co nejpřesnější, je třeba vytvořit jednotný postup sejmutí otisku, Důležitá bude jednotná síla přitisknutí pásky k materiálu a také postup aplikace a sejmutí. K tomuto účelu by bylo vhodné vyvinout vhodný přípravek, který by splnění nastavených podmínek zajistil.

ZÁVĚR

Laboratorní měření ukázala, že metoda luminiscenční spektroskopie je za určitých podmínek pro odhad stáří zanechaných otisků prstů použitelná. Konkrétně se nejlepší výsledky ukázaly u skleněných povrchů. Zde intenzita luminiscence otisku do pátého týdne roste a následně začne klesat. Z měření vyplynulo, že nárůst intenzity luminiscence se pohybuje u vlnové délky 362nm v rozmezí 3,3 až 8,1 % a u vlnové délky 470nm 3,6 % až 14,2 % u vlnové délky 470nm. Rovnice regrese pak byla vyvozena na hodnotu $y = -0,001x^2 + 0,013x + 0272$.

Zatímco na skle je metoda přímým měřením proveditelná, tak na jiných materiálech tato metoda luminiscenční spektroskopie selhává. Materiály jako jsou železo, hliník, měď, korozivzdorná ocel, dřevo a plast neumožní měření luminiscence otisku prstu. Pro většinu materiálů bude tedy třeba najít postup, který by umožnil přenést otisk bez jeho znehodnocení na materiál, který by pro luminiscenční spektroskopii vyhovoval.

Co se týče přenosu vzorků pro využití měření stáří otisku prstu luminiscenční spektroskopii, nabízí se metoda zkoumání vhodného lepidla a pásky. Při dosažení této kombinace by bylo možné otisk sejmout, zjistit stáří a následně uchovat jako důkazní materiál, jak se používá dnes. Zde se však naráží na problém ztrát intenzity otisku vzniklých touto metodou. Pro skleněné předměty by bylo na druhou stranu vhodné sestavit příruční měřicí přístroj, který by zajistil možnost měření na objemnějších materiálech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠÍŠKOVÁ, Jitka. *Pojem a podstata daktyloskopie* [online]. Praha, 2010 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/33023/DPTX_2010_1__0_3809_9_0_69868.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce RNDr. Petr Šťourač.
- [2] SIEGEL, Jay A a Pekka SAUKKO (eds.). *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, c2013. ISBN 978-0-12-398365-7
- [3] JEDLIČKA, Miloslav Jedlička. *Kriminalistická daktyloskopie*. *Kriminalistika.eu* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://kriminalistika.eu/daktyl/daktyl.html>
- [4] *Obrazce a znaky kůže* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: http://krimi-spk.sweb.cz/02_exper/expertiz/02a_dakt/02a_kuze.htm
- [5] PORADA, Viktor. *Kriminalistika - Technické, forenzní a kybernetické aspekty*. Aleš Čeněk, 2016. ISBN 978-80-7380-589-0.
- [6] Akiba N. at al. :Visualization of aged fingerprints with an ultraviolet laser, *J.Forensic Sci.* Vol.63 (2018), 2, 556-562
- [7] STRAUS, Jiří. *Kriminalistická technika*. 3., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-409-1.
- [8] *DFO roztok* [online]. Praha [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <http://www.krimi-ltsezam.cz/file/p36.pdf>
- [9] JELÍNKOVÁ, Ivana. *Kyanoakrylátový – dýmový přístroj*. *Policie.cz* [online]. 6.1.2015 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/kyanoakrylatovy-dymovy-pristroj.aspx>
- [10] Worley Ch.G. at al.: *Detection of Visible and Latent Fingerprints Using Micro-X-ray Fluorescence Elemental Imaging*, *J.Forensic Sci.* Vol.51 (2006), 1, 57-63
- [11] ČIHÁK, Lukáš. *Velký bratr? EU vytvoří centrální databázi biometrických údajů* [online]. 23.4.2019 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/velky-bratr-eu-vytvori-centralni-databazi-biometrickych-udaju>

- [12] BEZDĚKOVÁ, Kristýna. Otisky prstů prozradí užití drog. *Objevit.cz* [online]. 14.2.2020 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.objevit.cz/otisky-prstu-prozradi-uziti-drog-t238087>
- [13] NOSEK, Václav. *Daktyloskopie, cheiroskopie, podoskopie*. 1947.
- [14] JOACHIM BADER, Hans a Martin ROTHWEIL. *FORENZNÍ CHEMIE – CHEMIE A DETEKTIV* [online]. 2006 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: https://www.cities-eu.org/sites/default/files/attachments/cz/068_CZ_forensic_theo.pdf
- [15] GARK, Rakesh. [online]. Punjabi University, indie, 2011 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/257737155_A_new_technique_for_visualization_of_latent_fingerprints_on_various_surfaces_using_powder_from_turmeric_A_rhizomatous_herbaceous_plant_Curcuma_longa
- [16] KOMARINSKI, Peter. *Automated Fingerprint Identification Systems (AFIS)*. 2004.
- [17] CHERRY, Michael a Edward IMWINKELRIED. *How We Can Improve the Reliability of Fingerprint Identification* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.questia.com/library/journal/1P3-1167307761/how-we-can-improve-the-reliability-of-fingerprint>
- [18] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy (Academia). ISBN 978-80-200-2394-0.
- [19] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence spectroscopy of semiconductors*. Oxford, 2012.
- [20] DVOŘÁK, Lubomír a Zdeněk KUPKA. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: SPN, 1980. Odborná literatura pro učitele.
- [21] Photos: See Eye-Catching Electric Blue Waves on the Southern California Coast [online]. In: . [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.nbclosangeles.com/news/local/bioluminescence-blue-waves-california-coast-beach-photos/2359338/>
- [22] *Bioluminescence* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/bioluminescence/>

