



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

VYUŽITÍ CHEMIE VE FORENZNÍCH VĚDÁCH

Eliška Heřmanská, Kristina Boudová, Kristina Zindulková, Kryštof Bednár, Tomáš Bartoň

Gymnázium Jana Nerudy, škola hl. m. Prahy

Helichova 3, Praha 1

PROHLÁŠENÍ

Tato práce byla vypracována na Gymnáziu Jana Nerudy v Praze, v období 1.9. 2013 až 25.5. 2014.

Prohlašujeme, že jsme tuto práci vypracovali samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsme v práci využili, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byli jsem seznámeni s tím, že se na naši práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), zejména se skutečností, že Gymnázium Jana Nerudy v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Gymnázium Jana Nerudy v Praze oprávněno od nás požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

V Praze dne 24.5.2014

SOUHRN

Forenzní chemie je druh analytické chemie zabývající se hledáním důkazů k soudnímu jednání. Publikovaná práce je výstupem projektu o forenzní chemii probíhající v rámci programu OPPA pod záštitou Evropské Unie. Věnujeme se v ní jak obecnému popisu některých z metod využívaných trasologií, daktyloskopií, steganografií a toxikologií, tak experimentálním potvrzením těchto metod. Provedli jsme různé techniky snímání otisků prstů, přípravu luminolu a využili jej pro zvýraznění stop krve. Mimo to jsme zkoumali realističnost a proveditelnost metod forenzní chemie využitých v ukázkách z některých kriminalistických filmů a seriálů. Práce se pohybuje na hranici populárně-naučného textu a vědecké práce, proto může být využita jako studijní materiál pro ty, kteří by se případně zajímali o rozšíření svých znalostí v dané oblasti.

SUMMARY

Forensic chemistry is a part of Analytic chemistry aimed at a search for evidence during a prosecution. Published work was written as an output of a project focused on Forensic chemistry. The project was carried out within the Operation Program Prague: Adaptability (OPPA), an initiative shielded by European Union. In our work, we give a general description of selected methods used in trasology, dactylography, steganography and toxicology. The theoretical descriptions are backed up by a thorough experimental study of the presented methods. We performed different techniques of reading fingerprints and prepared the luminol and used it for highlighting blood traces. Moreover, we examined credibility and feasibility of Forensic chemistry methods presented in selected criminology movies and series. By the level of complexity and detail, the presented work rests in between a popular science text and a scientific thesis, which makes it an ideal study material for high school students interested in expanding their knowledge in the area of Forensic chemistry.

PODĚKOVÁNÍ

Rádi bychom poděkovali vedoucí naší práce, RNDR. Markétě Bludské, za její vedení, rady, pomoc a obětavé trávení času s námi v laboratoři, Ing. Martinu Isozovi za pomoc a čas strávený v laboratoři a pečlivé kontrolování této práce. Dále děkujeme Ing. Ondřeji Šimůnkovi za poskytnutí cenných rad a chemikálií nám těžko sehnatelných. Děkujeme Prof. PhDr. Jiřímu Strausovi, DrSc., jehož rady nám na úplném počátku ukázaly správný směr a jehož znalosti nám při psaní práce velice pomohly. Nakonec bychom chtěli poděkovat Doc. Ing. Marii Balíkové, CSc., jelikož nám dovolila navštěvovat její přednášky z toxikologie na Univerzitě Karlově, které pro tuto práci byly zdrojem důležitých informací.

OBSAH

OBSAH	5
1 ÚVOD	1
2 TRASOLOGIE.....	2
2.1 Úvod	2
2.2 Historie	2
2.3 Odhalení stop.....	2
2.3.1 Šikmé osvětlení	2
2.3.2 UV záření	2
2.3.3 ALS	2
2.3.4 Prachové substance	3
2.3.5 Ninhydrin	3
2.3.6 Luminol	4
2.3.7 Bluestar.....	6
2.3.8 Fluorescein	7
2.3.9 Jód	7
2.4 Ověření krevní stopy	8
2.4.1 Detekční proužky	8
2.4.2 Mikrokrytalografické zkoušky.....	8
2.5 Zajištění stop.....	8
2.5.1 Zajištění originální stopy (<i>in natura</i>)	9
2.5.2 Zajištění kopie stopy	9
2.6 Porovnávání stop	10
2.6.1 Snímání kontrolních otisků	10
2.6.2 Charakteristické znaky při identifikaci stop lokomoce	11
2.6.3 Charakteristické parametry stop dopravních prostředků.....	12
2.6.4 Systém TRASIS a jiné databáze.....	12
2.7 Praktické práce	12
2.7.1 Experimenty vycházející z teoretické části práce	12
2.7.2 Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů	14
3 Daktyloskopie.....	17

3.1	Úvod	17
3.2	Historie	17
3.3	Daktyloskopická teorie	18
3.3.1	Papilární linie	18
3.3.2	Daktyloskopické markanty a monodaktyloskopická klasifikace	19
3.3.3	Druhy daktyloskopických stop a jejich vznik	21
3.3.4	Použití v praxi	22
3.4	Praktické práce	24
3.4.1	Experimenty vycházející z teoretické části práce	24
3.4.2	Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů	28
4	Steganografie (skryté texty)	33
4.1	Historie	33
4.2	Metody vytváření a zviditelňování skrytých textů	33
4.2.1	Neviditelné inkousty	33
4.3	Praktické práce	35
4.3.1	Experimenty vycházející z teoretické části práce	35
4.3.2	Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů	37
5	Toxikologie	44
5.1	Historie	44
5.2	Noxy v lidském organismu	44
5.2.1	Cesta noxy po těle	44
5.2.2	Extrakce nox z biologických materiálů	47
5.2.3	Analýza neznámých látek	49
5.2.4	Otrava a zkoumání nox	50
5.3	Nejvýznamnější noxy v současných otravách	51
5.3.1	Nejběžnější noxy	51
5.3.2	Léčiva	52
5.3.3	Jedy	52
5.4	Praktické práce	55
5.4.1	Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů	55
6	ZÁVĚR	57

7	LITERATURA.....	58
7.1	Úvod	58
7.2	Trasologie:	58
7.3	Daktyloskopie:.....	60
7.4	Steganografie:.....	61
7.5	Toxikologie:.....	62

1 ÚVOD

Forenzní vědy obecně se zaměřují na hledání podkladů k právním tvrzením [1]. Slovo forenzní vzniklo z latinského *fórum*, názvu pro shromažďovací místo ve Starém Římě, který je proslulý pokročilým právním systémem a zákony [2, 3]. Právě na fórech probíhala mimo jiné i soudní jednání. Mezi forenzní vědy řadíme například forenzní medicínu, antropologii, genetiku, psychologii, grafologii nebo právě chemii. Forenzní chemie je analytický obor, jenž je souborem mnoha věd zabývajících se ověřováním a hledáním důkazů v soudním procesu chemickou cestou [1, 3, 4].

Doba, kterou můžeme datovat jako vznik forenzní chemie, není jasně určena. Počátky forenzní analýzy můžeme hledat právě již ve Starověku, kdy byl k tělům zavražděných volán odborník, jenž měl konstatovat příčinu smrti. Pakliže šlo o otrávení jedem, což bylo ve Starověkém Římě poměrně běžné, lze to považovat za prvopočátky forenzní chemie jako takové [1, 3].

Analytický proces využitý v postupu forenzních chemiků nazýváme chemickou expertízou. Ta zahrnuje několik fází. Nejprve je třeba extrahovat neznámou látku a určit její chemické složení. Poté jsou prověřována možná místa jejího výskytu, jaké jsou možné použité látky při její výrobě, případně kde se dají sehnat. Zkoumány jsou chemické vlastnosti dané látky a jejich možná spojitost s případem. Ostatní předměty a stopy z místa činu jsou přezkoumány pro přítomnost dané látky. V závěru jsou zhodnoceny veškeré získané výsledky pro zjištění, zda má látka spojitost s vyšetřovaným trestným činem, případně jakou, a jestli jsou tyto informace využitelné v prokazování skutečností během trestního řízení [1, 4].

V této práci se budeme v teoretické části podrobněji zabývat následujícími forezními vědami využívajícími chemické postupy: trasologií, daktyloskopií, zvyrazňováním skrytých textů a toxikologií. V praktické části se budeme věnovat popisu námi provedených experimentů. V rámci projektu byly testovány různé postupy snímání otisků prstů, použili jsme luminol pro zjištění stop krve a pokusili se o syntézu vlastního luminolu. Další částí práce je ověření pravdivosti a proveditelnosti některých postupů chemické analýzy použitých ve filmech a seriálech s kriminální tematikou.

2 TRASOLOGIE

2.1 Úvod

Trasologie je kriminalistický obor zabývající se zajišťováním a zkoumáním stop zanechaných předmětem, člověkem či zvířetem na místě činu. Vychází z faktu, že každý ze subjektů zanechává unikátní a rozpoznatelnou stopu jak na vizuální, tak na chemické úrovni. Tyto stopy můžeme rozdělit na dvojrozměrné (plošné), tzn. zanechané na pevné podložce, které mohou být viditelné, nebo latentní, jež se zviditelní pomocí chemických reakcí, a trojrozměrné (objemové), např. stopy zanechané v blátě, písku, sněhu nebo jiných podkladech umožňujících vtištění struktury. Obecně se jedná o otisky zvířecích či lidských nohou (bosých či obutých), stopy lokomoce (přemisťování se), otisky pneumatik, pásů a jiných částí dopravních prostředků v kontaktu se zemí. Dále se může jednat o otisky zubů, uší, rukavic, kolen a jiných částí lidského těla nebo také otisky holí, tkanin a dalších strukturovaných předmětů. U všech stop můžeme rozeznat jak znaky obecné (společné všem předmětům stejného typu, všem stejným částím těla), tak znaky specifické (abnormálie nebo jiné unikátní znaky pro daný konkrétní předmět). K určení původce stopy slouží specifické znaky [1, 2].

2.2 Historie

Důležitou osobností v historii trasologie byl Eugène François Vidocq, zakladatel první detektivní kanceláře *Brigade de la Sûreté* (1812) a první detektivní agenturu *Bureau des Renseignements* (1834). Pro nás je důležitý svými v té době velmi pokročilými metodami, konkrétně metodou snímání otisků bot v zemi pomocí sádry, čímž dal vzniknout trasologii [5].

2.3 Odhalení stop

Velmi podstatnou částí trasologické expertízy je odhalení co největšího počtu stop z místa činu. Některé z nich mohou vést přímo k identifikaci a usvědčení pachatele, jiné mohou pomoci objasnit průběh trestného činu, proto je důležité pečlivě ohledat okolní prostředí, osoby i nalezené předměty pro získání co největšího počtu stop. Postup se liší pro stopy viditelné, u kterých jde zejména o dobré pozorovací schopnosti, a stopy latentní, které jsou nezachytitelné lidskými smysly, proto je nutné jejich zviditelnění. K tomu je používáno velké množství metod založených na osvětlení o různé vlnové délce, zachycení částic na povrchu stopy nebo chemické reakci.

2.3.1 Šikmé osvětlení

K odhalení jak plošných, tak objemových stop je využíváno osvětlení. Používá se bílé světlo, různě barevné filtry. Pro objemové stopy se používá světlo pod úhlem asi 45°, které pomoci změny povrchu a odrazu světla od struktury stopy pomáhá s jejich vyhledáním. Plošné stopy jsou osvětlovány pod menším úhlem, zhruba kolem 10 – 15°. Světlo může indikovat změnu materiálu a přítomnost substance na povrchu [1, 3, 4].

2.3.2 UV záření

Pro lokalizaci latentních stop, zejména krve a spermatu, se používá UV záření (vlnová délka kolem 200-300 nm) [1, 21]. Tyto stopy nejsou viditelné za denního světla, ale jejich pravděpodobnou polohu lze lokalizovat pomocí UV záření, které se odráží a stopy se jeví světlejší.

2.3.3 ALS

Kromě UV světla je velmi používané i takzvané ALS (z anglického alternance light sources). Jedná se o zdroje světla využívané v kriminalistice. Většinou se jedná o modré světlo vydávané LED žárovkami, vlnové délky kolem 450nm. Při ozáření míst pomocí ALS ve tmě vykazují biologické

stopy lehkou fluorescencí. Jedná se zejména o stopy slin, moči a spermatu [6, 7].

2.3.4 Prachové substance

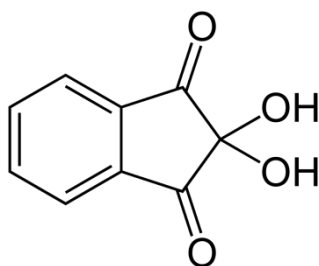
Stejně jako otisky prstů, i otisky chodidel, uší, dlaní a jiných částí těla mohou být zviditelněny nanesením jemného prášku, který se zachytí na biologickém materiálu. Prášek je pomocí štětce nanášen jemnými jednosměrnými tahy. K tomuto účelu je většinou používán argenterát (práškový hliník), známý také jako daktyloskopický prášek, ale mohou dobře posloužit i jiné jemné prášky jako grafit, saze nebo pudr, záleží na barvě fólie, na kterou budeme chtít otisk přenést. Pro černé fólie je nejvhodnější argenterát, ale pro transparentní je lepší černě zbarvený prášek jako právě grafit [1, 4].



Obr. 1: Otisk ucha zvýrazněný argenterátem. Převzato z [26]

2.3.5 Ninhydrin

Vlastnosti



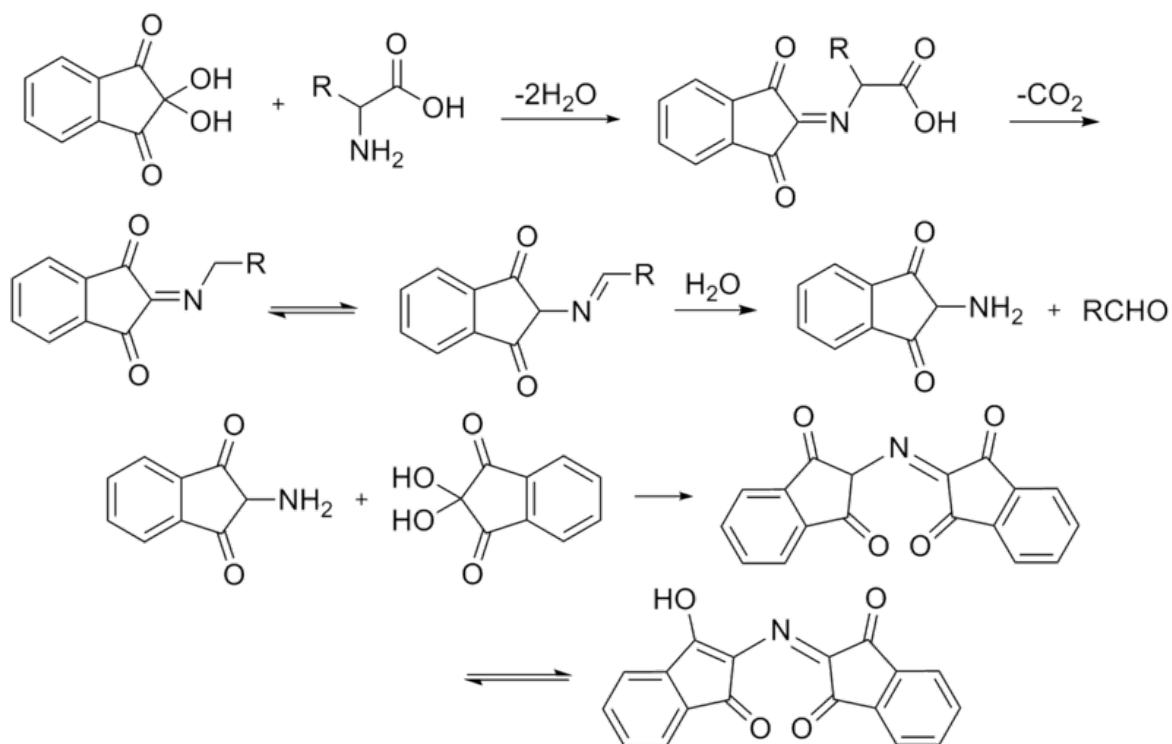
Obr. 2: Vzorec ninhydrinu. Převzato z [27]

Ninhydrin (2,2-Dihydroxyindan-1,3-dion) je sloučenina tvořící bílé až světle žluté krystalky. Jde o oxidační činidlo reagující zejména s primárními a sekundárními aminy, amoniakem, aminokyselinami obsahujícími amino skupinu (volnými i v bílkovinách a jiných polypeptidech) a amino skupinou peptidů. Díky této vlastnosti je používán k detekci latentních biologických stop. Během této reakce vzniká tmavě modrá až fialová látka známá jako Ruhemannův purpur [8, 9]. Za účelem kriminalistického použití je rozpouštěn většinou v etanolu, ale je rozpustitelný i ve vodě nebo acetonu, a nanášen sprejem. Výsledný roztok má nažloutlou barvu a musí být skladován v chladu pod dusíkem, kvůli možné reakci s amoniakem vyskytující se v okolním vzduchu. Po nanesení je možné pro urychlení reakce cílové místo zahřát. V průběhu asi hodiny se objeví nafialovělé stopy [10, 11].



Obr. 3: Stopa dlaně po nanesení ninhydrinu. Převzato z [28]

Mechanismus reakce s bílkovinou



Obr. 4: Reakce ninhydrinu s bílkovinou. Převzato z [29]

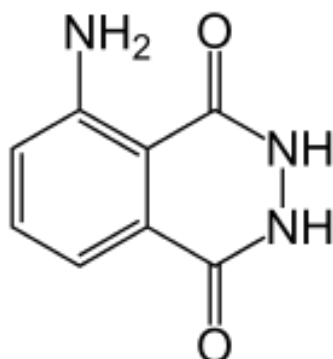
Reakční mechanismus ninhydrinu (obr. 5) je poměrně složitý. Dochází k odpařování vody a oxidu uhličitého. Produkt vzniklý sloučením ninhydrinu s proteinem pomalu ztrácí aminokyselinu (R skupina) a vypouští ji ve formě aldehydu. Finálním produktem je Ruhemannův purpur [8].

2.3.6 Luminol

Vlastnosti

Luminol (5-amino-2,3-dihydro-1,4-ftalazindion) je v kriminalistice a forezních vědách hojně

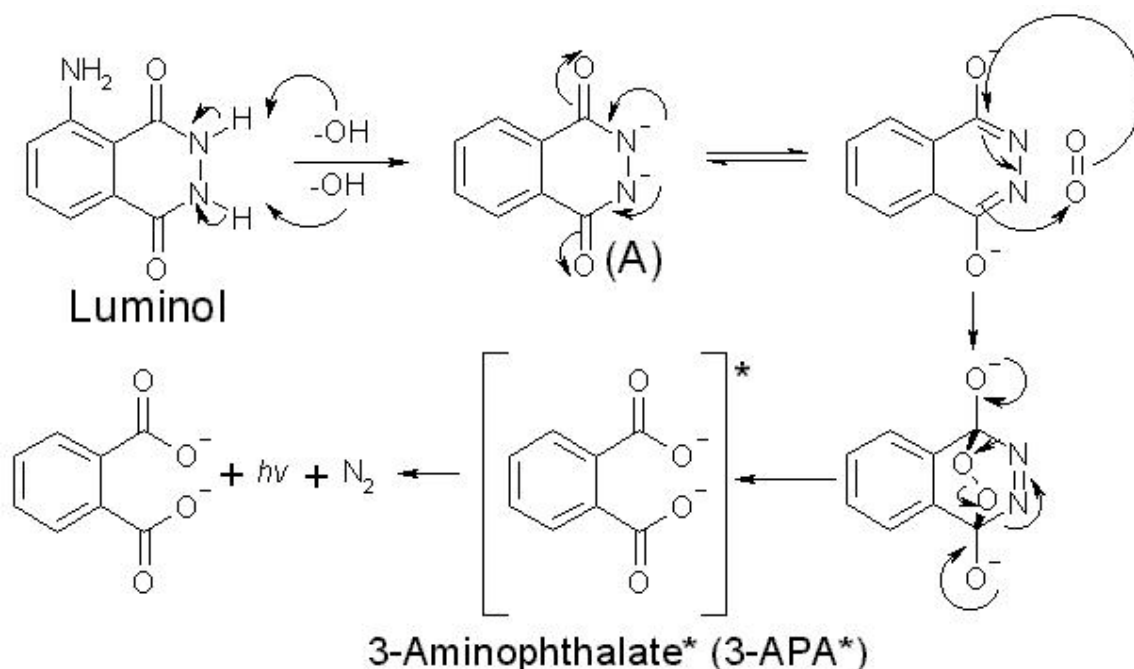
využívaná látka. Používá se pro zvýraznění latentních stop krve, nebo testech viditelné zaschlé krve. Při jeho oxidaci je uvolňována energie ve formě namodralé chemiluminiscence a tato oxidace je katalyzována železem, tedy i hemoglobinem obsahujícím skupinu železa. Proto je výsledkem kontaktu luminolu s krví asi třicetisekundová luminiscence pozorovatelná za tmy.



Obr. 5: Stavba luminolu. Převzato z [30]

Během této doby je třeba luminiscenci fotograficky zdokumentovat. Přirozeně tvoří bílý až nažloutlý prášek a před použitím je zředěn většinou etanolem a do roztoku je přidáno oxidační činidlo, například peroxid vodíku. Reakce je spuštěna přítomností železa. Roztok je nanášen na stopy sprejem. Po výrobě roztoku je důležité zpracování cca do 24 hodin, kvůli možným zavádějícím výsledkům po oxidaci na vzduchu [12, 13].

Reakční mechanismu



Obr. 6: Reakční mechanismus luminolu. Převzato z [31]

Schéma na Obr. 6 zachycuje přeměnu luminolu během jeho oxidace a vysvětluje luminiscenční výsledek. Šipky znázorňují postupné ztracení atomů vodíku a dusíku a získávání atomů kyslíku. Tímto vznikne 3-aminofthalát v excitovaném stavu, to znamená, že jsou jeho elektrony posunuty do vyšších orbit, a to jej činí vysoce energeticky nabitým a nestabilním. Elektrony se samovolně vrací do stabilnější polohy a přebytečná energie je vypouštěna ve formě fotonů světla [14].



Obr. 7: Krevní stopa zachycená luminalem. Převzato z [32]

2.3.7 Bluestar

BLUESTAR® FORENSIC je látka s podobným účinkem jako luminol a v podstatě totožným reakčním mechanismem. Je však stále používanější díky vhodnějším vlastnostem reakce. Tou nejdůležitější asi je, že Bluestar na rozdíl od luminolu nepoškozuje při použití strukturu DNA krve. Ta je tedy i poté použitelná pro genetické testy. Další dobrou vlastností je chemiluminiscence Bluestar, která je silnější (dobře pozorovatelná i v šeru) a delší – trvá 2 až 3 minuty, a proto poskytuje lepší podmínky pro její zachycení. Bluestar také může být nanášen víckrát na jednu skvrnu, vždy po zaschnutí předchozího nástřiku, což s luminolem nelze. Oxiduje pomaleji, proto ho lze použít v plné funkčnosti po delší době po přípravě, než luminol. Vychází také vstříc uživatelům snadnějším použitím díky předpřipraveným tabletám, které je potřeba pouze vhodit do roztoku. U Bluestar i luminolu je však třeba dát pozor na látky, které s nimi také reagují, a tím pádem mohou změnit výsledky, jako čisticí prostředky (např. Savo), bělidla, akrylátové barvy, některou zeleninu aj. [15, 16].