- [23] *Mycena chlorophos* [online]. In: . [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: <https://steveaxford.smugmug.com/Fungi/Gilled-fungi/Mycena/Mycena-chlorophos1/i-jfwZZJB>
- [24] Spectroscopy Definition. Thoughtco.com [online]. 2018 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/definition-of-spectroscopy-605676>
- [25] VONDRÁK, Dalibor a Jaroslav VULTERIN. Analytická chemie. Bratislava: Nakladatelství technické literatury, 1985. ISBN 04-619-85.
- [26] Lakowicz J.R.: Principles of Fluorescence Spectroscopy 3rd ed., Springer 2011
- [27] KRÁLOVÁ, Magda Králová. INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ. *Techmania Science Center, o.p.s.* [online]. [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/infracervene-zareni>
- [28] TVARŮŽEK, Jakub. [online]. In: . [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: <https://hadisvet.webgarden.cz/rubriky/smysly-hadu/typy-teplocivnych-jamek>
- [28] Ultraviolet Radiation Definition. Thoughtco.com [online]. 2018 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/definition-of-ultraviolet-radiation604675>
- [29] POTÚČEK, Radovan. *Vizualizácia odlačkov prstov ultrafialovým žiarením* [online]. Zlín, 2019 [cit. 2020-08-02]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/44353>. Diplomová práce.
- [30] HLEDÍK, Stanislav. *Fyzika v digitální fotografii* [online]. [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/11341868/>
- [31] *Excitační a emisní pásmo* [online]. In: . [cit. 2020-08-03]. Dostupné z: <https://labguide.cz/fluorochromy/>
- [32] MIKULIČOVÁ, Michaela a Vojtěch KŘESÁLEK. Odhad stáří otisku prstu pomocí luminiscenční spektroskopie. *Jemná mechanika a optika*. **2020**(7-8), 199-201.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
A. U.	Arbitrary unit
EU	Evropská unie
U	Elektrické napětí
UV	Ultrafialové záření (Ultra violent)
IR	Infra červené záření (Infra red)
UV	Ultrafialové záření (Ultra violent)
UVA	Ultrafialové záření typu A
UVB	Ultrafialové záření typu B
UVC	Ultrafialové záření typu C
XRF	X-ray field (Oblast rentgenového záření)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Možné tvary papilárních linií [4]</i>	12
<i>Obrázek 2: Grafický řez daktyloskopickou páskou s a s otiskem [vlastní]</i>	13
<i>Obrázek 3: Otisk prstu zobrazen metodou DFO [8]</i>	16
<i>Obrázek 4: Porovnání černého prášku (A) s kurkumovým práškem (B) [15]</i>	19
<i>Obrázek 5: Energetické pásové schéma elektronů v polovodiči nebo izolátoru [19]</i>	22
<i>Obrázek 6: Luminiscence planktonu [21]</i>	24
<i>Obrázek 7: Druh luminiskující houby <i>Mycena chlorophanos</i> [23]</i>	26
<i>Obrázek 8: Elektromagnetické spektrum [24; upravil Essender 2.6.2020]</i>	27
<i>Obrázek 9: Tepločivné jamky u hada [28]</i>	29
<i>Obrázek 10: Spojité (nahore), absorpční (vprostřed) a emisní spektrum (dole) [30]</i>	32
<i>Obrázek 11: Stokesův jev [31]</i>	33
<i>Obrázek 12: Laboratorní přístroj Shimadzu RF-6000</i>	35
<i>Obrázek 13: Měřicí komora přístroje a připravený materiál pro měření přímou metodou</i>	36

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Přehled intenzitních hodnot u vybraných vlnových délek a procentuální nárůst</i>	39
---	----

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1: Intenzita luminiscence skla bez a s otiskem</i>	37
<i>Graf 2: Vývoj intenzity luminiscence otisku na skle</i>	38
<i>Graf 3: Závislost intenzity luminiscence na vybraných vlnových délkách</i>	40
<i>Graf 4: Závislost poměrů vybraných vlnových délek po dobu sedmi týdnů</i>	41
<i>Graf 5: Intenzita luminiscence železa bez a s otiskem</i>	42
<i>Graf 6: Intenzita luminiscence hliníku bez a s otiskem</i>	43
<i>Graf 7: Intenzita luminiscence mědi bez a s otiskem</i>	44
<i>Graf 8: Intenzita luminiscence na korozivzdorné oceli</i>	45
<i>Graf 9: Intenzita luminiscence ABS plastu bez a s otiskem</i>	46
<i>Graf 10: Intenzita luminiscence dřeva bez a s otiskem</i>	47
<i>Graf 11: Intenzity měřených materiálů se zanechaným otiskem</i>	48
<i>Graf 12: Intenzita luminiscence dřeva bez a s otiskem</i>	49
<i>Graf 13: Intenzita luminiscence dřeva bez a s otiskem</i>	50
<i>Graf 14: Vývoj intenzity luminiscence otisku na Fe plátku při přenosu lepicí páskou na sklo</i>	51

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Měření intenzity záření luminiscence otisků prstů na skle

PŘÍLOHA P I: Měření intenzity záření luminiscence otisků prstů na skle