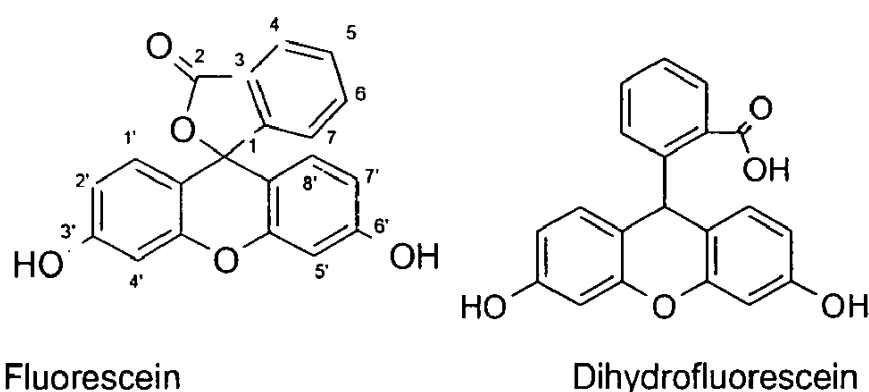
Obr. 8: Krevní stopa zvýrazněná BLUESTAR® FORENSIC. Převzato z [33]

2.3.8 Fluorescein

Vlastnosti

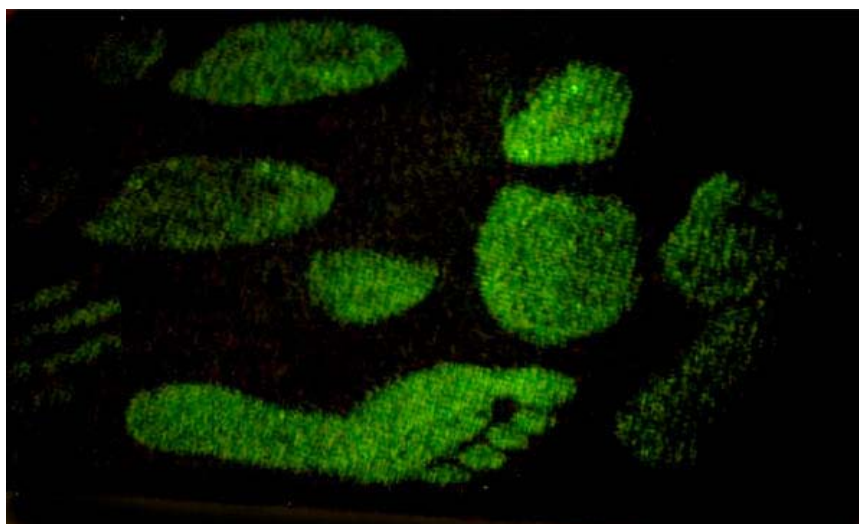
Fluorescein je látka, která je, podobně jako luminol a Bluestar, používaná k detekci latentních stop krve za pomoci produkce světla. Reakční mechanismus fluoresceinu je ale odlišný. Fluorescein je červený prášek, který je míchán s alkoholem a oxidačním činidlem (například peroxidem vodíku), komerčně se však prodává ve formě tablet, které je třeba pouze rozpustit ve vodě. Oxidace je stejně jako u Bluestar a luminolu katalyzována železem a výsledkem je zelená fluorescence. Ta trvá o něco déle než u zbylých prostředků (asi 5 minut), je však méně intenzivní. Jeho pozitivum ovšem je, že je mnohonásobně citlivější. K pozorování fluorescence ovšem potřebuje osvětlení pomocí ALS [17, 18, 19].

Reakční mechanismus



Obr. 9: Fluorescein a jeho oxidovaná forma. Převzato z [34]

Fluorescein se za přítomnosti železa oxiduje na dihydrofluorescein a jiné látky, které pod světlem o vlnové délce kolem 450nm světélkují.



Obr. 10: Stopy nohou od krve zvýrazněné fluoresceinem. Převzato z [35]

2.3.9 Jód

Stejně jako v daktyloskopii i v trasologii je využívána technika zvýraznění otisků parami jódu. Může

se jednat o otisky uší, rtů, nebo jiných částí těla. Díky přítomnosti tuku a vody na povrchu stopy jód na krátkou dobu ulpí na škrobu a stopa je zviditelněna. Tento postup je však proveditelný spíše v prostorách laboratoře, než na místě činu [20].

2.4 Ověření krevní stopy

I když rozbor krve patří spíše pod toxikologii, nebo forenzní biologii, součástí trasologické expertízy bývá ověření povahy některých nalezených stop. Nejčastější z nich je právě krev. Pokud je na místě činu objeven otisk v látce, která vypadá jako krev, je přesto pro sepsání zprávy nutné její ověření testem krve. Pro to slouží několik metod, z nichž jsou některé uvedeny níže [21, 22].

2.4.1 Detekční proužky

K detekci krve se používají detekční proužky, jež jsou v medicíně využívány na detekci krve v moči. Reagují na přítomnost červených krvinek, přesněji hemoglobinu, který způsobuje modrozelené zbarvení proužku. Výhoda této metody je její rychlost [22, 23].

2.4.2 Mikrokrytalografické zkoušky

Mikrokrytalografické zkoušky jsou testy prováděny ne na místě činu, nýbrž v prostředí laboratoře, kvůli nutnosti změny podmínek, jako zahřívání. Při reakci s hemoglobinem vznikají charakteristické krystalky. Tyto metody se používají pro složitější detekci krve v případech, kdy je stará, nebo poškozená [22].

Bertrandova zkouška

Látka je smíchána s chloridem hořečnatým a zahřívána na 120°C. Pokud je hemoglobin přítomný, vzniknou červenohnědé krystalky acetchlorheminu [21, 22].

Takayamova zkouška

Vzorek látky je dán na podložní sklíčko. Poté se k němu přidá směs glukózy, hydroxidu sodného, pyridinu a destilované vody. Přiloží se krycí sklíčko a vzorek je zahříván. V případně pozitivního výsledku na hemoglobin jsou utvořeny žlutohnědé, hvězdicovitě uskupené krystalky [21, 22].

2.5 Zajištění stop

Stopy jsou nestálé a většinou snadno poškoditelné, proto je důležité jejich včasné zajištění pro další analýzu. I když jsou některé stopy, jako krev, zjistitelné i po umytí a to desítky let poté, mohou být znehodnoceny chemikálií znemožňující správnou práci indikátorů. Pro zajištění kvalitní stopy je tedy nutné dodržovat hlavní zásady, těmi jsou úplnost, celistvost, rychlost, ochrana stopy, přesnost a priorita. Úplností se rozumí zajištění všech nalezených stop bez ohledu na to, zda se zdají potřebné či nikoliv. Později by nemusely být dohledatelné. Stopa musí být zajištěná celá pro pozdější výzkum, až tehdy se zjistí, které její části obsahují důležité markanty. Práce kriminalistického týmu musí být v ohledu trasologických stop co nejrychlejší, aby se zabránilo zničení stopy ještě před jejím sejmutím. Stopa by měla být dobře chráněna před vnějšími vlivy po celou dobu expertízy. Je podstatné stopu jak vyfotografovat, tak sejmut v reálných rozměrech, protože právě ty jsou jedním z hlavních aspektů pozdějšího porovnávání. Zásada priority znamená, že je třeba nejprve zajistit stopy, které se zdají jako nejpodstatnější (na předmětech spojených s trestným činem, v nejužším okolí jeho průběhu). Důležitou součástí je také obezřetné chování, pohyb přítomných osob a ochranné oděvy za účelem zamezení nejen poškození stávajících stop, ale i vzniku nových stop, které by mohly zmařit nebo zpomalit pozdější vyšetřování [1, 2, 3, 4].

2.5.1 Zajištění originální stopy (*in natura*)

Zajištění stopy *in natura* znamená její přemístění z místa činu pro další práci. Toto je užitečné pro urychlení procesu zajišťování stop a tedy pro co nejlepší postup v souladu se zásadami zajišťování. Některé předměty, na nichž byla stopa nalezena, mohou být odneseny v celku, z některých lze oddělit pouze část obsahující stopu. Mezi zajištění *in natura* řadíme i odebrání vzorků látek z nalezených stop [1, 2, 3].

Celý předmět

Předměty, které by potenciálně mohly obsahovat stopy (nebo jejich část), jsou opatrně a za použití sterilních gumových rukavic přemístěny do speciálních sáčků, které jsou většinou z umělé hmoty. Sáček je důkladně uzavřen, aby se zamezilo jeho vypadnutí nebo naopak vniknutí jiných látek zvenčí. Sáčky musí být také naprosto sterilní. Jakékoliv látky nanesené na předmět po trestném činu mohou znehodnotit vyšetřování.

Oddělení stopy od podkladu

V některých případech lze stopu oddělit rovnou na místě od podkladu. Tato metoda se nejčastěji používá u stop, u kterých není důležitý tvar a struktura, ale složení, jako skvrny různých látek a biologických materiálů, např. sperma. Stopa je nejprve fotograficky zdokumentována pro zaznamenání její polohy, případně tvaru, a poté sterilním nástrojem seškrábána k analýze jejího složení. Také se může ve výjimečných případech stát, že i objemová stopa, jako otisk podrážky, je oddělitelná. Toho lze docílit, když se ztuhlý měkký povrch, ve kterém je stopa zanechána (například bláto), nachází na povrchu pevném a je tedy možné její oddělení. Před tímto krokem je nezbytná fotodokumentace, jelikož hrozí velké riziko zničení stopy [1, 3].

Extrakce látky

Z látek nalezených v kapalném stavu nebo zkapalnitelných zaschlých látek lze odebrat vzorek pomocí pipety nebo jiných nástrojů a uchovat jej pro analýzu složení. Může se jednat o biologické materiály, jako krev, moč, sliny, stolice, sperma, plodová voda aj., nebo o chemikálie.

2.5.2 Zajištění kopie stopy

Některé stopy, většinou plošné, nelze z místa činu přemístit. Proto je pro další porovnávání třeba jejich fotodokumentace, případně sejmutí otisku či odlitku (v případě objemových stop).

Fotografie

Fotografování je nedílnou součástí dokumentace, a to nejen fotografování průběhu vyšetřování, ale také stop. Fotograficky se zaznamenává jak poloha stopy na místě činu, tak stopa samotná. Tím se zamezí jejímu úplnému ztracení v případě poškození originálu nebo kopie, ať už při práci kriminalistů, tak i působením vnějších podmínek nebo sabotáží. Fotografie jsou vždy pořizovány s přiloženými, na sebe kolmými měřítky, aby se zabránilo zkreslení rozměrů. Samotná stopa je fotografována vždy kolmo a za použití stativu. V případě plošných stop musí být dobře osvětlena, čímž docílíme vyvarování se možných stínů, které by mohly skrýt důležité markanty. Osvětlení je velmi důležité i při fotografování objemových stop, kdy musí být osvětlení několikabodové pro kvalitní zachycení její hloubky a předejití nežádoucím stínům. Každá fotografie je pořizena nejméně dvakrát pro případ zničení jedné kopie nebo špatné kvality [1, 2, 3, 4].

Odlitky

Objemové stopy jsou snímány ve formě odlitků. Většinou se jedná o stopy podrážek i bosých nohou, stopy vozidel nebo zvířecí stopy. K tomuto účelu lze použít hmoty na bázi sádry nebo silikonu. Sádra

se při tuhnutí mírně zahřívá, proto je vhodná do podkladů, které zvýšená teplota nedeformuje. Pro stopy ve sněhu je využíván silikon, který teplotu nemění. Sypké povrchy je nutné nejprve zafixovat lakem na vlasy nebo jinými ztužovači. Nalezená stopa je nejprve opatrně očištěna pinzetou od stébel trávy, větviček a jiných nečistot, které by po odlití zůstaly ve hmotě. Pokud je stopa hodně vlhká, nebo je na ní voda, může být odsátá injekční stříkačkou, houbičkou, tampony a jemně posypat sádrou pro vysušení. Před samotným odléváním je stopa ohraničena, aby se zamezilo rozlití sádry, a poté je do ní postupně, od jednoho konce k druhému, vлита daná hmota. Ta je po ztvrdnutí vyjmuta a očištěna štětečkem. Celý postup musí být proveden s obezřetností, aby nebyl tvar stopy poškozen. Fotodokumentace je provedena před odléváním, kvůli riziku změny tvaru či poškození stopy během něj [1, 4].



Obr. 11: Odlévání stopy sádrou. Převzato z [4]

Sejmutí na daktyloskopickou fólii

Snímání na fólie je většinou používáno pro plošné otisky částí lidského těla, jako dlaní, chodidel, uší, nebo rtů. Na stopu je štětečkem nanesen velmi jemný prášek, jako argentorát či grafit. Drobné částičky se uchytí na biologických materiálech ulpělých na podkladu po kontaktu s danou částí těla. Poté je postupně přiložena černá želatinová, nebo průhledná daktyloskopická fólie. Ke stejnému účelu mohou posloužit i speciální lepicí pásy [1, 4].

Elektrostatický snímač

Elektrostatické snímání je používáno k zajištění prашných stop. Zajišťovací fólie je upevněna na desce, kterou prochází elektrický proud. Částičky prachu se vlivem elektrostatické síly nalepí na fólii. Po odpojení přístroje je fólie odejmuta a stopa fotograficky zdokumentována, jelikož tato metoda neslouží k dlouhodobému uchování stop. Po odpojení přístroje lze prach lehce setřít [1, 24].

2.6 Porovnávání stop

Po získání všech dostupných stop z místa činu je nutná jejich analýza, protože právě ta vede k objasnění průběhu trestného činu a usvědčení pachatelů. Trasologická analýza se zabývá především hledáním specifických znaků a porovnáváním tvaru stop se stopami potenciálních pachatelů či jinými objekty, které mohly stopu způsobit, nebo přes databáze stop.

2.6.1 Snímání kontrolních otisků

Pro vizuální porovnání otisku je potřebný tzv. kontrolní otisk – otisk provedený domnívaným způsobem potenciálním původcem. V případě plošných stop je sejmut otisk většinou daktyloskopickou fólií. To může být provedeno přímo potřením cílové části práškem a následným obtištěním, nebo přiložením části na materiál, ze kterého je následně otisk sejmut. Pakliže se jedná o otisky bot nebo chodidel, lze nabarvit danou část daktyloskopickou černí (černá barva určená

k provádění otisků) a otištění na papír. I pneumatiky mohou být potřeny černí a následně otištěny na pruh papíru přejetím po něm. Stopy lokomoce jsou napodobovány obdobně, potřením chodidel či bot a simulací pohybu přes papír. Objemové kontrolní otisky bývají provedeny vtištěním objektu do speciální hmoty a následním odlitím [1, 4].

Pozorování

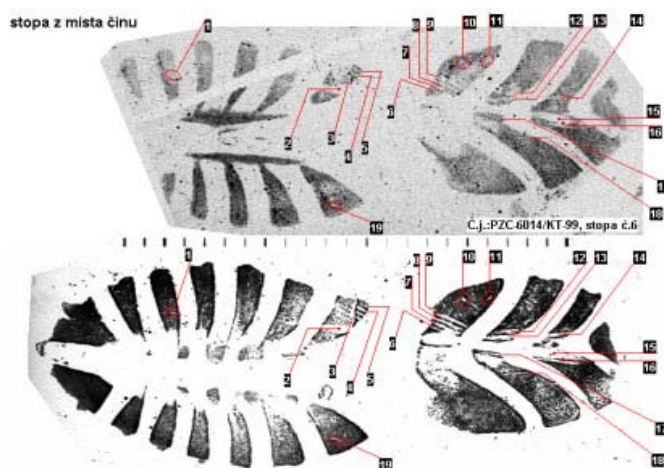
První metodou určování stop je pozorování. Základní tvar, velikost a struktura stopy je porovnávána s kontrolním otiskem nebo vzorkem. V této fázi vyloučíme na první pohled odlišné stopy. Zároveň můžeme vyvodit obecné charakteristiky stopy: například zda se jedná o stopu dospělého nebo dítěte, v případě stopy podrážky jakým typem boty mohla být vytvořena atd. Stopy určené v této fázi jako vhodné k dalšímu přezkoumání pokračují k podrobnějšímu prozkoumání [1].

Překrývání

Pro přesné rozměrové porovnání a porovnání umístění specifických znaků je využívána metoda překrývání stopy z místa činu s kontrolním vzorkem na průhledné fólii. Takto můžeme téměř s jistotou vyvodit, zda se stopy tvarově a rozměrově shodují [1, 2].

Bodování

Bodování je metodou zaznamenání pozorování shodných znaků mezi stopou a kontrolním otiskem. Shodující se specifické znaky jsou označeny na fotografiích, nebo naskenovaných stopách stejným číslem pro pozdější dokazování shody [1, 2].



Obr. 12: Bodování stopy a kontrolního otisku. Převzato z [4]

2.6.2 Charakteristické znaky při identifikaci stop lokomoce

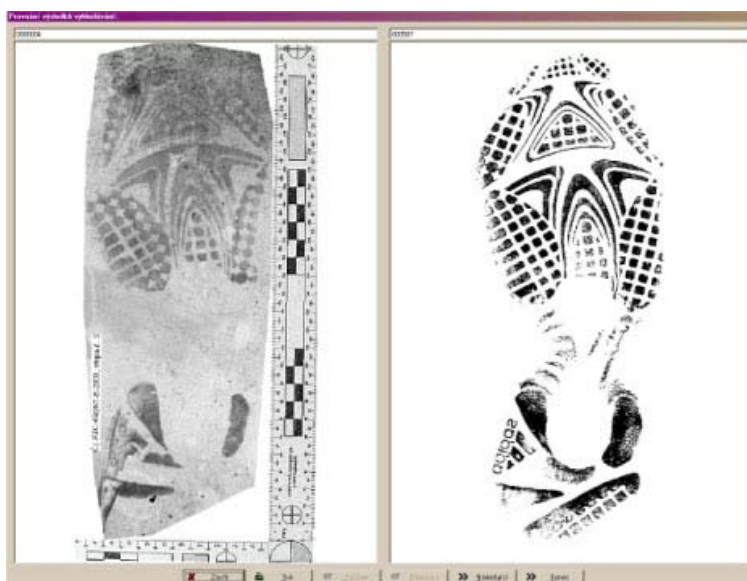
Každý člověk má specifickou chůzi, a proto jsou rozměry stop lokomoce, úhly kladení nohou i hloubka jednotlivých částí stopy dobrým identifikačním prostředkem. Tyto stopy však nejsou v terénu dobře sejmutelné, jelikož jde o jejich prostorové umístění vůči sobě. Proto musí být fotograficky zdokumentovány a změřeny přímo na místě. Měří se délka stopy, délka kroku pravého a levého (vzdálenost mezi patou stopy a patou stopy před ní, přičemž přední stopa určuje, zda se jednalo o pravý či levý krok), délka dvojkroku pravého a levého (vzdálenost mezi patou stopy a patou další stopy provedené stejnou nohou), šířka chůze (vzdálenost mezi pomyslnými přímkami, které spojují nejvnitřnější body jedna pravých a druhá levých stop) a úhel stopy pravé a levé (úhel mezi osou stopy a směrem chůze). Podle hloubky stop v různých místech lze také zjistit výšku a váhu původce, a také případné vady chůze (napadání na jednu nohu apod.) [1, 2, 25].

2.6.3 Charakteristické parametry stop dopravních prostředků

Kromě vzoru pneumatik jsou důležitými indikátory toho, o jaký typ dopravního prostředku se jednalo, i rozměry stop. Dvěma hlavními rozměry zjistitelnými ze stop pohybu vozidel jsou rozchod a rozvor. Rozchod je vzdálenost mezi vodorovnými osami obou kol, tedy jakási šířka vozidla. Rozvor je vzdálenost mezi nápravou předních a zadních kol. Ze stop ho lze zjistit pouze při zatáčení [1, 2].

2.6.4 Systém TRASIS a jiné databáze

TRASIS je česká počítačová databáze, do které jsou sdíleny pořízené otisky podešvi obuvi ze všech pracovišť na území republiky. Fotografie, nebo stopa nahraná do počítače pomocí skeneru, může být porovnána s databází a program TRASIS sám vygeneruje nejpodobnější dosud nahrané stopy včetně informací o nich zjištěných. Tento systém není jedinou počítačovou databází. Ve světě funguje mnoho kriminalistických databází na různé typy stop [1, 25].



Obr. 13: Ukázka z databáze TRASIS. Převzato z [4]

2.7 Praktické práce

2.7.1 Experimenty vycházející z teoretické části práce

Následující experimenty byly zaměřeny na potvrzení pravdivosti teoretické části seminární práce.

Příprava luminolu

V rámci praktické práce jsme se pokusili o přípravu luminolu.

Protokol 1: Příprava luminolu

A. Cíle experimentu

vyrobit funkční luminol

B. Chemikálie

1. síran hydrazinu; $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$; 10 g
2. ftalanhydrid; $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$; 50 g
3. kyselina sírová, 97 %; H_2SO_4 ; 50 ml
4. kyselina dusičná, 65 %; HNO_3 ; 100 ml
5. kyselina 3-nitroftalová; $\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}_6$; 10 g
6. glycerol; $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$; 30 ml
7. hydroxid sodný, 15 %; NaOH ; 100 ml
8. 3-nitroftalhydrazid; $\text{C}_8\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_4$; 7 g
9. hydroxid sodný, 10 %; NaOH ; 50 ml
10. dithioničitan sodný; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$
11. kyselina octová; CH_3COOH ; 20 ml
12. destilovaná voda; H_2O ;

C. Materiál

1. tlustostěnná baňka, 250 ml; 2 ks
2. kuličkový chladič; 1 ks
3. kádinka, 400 ml; 1 ks
4. kádinka, 800 ml; 2-3 ks
5. fritu; 1 ks
6. síťka na kahan; 1 ks
7. kahan a sirky; 1 ks
8. trojnožka; 1 ks
9. topné hnízdo; 1 ks

D. Postup

1. v tlustostěnné baňce rozpustíme ftalanhydrid, kyselinu sírovou, postupně přidáváme kyselinu dusičnou
2. směs zahříváme ve vodní lázni pod reflexem cca 2 hod, poté nalijeme do 500 ml ledové vody
3. vzniklou sraženinu kyseliny 3-nitroftalové přefiltrujeme přes fritu a necháme usušit na vzduchu
4. v kádince smícháme kyselinu 3-nitroftalovou, glycerol a 100 ml vody
5. přidáme síran hydrazinu, roztok NaOH (15 %)
6. zahříváme za atmosferického tlaku, abychom vyvařili vodu (cca 120° C)
7. zahuštěnou látku necháme vychladnout na 100° C, nalijeme do menšího množství vody (cca 100 ml)
8. vzniklou sraženinu 3-nitroftalhydrazidu přefiltrujeme přes fritu
9. 3-nitroftalhydrazid smícháme s 10 % roztokem NaOH a $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$
10. směs vaříme v topném hnízdě 8-10 min
11. směs necháme vychladnout na 80° C
12. přidáme kyselinu octovou
13. necháme vychladnout na laboratorní teplotu a přefiltrujeme

E. Výstup experimentu

provedli jsme popsání postup, ale během experimentu se objevily nepředpokládané problémy, nakonec jsme získali bílý prášek podobný komerčnímu luminolu, který reagoval/ nereagoval s krví

F. Závěr

Luminol se nám dle popsáního postupu nepodařilo vyrobit. Syntetická látka bude podrobena další analýze.

2.7.2 Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů

Součástí praktické práce bylo zkoumání scén z detektivních filmů a seriálů, které se týkají našeho tématu.

Snímání otisku ucha

Původní verze

V seriálu Kriminálka Las Vegas od režiséra K. Finka z roku 2000, v 1. díle 10. série, byl sejmuto otisk ucha nanesením prachové substance pomocí štětečku na zeď. Kriminalisté následně otisk porovnávali s otisky podezřelých.



Obr. 14: Zviditelnění otisku ucha. Převzato z [36]



Obr. 15: Sejmутý otisk. Převzato z [36]

Je to možné?

Otisky ucha je možné snímat stejně jako např. otisky prstů, ucho stejně tak jako prsty zanechá na podkladě stopy potu a nečistot z kůže. K porovnávání je dobré sejmout otisky podezřelých na sklo, aby shoda otisků mohla být dobře zaznamenána. Tento pokus jsme provedli v laboratoři.

Protokol 2: Snímání otisku ucha

A. Cíle experimentu

zviditelnit otisk ucha na skle a sejmout jej na daktyloskopickou fólii.

B. Chemikálie

1. argentorát; Al; cca 5 g

C. Materiál

1. jemný štěteček; 1 ks
2. daktyloskopická fólie; 1 ks

D. Postup

1. stiskneme ucho na sklo
2. pomocí štětečku nanese na místo otisku jemně stejnosměrnými tahy argentorát
3. sejmeme krycí vrstvu z daktyloskopické fólie
4. přitiskneme fólii na místo otisku
5. odejmeme fólii a vrátíme na ni krycí vrstvu

E. Výstup experimentu

argentorátem se podařilo detailně zjevit otisk ucha a jeho sejmoutí na daktyloskopickou fólii proběhlo úspěšně

F. Závěr

Jemné částičky argenterátu se uchycují a organických stopách zanechaných na skle po kontaktu s lidskou pokožkou. Tyto částičky jsou poté zachyceny na lepkavou část daktyloskopické fólie a přikryty, čímž je otisk zachován.

3 Daktyloskopie

3.1 Úvod

Daktyloskopie je jednou z nenahraditelných kriminalistických metod, a to díky možnosti identifikovat jedince na základě nálezu daktyloskopické stopy zanechané přímo oním konkrétním jedincem. V dnešní době žije většina lidí v anonymitě, tudíž za určitých situací nastává přirozená potřeba identifikovat konkrétní osobu. Tato potřeba může nastat například v případě trestného činu, kdy je pachatel potřeba identifikovat za účelem zadržení. Další z těchto situací může být úmrtí člověka, v některých případech lze identifikovat osobu jen za použití daktyloskopie. V případě ztráty identity člověka lze také použít daktyloskopii pro identifikaci. Daktyloskopie je nenahraditelná právě kvůli jejímu širokému využití. Daktyloskopie je vědní obor kriminalistické techniky, který zkoumá obrazce papilárních linií na vnitřní straně posledních článků prstů rukou, na dlaních a prstech nohou a chodidlech z hlediska zákonitostí jejich vzniku, vyhledávání, zajišťování a zkoumání [1]. Což činí z daktyloskopie jedinečnou techniku identifikace osob, vzhledem k tomu, že obrazce papilárních linií jsou pro každého člověka zcela unikátní, a jejich shoda je velice nepravděpodobná. Už pravděpodobnost shody jednoho otisku prstu ve dvaceti markantech (viz níže) činí $1:10^{60}$. Kombinace všech dvaceti markantů vede k 64 miliardám možných obrazců. Tato pravděpodobnost byla vypočítána Balthazardem (Itálie) v roce 1911. [1] Skutečnost, že na Zemi doposud ještě nežilo ještě tolik lidí, aby byla možnost, že by se jeden obrazec shodoval alespoň ve 20 markantech [1], potvrzuje to, že obrazce papilárních linií prstů jsou pro každého jedince individuální.

Daktyloskopie není jen populární metodou jen v kriminalistice, přirozeně se stala trendem i ve filmovém průmyslu, zejména si můžeme povšimnout jejího výrazného využití v televizních detektivních seriálech. Tento trend přirozeně vede k popularizaci a zvýšení povědomí o daktyloskopii i kriminalistické technice obecně. Avšak filmaři často vytvářejí chyby v interpretaci kriminalistických metod. Tato pochybení bývají jak neúmyslná, způsobená nevědomostí, nebo záměrně tvořená autory televizních seriálů za účelem zvýšení přitažlivosti děje, nebo samotných technik. Proto je část předkládaného textu zaměřena na porovnání kriminalistických metod interpretovaných televizním průmyslem a metod reálných.

3.2 Historie

Daktyloskopie patří mezi jednu z nejstarších identifikačních metod. Lidé si uvědomovali linie svých rukou už od nepaměti. V Severní Americe v Indianě byly nalezeny v roce 1913 kresby vyryté ve skále znázorňující ruce a na nich obrazce ve tvaru spirál, oblouků a elips, což naznačuje povědomí lidí o papilárních liniích už v té době [2]. Nejstarší nálezy otisků rukou a prstů jsou známy již z doby paleolitu. Také se našla keramika označená otiskem prstu z roku okolo 5000 př.n.l. ze starého Babylonu. Jedinečnost otisku prstu byla známa i jiným kulturám, například Asyřanům, což bylo potvrzeno nálezem úlomků hliněných destiček v asyrské Ninive z 9. Století př. n. l., které byly pokaždé, vedle jména autora, označeny otiskem prstu, pravděpodobně proti falzifikaci. Využití daktyloskopie znali i Japonci a Číňani, kteří například opatřovali důležité dokumenty a smlouvy otiskem prstu, aby byla prokázána totožnost dané osoby. Avšak za významnější je považována literatura z roku 1107 n.l., která byla nalezena v Číně a zabývala se zhotovením otisku prstu a jeho využití v kriminalistických procesech, což naznačuje, že tehdejší obyvatelé Číny znali daktyloskopii. Pravděpodobně první pokus o registraci lidí podle otisku prstu byl v Japonsku, kde byly okolo roku 1868 otiskovány palce zločincům. Do Evropy se tyto poznatky nedostaly, anebo nedosahovaly takové úrovně jako ty Asijské [3]. První, kdo vědecky popsal obrazce papilárních linií, byl britský lékař Nehemiah Grew, ve svém díle *Philosophical Transactions*.

Pravým průkopníkem by však český vědec Jan Evangelista Purkyně (1787 – 1869), který klasifikoval základní vzory papilárních linií na posledních člancích prstů a zařadil je do devíti vzorů, popsal také uskupení papilárních linií, takzvanou deltu. Toto publikoval ve svém díle *Comentatio de examine physiologico organivisus et systematis cutanei (Rozprava o fyziologickém výzkumu orgánu zrakového*

a soustavy kožní), které bylo napsáno latinsky a vydáno v roce 1823 ve Vratislavi. Jeho výzkumy byly však vedeny pouze z biologického hlediska a nepočítal s využitím otisku prstu za účelem identifikace osob [3, 4, 1].

Základy dnešní daktyloskopické identifikace však položil až James William Herschel (1833 - 1917), který působil jako úředník v indické bengálské provincii, kde se dostával do styku s čínskými kupci, kteří používali pro ověření smluv otisk prstu. Herschela toto zaujalo na tolik, že se začal tomuto tématu věnovat více dopodrobna, začal sbírat otisky dalších lidí a po dalším zkoumání dopěl k závěru, že otisky dvou různých lidí se neshodují, v důsledku toho zavedl ve svém úřadu povinnost označit příjem důchodu otiskem prstu, aby se vyhnul vyplácení důchodů už dávno mrtvým lidem. Podobnou metodu se snažil zavést i místní věznicí, pro označování těžkých zločinců, avšak tato metoda byla zamítnuta vedoucím věznicí. Spolupracoval i s Galtonem (viz níže), kterého podpořil v jeho teorii o neměnnosti otisků [5, 3].

Nezávisle na Herschelovi zkoumal otisky prstů skotský vědec a misionář Henry Faulds (1843 – 1930), který pracoval v Japonsku v jedné nemocnici v Tokiu [6]. Zaměřoval se především na rozdíly otisku prstu různých národností a genetické dědičnosti obrazců papilárních linií. Také navrhoval snímání všech deseti otisků prstů zločinců a jejich následné uchování [7]. Faulds byl první, koho napadlo využívat otisky prstů nalezené přímo na místě činu pro nalezení a identifikaci zločince. Na základě jeho poznatků se mu podařilo vystopovat dva zločince a usvědčit je. Svě zkušenosti a znalosti sepsal v roce 1888 pro anglický časopis *Nature* [3].

Další významnou osobností na poli daktyloskopie byl anglický přírodovědec Francis Galton (1822-1911), který studoval dědičnost a rozdíly otisků prstů u různých ras. A zabýval se také pravděpodobností shody jednoho otisku prstu. Svě poznatky zveřejnil ve třech knihách z let 1892 – 85. Tuto pravděpodobnost zahrnující shodu všech deseti otisků prstů stanovil na desátou mocninu 64 miliard, čímž prakticky vyloučil možnost shody otisku prstu. Také psal o identifikaci stejných vzorů papilárních linií, které pak zahrnul do svého klasifikačního systému, který značně ovlivni i dnešní metody [3].

Na zavedení daktyloskopie do praxe se významně podílel Dr. Juan Vucetich (1858- 1925), působící v Argentíně jako policejní úředník, který podporoval Galtonovy a Purkyněho teorie a zavedl je do praxe vedle tzv. Bertillonáže. Na základě otisku prstu se mu podařilo vyřešit několik případů, proto také začal daktyloskopii propagovat na mezinárodních konferencích a seminářích. Je také autorem samotného názvu „daktyloskopie“ [3, 8].

Během těchto let se daktyloskopie dostávala do povědomí veřejnosti, v důsledku toho se společnost rozdělila na dvě části, jednu zastávající klasickou antropometrii neboli bertillonáž (identifikace jedince na základě 10 antropometrických rozměrů, která byla vymyšlena Bertillonem), a druhou prosazující novou daktyloskopii. Daktyloskopie však postupně bertillonáž vytlačila a stala se obecně uznávanou metodou. V České Republice byla bertillonáž plně nahrazena daktyloskopií v roce 1908 [3, 1].

3.3 Daktyloskopická teorie

Jak již bylo uvedeno výše, daktyloskopie je vědní obor zabývající se výzkumem obrazců papilárních linií na vnitřní straně článku prstů rukou na dlaních a prstech nohou a chodidlech z hlediska zákonitostí jejich vzniku, vyhledávání, zajišťování a zkoumání s cílem identifikovat osobu [1]. Papilární linie vytvářejí svým křížením, změnou směru a rozvětvováním různé obrazce. V těchto obrazcích je možno nalézt tzv. markanty, jejichž výskyt a rozmístění je u každého člověka jedinečný.

3.3.1 Papilární linie

Papilární linie, 0,1-0,4 mm vysoké a 0,2-0,7 mm široké [1], jsou tvořeny výběžky škůry (dermis) do pokožky (epidermis) [9]. Tyto výběžky se začínají vytvářet ještě před narozením, takže po narození jsou už plně vyvinuté. Jelikož škůra je částí kůže podporující pokožku, jsou tyto výběžky důležité

k výměně látek mezi těmito dvěma vrstvami, především slouží k oksličování a vyživování spodních buněk pokožky [10]. Mají také velký vliv na hmatové vlastnosti končetin. Dosavadní vědecké výzkumy prokázaly, že slouží hlavně k lepšímu rozeznávání hrubosti a textury povrchu, což je, jak se ukázalo podle vědeckých výzkumů týmu francouzských fyziků vedených Georgem Debrégeasem, díky schopnosti jednotlivých výběžků papilárních linií šířit lépe vibrace. Tým dosáhl těchto poznatků za pomoci uměle vytvořené prstu, který byl pokryt elastickým materiálem nesoucím na sobě výběžky ve tvaru papilárních linií, pod tímto materiálem byly umístěny tlakové senzory reprezentující nervová zakončení lidské kůže. Když pak vědci přešli umělým prstem po skleněném povrchu s výstupky, což vedlo k tomu, že se umělá kůže s papilárními liniemi rozkmitala a vydávala kmitočty o různých frekvencích, které mohly být lépe detekovány tlakovými senzory. Otisky prstů také pravděpodobně slouží k zlepšení kontaktu pokožky s mokřím povrchem objektu [11, 12].

Existují tři hlavní fyziologické zákony daktyloskopie:

- Zákon o relativní neměnnosti obrazců papilárních linií:

Obrazce papilárních linií jsou relativně neměnné v průběhu života člověka. Základy papilárních linií vznikají v období 4. měsíce embryonálního vývoje, v 6. měsíci jsou plně vyvinuty [12]. Sice se pokožka během stárnutí člověka vyvíjí jak velikostně, tak i jiné kožní defekty jako vrásky a jizvy, které mohou ovlivnit celkový vzhled otisku, ale i přes to se relativní velikost papilárních linií, ani vzdálenost papilárních linií vůči sobě nemění. Nemění se ani relativní rozmístění jednotlivých markantů, které zachovávají stále stejnou podobu a relativní vzdálenost od sebe sobě. Obrazce papilárních linií zůstávají zachované i nějakou dobu po smrti jedince, což umožňuje identifikaci osoby i po její smrti [1]

- Zákon o relativní neodstranitelnosti papilárních linií:

Papilární linie mohou být trvale odstraněny pouze, když dojde k zničení, nebo odstranění zárodečné vrstvy kůže, v takovémto případě vzniká jizva, která nemůže nést papilární linie. Pokud je poškozena pouze kůže, a není odstraněna zárodečná vrstva, tak dojde pouze k dočasnému odstranění otisků, které se po nějaké době zregenerují ve stejné podobě. Toto dokázali francouzští kriminalisté Locard a Wilkovský, kteří si odleptávali konečky prstů, a následně zkoumaly jejich otisky. Po nějaké době zjistili, že jejich papilární linie se regenerovaly ve stejné podobě [12]. Dočasnou ztrátu papilárních linií může také způsobit tzv. hand-foot syndromem, který může vzniknout po léčbě nádorových onemocnění [7].

- Zákon o relativní individuálnosti papilárních linií:

Papilární linie jsou pro každého člověka unikátní. Ještě se nenarodili dva jedinci, kteří by měli dva identické otisky prstu. A vzhledem k množství kombinací je to skoro nemožné. Jak bylo zmíněno v předchozí části textu, shoda otisku prstu pouze ve dvaceti markantech je velice nepravděpodobná, ne-li zcela nemožná, ital Balthazard v roce 1911 zpočítal, že tato šance činí asi $1:10^{60}$ [1]. K podobnému závěru došel i Galton, který svou teorii zveřejnil v roce 1888. Čímž je shoda dvou otisků prstů různých jedinců prakticky vyloučena [3].

3.3.2 Daktyloskopické markanty a monodaktyloskopická klasifikace






Papilární linie tvoří již zmíněné obrazce, podle kterých se určuje shoda otisku prstu. Každý obrazec má své charakteristické identifikační znaky, tzv. daktyloskopické markanty. Tyto markanty jsou nepatrné nepravidelnosti a odchylky v prostorovém průběhu papilárních linií. V každém obrazci se vyskytuje velké množství těchto odchylek. Jejich konkrétní postavení a utváření v obrazci vytváří každý obrazec jedinečným. Mezi daktyloskopické markanty patří např. očko, vidlice, háček, zkřížení, začátek a ukončení linie, atd. Ve většině států je požadovaný počet daktyloskopických markantů, pro individuální identifikaci člověka, rozdílný. V České republice je minimální požadovaný počet 10 markantů neboli tzv. upotřebitelná stopa [1]. Počet markantů nutných pro individuální identifikaci

v různých zemích je uveden v následující tabulce.










Tab. 1: Minimální počet markantů v různých zemích. Převzato z [1]

Stát	Minimální počet markantů	Poznámka
Itálie	17	Založeno na výpočtu Balthazarda (1911)
Anglie	16	
Německo a Švýcarsko	8-12	Založeno na výpočtu E.Locarda (1912)
Belgie, Francie a Izrael	12	Založeno na výpočtu E.Locarda (1912)
ČR	10	
Rusko	7	
USA	-	Není stanovený počet markantů, závisí na individuálním posouzení experta, diskuze jsou o doporučováním počtu 8-16 markantů

Názvy jednotlivých markantů se také v zahraničí částečně odlišují, pojmenování, popis a jejich vzhled je ilustrován na následujících dvou obrázcích.

Daktyloskopický znak	Název	ČR	Zahraničí	Popis
	tečka dot	+	+	Samostatně stojící papilární linie ve tvaru tečky. V nejbližším okolí nejsou žádné papilární linie.
	očko eye	+	+	Papilární linie se spojují do kruhu, ne větším jak 3 mm.
	ostrůvek island		+	Totéž co očko. Kruhovú oblast je větší jak 6 mm, menší jak 3 mm. Ohraničený prostor je prázdný.
	ostrůvek s čárkou enclosed ridge	+	+	Papilární linie, ne delší jak 6 mm, je uzavřená do kruhové prostoru.
	uzavřená smyčka enclosed loop		+	Mezi dvěma nebo více paralelními papilárními liniemi je vytvořen prázdný prostor.
	speciální markanty specialties		+	Zřídka se vyskytující tvary, jako otazník uzavřený do nepravidelného tvaru.

Obr. 16: Markanty. Převzato z [13]

Daktyloskopický znak	Název	ČR	Zahraničí	Popis
	krátká linie ridge	+	+	Papilární linie ve tvaru úsečky leží uprostřed dvou rovnoběžných přímek papilárních linií.
	začátek a konec start and end ridge	+	+	Papilární linie má tvar polopřímky.
	háček hook	+	+	Papilární linie se rozdvouje, jedna není delší než 3 mm.
	mústek fork	+	+	Dvě papilární linie jsou spojeny další, ne však delší 3 mm.
	křížení crossing ridge	+	+	Dvě papilární linie se kříží.
	zdvojení	+		Zdvojení dochází u dvou paralelních papilárních linií. Jedna protilehlá dvojice je přerušena, u druhé dochází k propojení protilehlých linií.
	posunutí	+		Jednoduchá papilární linie je přerušena a oba konce jsou vyhnuty směrem ven.
	dvojitá vidlice bifurcation	+	+	Papilární linie se rozdvouje ve dvě, které jsou delší jak 3 mm, jsou přibližně paralelní.
	trojitá vidlice trifurcation	+	+	Obdoba dvojitě vidlice. Vidlice jsou však tři.

Obr. 17: Markanty 2. Převzato z [13]

Na porovnání obrazců papilárních linií můžeme také použít monodaktyloskopickou klasifikaci. Jedná se o postup, kdy určíme obecný vzhled obrazce, identifikujeme především vrcholy a delty, které papilární linie tvoří a podle jejich uskupení, tvaru a směru je klasifikujeme. Papilární linie mohou tvořit např. oblouky, otevřené a zavřené smyčky vlevo a vpravo, aj. obrazce. Tato metoda se používala především k lepší organizaci databází otisků prstů [13, 7].

3.3.3 Druhy daktyloskopických stop a jejich vznik

Daktyloskopické stopy vznikají za předkladu, že se setká část lidského těla nesoucí papilární linie a předmět, který je schopen daktyloskopickou stopu přijmout a uchovat ji.

Daktyloskopické stopy členíme podle způsobu jejich vzniku a jejich vlastností na:

- Objemové: Tyto typy stopy vznikají, pokud jedinec otiskne část těla nesoucí papilární linie na povrch, který je schopný plastické deformace. Může se jednat např. o vosk, plastelínu, aj. V takovém to případě vznikne zrcadlově převrácený obrazec papilárních linií. Tyto stopy jsou uchovány, za předpokladu, že látka nesoucí daktyloskopickou stopu nepřekročí bod tání, v takovémto případě je stopa nenávratně ztracena.
- Plošné:
 - Odvrstvené: Odvrstvené daktyloskopické stopy vznikají za předpokladu, že na povrchu nosiče se nachází látka, která ulpí na vrcholcích papilárních linií a tím dojde k porušení její souvislosti. Látka zůstane neporušena v místě mezipapilárních prostorů. K tomuto může dojít za předpokladu, že látka má sama lepkavé vlastnosti (např. krev, barviva, lepidla,...) a ulpí na hřbetech papilárních linií, nebo pokud se již lepkavá látka nachází na vrcholcích papilárních a způsobí to, že se druhá látka, nacházející se na nosiči, přilepí na hřbet papilárních linií (např. na pot nacházející se

na pokožce se přilepí vrstva prachu nacházející na povrchu). Na povrchu nosiče může díky vlhkosti vzniknout roztok, který má lepivé vlastnosti.

- Navrstvené: Navrstvené otisky vznikají naopak nanesením látky, která dříve ulpěla na povrchu papírných linií, na povrchu vhodného nosiče. Může se jednat například o barvu, krev, inkoust, pot, aj. Podle viditelnosti těchto otisků se nadále dělí na:
 - Viditelné
 - Latentní: Latentní, neboli neviditelné daktyloskopické stopy jsou tvořeny většinou potem [1]. Pot je z 99% tvořen vodou (H_2O) ve zbytku se nachází kyselina mléčná ($CH_3-CHOH-COOH$), chlorid sodný ($NaCl$), močovina ($CO(NH_2)_2$), aminokyseliny, lipidy aj. Složení potu závisí na zdravotním stavu a stravování jedince, tudíž nemusí být pokaždé stejné [1, 14, 15].

3.3.4 Použití v praxi

Využití daktyloskopie

Daktyloskopie se dnes využívá hlavně v boji proti kriminální činnosti. Jak již bylo uvedeno, její jedinečnost spočívá v možnosti identifikovat konkrétního jedince, který zanechal stopu na místě trestného činu, nebo s ním související [1].

V kriminalistice se daktyloskopie využívá především k identifikaci pachatelů, podezřelých, a osob pohybujících se na místě činu v rámci běžného denního režimu, tzv. osob domácích, apod.

Jelikož papírní linie zůstávají i určitou dobu po úmrtí člověka, tak se využívá i k identifikaci mrtvol neznámé totožnosti, pokud jsou papírní linie doposud v zachovalém stavu [1, 16, 17].

Důležitá je také pro identifikaci osob, které ztratili svou totožnost, a tudíž ji nemohou prokázat, nebo osob, které úmyslně svou totožnost prokázat nechtějí, jedná se především o běžence, migrující osoby, osoby v bezvědomí, aj.

Pro objasnění trestného činu je také podstatné určit, jakou částí těla pokrytou papírními liniemi se pachatel dotýkal určitého objektu

Vyskytly se i případy, kdy bylo daktyloskopie zapotřebí pro rozlišení stop lidoopů a lidí.

Otisky nalezené na místě činu se zajišťují několika způsoby. Objemové daktyloskopické stopy a viditelné plošné daktyloskopické stopy se zajišťují zpravidla fotograficky za použití vhodného osvětlení, které umožňuje lepší viditelnost. Výjimkou jsou například stopy prašné, které je potřeba zajistit na daktyloskopickou folii. Daktyloskopická folie je želatinová, nebo samolepící páska, libovolné barvy, která slouží k sejmutí otisku a k jeho následnému uchování [1, 13, 17].

Latentní (neviditelné) otisky se musejí před sejmutím nejprve zviditelnit. Podle umístění otisku, jeho stáří a typu objektu, na kterém se otisk nachází, používáme různé typy metod pro zviditelnění.

Fyzikální metody odhalování otisků prstu

Tyto metody jsou založeny na základě různé přilnavosti (adheze) potu k jemným částicím hmoty, která otisky vyvolává. Tato vlastnost se po určité době u otisku vytrácí. Nejčastěji se jedná o hmotu v práškové podobě, která se nanáší za pomoci štětečku z jemných zvířecích chlupů, nebo vlasů. U některých látek se používají speciální štětce. Zviditelnění otisku probíhá tak, že opatrně nanášíme prášek na místo, kde se otisk nachází. Tahy štětce by měly být v jednom směru, aby otisk nebyl poškozen, nebo aby nebyl otisk rozmazán, což by mohl ovlivnit kvalitu otisku [1, 16, 17].

V rámci této metody se nejčastěji využívá jemně namletý hliník (Al), tzv. argentorát, který má stříbrošedou barvu. Využívá se především na otisky nacházející se na hladkém a lesklém povrchu. Pro lepší viditelnost se zajišťuje na daktyloskopickou folii černé barvy.

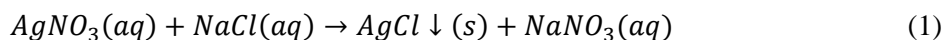
Časté využití má také grafit (C), který lze získat namletím tuhy na jemný prášek. Zviditelnění otisku za pomoci grafitu se používá především na otisky nalézající se na papíru. Grafit by se měl naopak pro svoje černé zbarvení zajišťovat na světlou daktyloskopickou folii [1, 16].

Za fyzikální metodu se považují i jiné prášky, a látky, kterými lze latentní otisky zviditelnit.

Chemické metody odhalování otisků prstu

Chemické metody se projevují barevnou reakcí některé ze složek potu s danou látkou, kterou se otisky zjevují. Tyto metody jsou používány na zviditelnění otisků, které se nachází na papírových nosičích. Dvě z nejpoužívanějších metod jsou metody zviditelnění daktyloskopické stopy za pomoci ninhydrinu (1,2,3-Indantrionhydrát) a dusičnanu stříbrného (AgNO₃). Ninhydrin se vyskytuje ve formě žlutých krystalků, které jsou nejčastěji rozpuštěny v acetonu (CH₃COCH₃). Běžně se využívá na dokazování přítomnosti aminokyselin. Proto je i využitelný v daktyloskopii, jelikož jak bylo již zmíněno, tak pot obsahuje množství aminokyselin. Na otisk se nanáší ve formě roztoku, a po zviditelnění má nafialovělé zbarvení (tzv. Ruhemanova barva – reakce ninhydrinu s aminokyselinami byla popsána v roce 1910 Rhuemannem). Celý proces zviditelnění trvá nejméně 24 hodin, avšak může být urychlen zahřátím nosiče na 100°C. Vzhledem k tomu, že se aminokyseliny na papíře nerozkládají, tak lze tuto metodu použít i na několik let staré otisky. Reakce ninhydrinu s aminokyselinami je popsána na Obrázku 6 [1, 17].

Dusičnan stříbrný (AgNO₃) reaguje s chloridem sodným (NaCl), který je taktéž obsažen v potu. Vzniká bílá sraženina chloridu stříbrného, který se následně vlivem UV záření rozpadá na kationty stříbra a anionty chlóru, díky kterému se otisk zbarví do fialové až černé barvy. Zkoumaný otisk se namáčí do roztoku dusičnanu stříbrného ve vodě, poté je nosič otisku třeba nechat uschnout a nechat na slunečním světle, nebo osvitit UV lampou. Reakce je dusičnanu stříbrného s chloridem sodným znázorněna následující rovnicí [20].



Fyzikálně- chemické metody odhalování otisků prstu

Zviditelnění daktyloskopické stopy probíhá na základě ulpívání chemických látek na nosiči, kde se nachází otisk papírných linií. Nejčastěji se používá zviditelnění latentní daktyloskopické stopy za pomoci sublimace jódu. Jód (I) přechází z pevného skupenství do plynného při normální pokojové teplotě. Zviditelnění při pokojové teplotě trvá okolo 30 minut a více. Nosič se proto uzavírá do nádoby, kam se umístí pevný jód, jehož páry následně ulpívají na povrchu nosiče a zviditelní tak otisk. Barva zviditelněného otisku je nahnědlá. Reakce lze urychlit zahříváním nádoby na vyšší teplotu. Tato metoda se nejčastěji používá na papírové nosiče. V případě této metody se však jedná pouze o dočasné zviditelnění, jelikož jód, který se usadí na otisku má tendenci znovu sublimovat, a proto se zviditelněný otisk musí co nejdříve zajistit fotograficky [1, 20].

Za fyzikálně – chemickou se považuje zviditelnění za pomoci kyanoakrylátu. Na tuto metodu se používá methyl-2-kyanoakrylát a ethyl-2-kyanoakrylát, ze kterých se skládá většina vteřinových lepidel. Postup je podobný jako u zviditelnění za pomoci jódu, nosič se uzavře do nádoby nebo komory. Zahříváním pak dochází k vypařování kanoakrylátu, který se následně usazuje na nosiči ve formě bílého povlaku. Vytvrzení kyanoakrylátu pak následně probíhá za pomoci katalických účinků absorbované vlhkosti ve vzduchu. Tato metoda se používá zejména na plastové nosiče [1].

Speciální metody odhalování otisků prstu

V kriminalistice se také využívají speciální metody na zviditelnění latentních daktyloskopických stop. Tyto metody jsou většinou značně technicky náročnější. Používají se na zvláštní nosiče, jako je třeba koženka, umakart aj. plastické hmoty, na kterých by nebylo možné zviditelnit otisk tradičním způsobem. Nejzajímavější z těchto metod je metoda zviditelnění za pomoci argonového laseru. Výhoda této metody spočívá v tom, že takto lze zviditelnit otisky prakticky na každém nosiči [1].

3.4 Praktické práce

3.4.1 Experimenty vycházející z teoretické části práce

Následující experimenty byly zaměřeny na potvrzení pravdivosti teoretické části seminární práce.

Protokol 3: Snímání otisků prstů pomocí argentorátu a grafitu

A. Cíle experimentu

ověřit metodu zviditelnění latentních otisků prstů na základě různé adheze vyvolávajícího prášku a potu, zejména u argentorátu (jemně namletého hliníku) a grafitu

B. Chemikálie

1. jemně namletý grafit (tuha); C
2. jemně namletý hliník, neboli argentorát; Al

C. Materiál

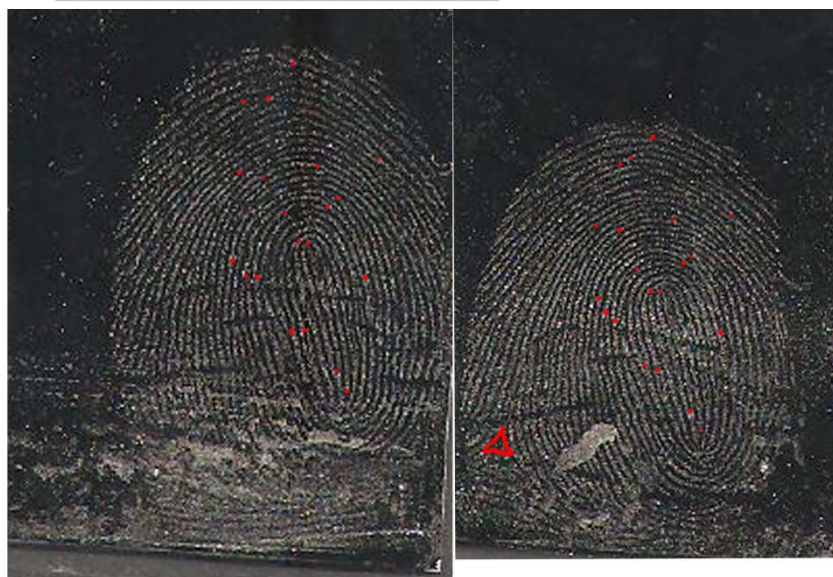
1. jemný štětec; 2 ks
2. skleněná tabulka, 1 ks
3. bílý křídový papír; 1 ks
4. černá a světlá daktyloskopická folie; 2 ks

D. Postup

1. dvakrát otiskneme jeden libovolný prst jak na skleněnou tabulku, tak na volný arch bílého křídového papíru, prst tiskneme na nosič pečlivě delší dobu, abychom zajistili, že otisk bude dobře viditelný.
2. na zviditelnění otisku na skleněné tabulce použijeme argentorát, který opatrně nanese jemným štětečkem na místo, kam byl dříve otisknut prst, tahy štětce musí být jemné a v jednom směru, aby se předešlo rozmazání otisku
3. stejný postup zopakujeme za pomoci grafitu na daktyloskopickou stopu, která byla dříve otisknuta na papír
4. připravíme si čtvercové kousky daktyloskopické folie zhruba ve velikosti každého otisku, kterou pak s přesností sejmem zviditelněné otisky, na grafit používáme světlejší daktyloskopickou folii a na argentorát tmavší, aby byly otisky dobře viditelné i po zajištění
5. zajištěné otisky můžeme pro lepší porovnávání naskenovat do počítače, kde je můžeme zvětšit a označit jednotlivé markanty a jejich shodnost

E. Výstup experimentu

sejmuté otisky byly dobře viditelné, dali se určit markanty:



F. Závěr

Na zviditelněných otiscích můžeme pozorovat dostatek shodných markantů, tudíž můžeme konstatovat, že se jedná o otisk stejného prstu jedné osoby.

Protokol. 4: Snímání otisků prstů pomocí dusičnanu stříbrného

A. Cíle experimentu

ověřit funkčnost chemické metody zviditelnění latentního otisku prstu za pomoci dusičnanu stříbrného

B. Chemikálie

1. dusičnan stříbrný; AgNO_3 ; 0,5 g
2. metanol; CH_3OH ; 25 cm^3

C. Materiál

3. kádinka
4. rozprašovač
5. skleněná tyčinka
6. ochranné brýle a rukavice
7. arch bílého papíru
8. UV lampa

D. Postup

9. na arch bílého papíru nanese otisky, které budeme chtít zviditelnit
10. v kádince rozpustíme 0,5 g dusičnanu stříbrného v 25 cm^3 methanolu, rozpouštíme mícháním roztoku skleněnou tyčinkou, při práci s methanolem bereme na vědomí, že se jedná o jed a je třeba nosit ochranné brýle a rukavice
11. po rozpuštění všeho dusičnanu přelijeme roztok do rozprašovače, kterým pak v digestoři nanese na nosič otisku roztok dusičnanu stříbrného
12. namočený papír necháme uschnout
13. po uschnutí papíru jej ozařujeme UV lampou (366nm) okolo 2-3 minut
14. po zviditelnění otisku můžeme pozorovat jednotlivé daktyloskopické markanty

E. Výstup experimentu

otisk byl zviditelněn pod UV zářením:



F. Závěr

Po prohlédnutí zviditelněného otisku můžeme konstatovat, že chemická metoda zviditelnění otisku se podařila. Avšak otisk se nesmí nechat vystaven UV záření příliš dlouho, jinak dojde k příliš tmavému zbarvení a otisk bude ztracen.

Protokol 5: Snímání otisků prstů pomocí vteřinového lepidla

G. Cíle experimentu

ověřit funkčnost fyzikálně chemických metod zviditelňování otisku prstu za pomoci jódu a kyanoakrylátu.

H. Chemikálie

1. vteřinové lepidlo obsahující methyl-2-kyanoakrylát, nebo ethyl-2-kyanoakrylát; cca 0,5 g
2. pevný jód; I; cca 10 g

I. Materiál

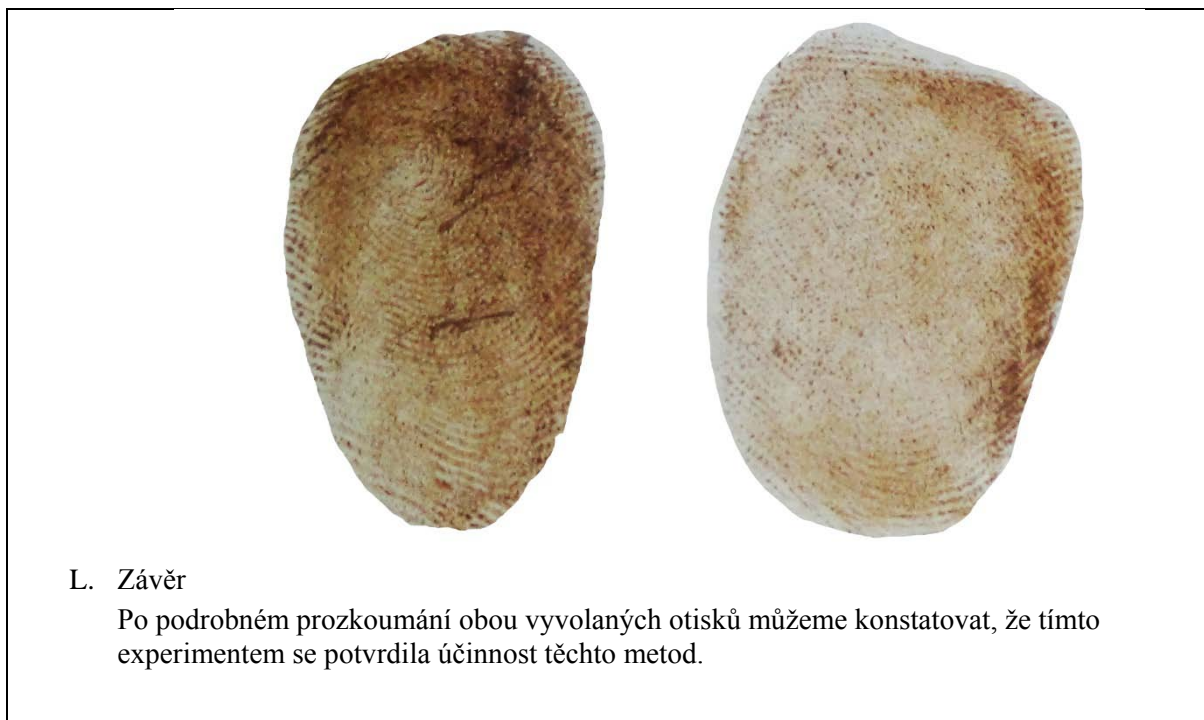
1. bílý křídový papír; 1 ks
2. kousek plastu; 1 ks
3. zavařovací sklenice, nebo jiná uzavíratelná nádoba; 2 ks
4. kahan a sirky; 1 ks
5. kádinka dostatečně velká na to, aby se do ní vešla zavařovací sklenice; 1 ks
6. trojnožka

J. Postup

1. připravíme otisky na kousek bílého papíru a kousek plastu, každý vložíme do jedné zavařovací sklenice
2. do zavařovací sklenice obsahující kousek papíru nasypeme přiměřené množství pevného jódu a sklenici uzavřeme a odstavíme na 30 minut nejlépe někam na topení
3. do druhé sklenice kápneme trochu vteřinového lepidla, sklenici uzavřeme a dáme ohřívat do vodní lázně
4. vodní lázeň připravíme tak, že postavíme kádinku s přiměřeným množstvím vody na trojnožku, kterou umístíme nad kahan, do kádinky vložíme zavařovací sklenici a zapálíme kahan
5. ohříváme nad mírným plamenem, s vteřinovým lepidlem pracujeme s opatrností, kvůli jeho toxickým vlastnostem
6. sklenici s kyanoakrylátem necháme ohřívat okolo 60 minut, po zahřátí sklenici otevíráme v digestoři
7. po vyjmutí obou otisků, můžeme pozorovat zviditelněné daktyloskopické markanty, otisk zviditelněný kyanoakrylátem bude mít bílou barvu a otisk zviditelněný jódem bude mít barvu nahnědlou

K. Výstup experimentu

otisky prstů se podařilo zviditelnit:



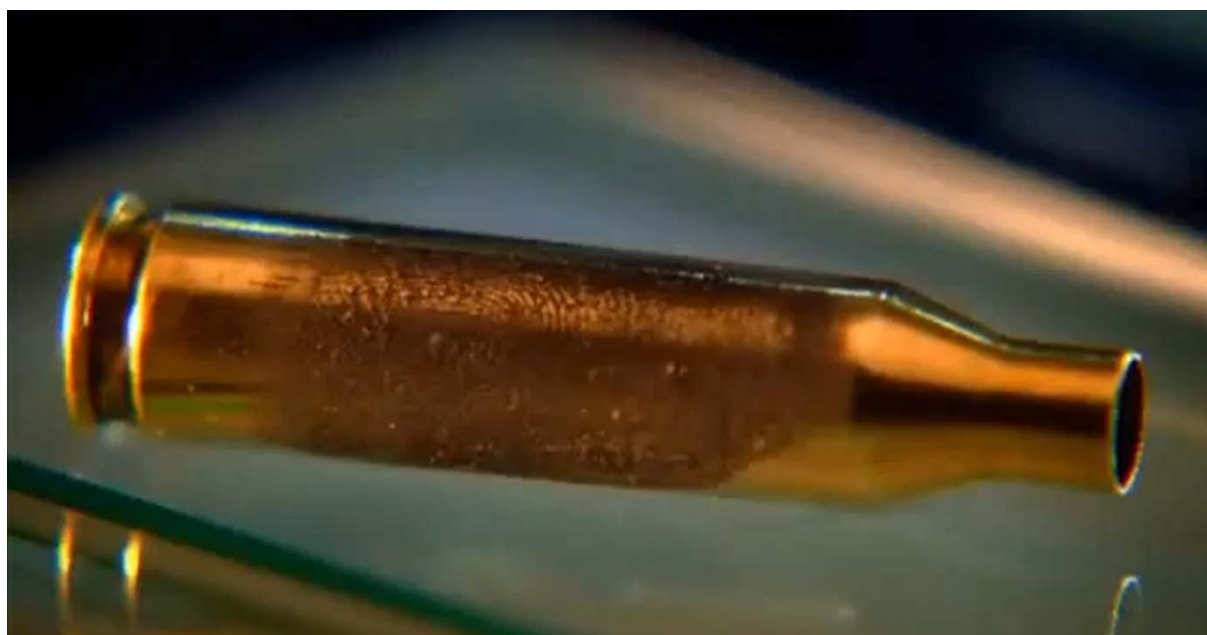
3.4.2 Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů

Součástí praktické práce bylo zkoumání scén z detektivních filmů a seriálů, které se týkají našeho tématu.

Snímání otisku z nábojnice

Původní verze

V 17. díle ze 7. série Kriminálky Miami pracovník laboratoře snímá otisk z nábojnice pomocí štětečku. Následně otisk zaznamená na fotoaparát.



Obr. 18: Zviditelněný otisk na nábojnici. Převzato z [21]

Je to možné?

Sejmout otisk z nábojnice vyžaduje složitější metodu než tu, která byla použita v ukázce. Důvodem je korozní proces, který se urychluje výstřelem a poškodí tak otisk.

Návrh jiného postupu

Na zjevení otisku z nábojnice se musí použít speciální daktyloskopická metoda stará cca 11 let, která je založena na tom, že otisk při vypařování nepatrně zkoroduje kovový nosič, na kterém se nachází. Kov, v našem případě nábojnice, se musí nejdříve elektricky nabít a následně potřít speciálním vodivým práškem, který ulpí na zkorodovaném místě [23].

Snímání otisků ze skla

Původní verze

Ve čtvrtém díle seriálu Dobrodružství kriminalistiky od režisérů A. Moskalyka a J. Šikla z roku 1989 se hlavní postava snaží přesvědčit porotu u soudu, že by daktyloskopie otisk měla být uznána za věrohodný důkaz. Před porotou tedy sejme pomocí argentorátu 10 otisků a přiřadí k sobě dvojice stejných otisků, a to bez jediné chyby. Děj se odehrává v roce 1912 v USA.



Obr. 19: Nanášení argentorátu pomocí jednosměrných tahů štětce. Převzato z [22]

Je to možné?

Otisky se dodnes snímají stejným způsobem jako v tomto seriálu. Porovnávání otisků pomocí lupy je možné, dnes kriminalisté dávají přednost skenování a fotografování otisků a jejich dalšímu zpracování pomocí počítače.



Obr. 20: Snímání zviditelněných otisků na daktyloskopickou fólii [22]



Obr. 21: Porovnávání otisků pomocí lupy. Převzato z [22]

Použití databáze k identifikaci osoby podle otisků

Původní verze

Ve 23. díle 1. série Kriminálky Miami p. Markla z roku 2002 detektivové používají k identifikaci vraha databázi otisků miamských zaměstnanců, která porovnává markanty jednotlivých otisků s otiskem neznámého. Hledání je úspěšné- databáze najde shodu, jako majitele otisku určí jistého Brada Kennera.



Obr. 22: Databáze vyhledávající shodný otisk. Převzato z [19]



Obr. 23: Identifikace majitele otisku pomocí databáze. Převzato z [19]

Je to možné?

K vyhledávání shodných otisků se skutečně používá počítačová databáze, není ale tak rychlá, jak v seriálu ukazují. V České republice se používá např. databáze AFIS.

Sejmutí otisku z rozbitého skla

Původní verze

V 17. díle ze 7. série Kriminálky Miami detektiv snímá otisk ze střepů rozbitého sklíčka pomocí látky ve spreji. Následně otisk zaznamená na fotoaparát, v počítači pak skládá jednotlivé části otisku, aby získal co největší možnou plochu otisku.

Je to možné?

Ke zviditelnění otisku je možné použít argentorát ve spreji. Teoreticky je pokus proveditelný, ale v praxi je nepravděpodobné najít právě ty střepy, který obsahují otisk, bezpečně ho sejmout a složit.

Protokol 6: Snímání necelého otisku prstu

A. Cíle experimentu

ověřit postup uvedený v ukázce z detektivního seriálu Kriminálka Miami, jedná se o postup, kdy se zviditelňuje latentní otisk prstu, jehož části se nalézají na roztrženém skle

B. Chemikálie

1. Argentorát; Al

C. Materiál

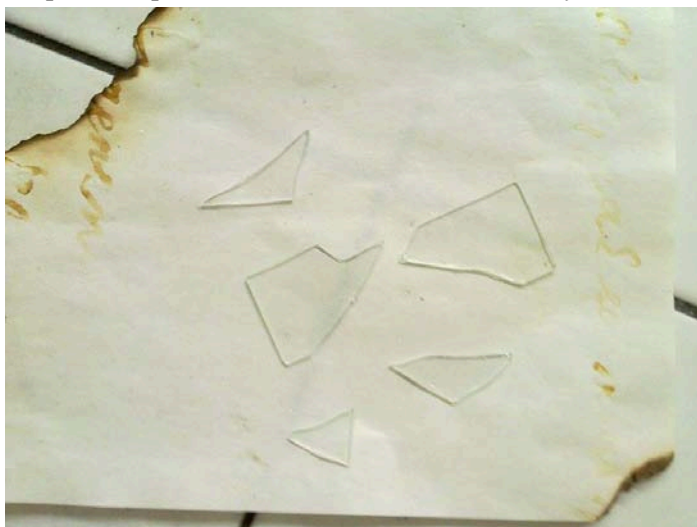
1. skleněná tabulka
2. štěteček
3. daktyloskopická folie

D. Postup

1. na skleněnou tabulku otiskneme prst, tu následně rozbijeme na více menších střepů
2. dále složíme všechny střepy dohromady a pokusíme se zviditelnit daný otisk
3. nakonec postupujeme jako při předchozím pokusu s argentorátem (viz Protokol 3)

E. Výstup experimentu

pokus se nepodařilo provést z důvodu nedostatečného vybavení



F. Závěr:

Na závěr můžeme konstatovat, že roztržít sklo, tak aby se dal otisk zviditelnit je značně náročné, i následné zviditelňování je také relativně náročné, avšak můžeme potvrdit, že teoreticky s příslušným technickým zázemím by zjevení a zajištění otisku nemělo být složité. Musíme však předpokládat, že se na střepích nachází dostatek daktyloskopických markantů, aby se dal pachatel usvědčit.

4 Steganografie (skryté texty)

Steganografie je vědní disciplína zabývající se texty nebo jakýmkoliv záznamy (např. znaky, kresby), které není možno vidět pouhým okem. Tím se liší od kryptografie, která zkoumá zprávy zašifrované, ale viditelné [1]. Řadíme sem texty napsané neviditelným inkoustem nebo texty na zuhelnatělém papíru. Existují různé metody pro jejich zviditelnění, záleží totiž na tom, čím a jak byl záznam vytvořen. Nejzákladnější metodou je použití ultrafialového záření, další je například zahřátí nebo aplikování různých chemických látek. Tyto postupy mají nezanedbatelný význam při soudních řízeních [2].

4.1 Historie

První zmínky o neviditelných textech nalézáme již v antickém Řecku, kde pro schování textu použili dřevěnou destičku s vyškrábaným textem zalitou voskem, která na první pohled vypadala jako nepoužité zboží (v té době se písmo vyškrabávalo do vosku) [1]. Skryté texty nabývaly na důležitosti během válek, kdy se obě strany snažily uschovat před nepřítelem cenné informace při předávání zpráv [3]. Nedávno Americká tajná služba CIA zveřejnila svoje tehdejší pokusy o vytvoření neviditelných inkoustů v první světové válce, jeden z nich obsahoval látky z paraleny [4]. I za druhé světové války se Američané a Nacisti usilovně snažili najít metody k získání informací ze zašifrovaných nebo skrytých textů druhé strany a naopak vymýšleli různé způsoby k ochraně svých informací. Mnoho z těchto postupů se používá dodnes, i když v pozměněných formách [3].

4.2 Metody vytváření a zviditelnění skrytých textů

Jak už bylo zmíněno, existuje více metod pro vytváření a zviditelnění skrytých textů. Budeme je dělit podle způsobu nanesení zkoumaného záznamu na podklad do dvou základních skupin. První možností je neviditelný inkoust, který se po nanesení na papír nezobrazí, ale existují způsoby, jak ho zviditelnit. Za druhé je možné papír s viditelným textem spálit.

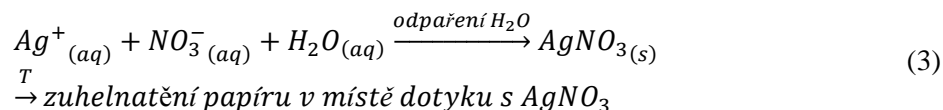
4.2.1 Neviditelné inkousty

Neviditelný inkoust chápeme jako látku, která se přímo sama nezobrazí na papíře. Existuje více druhů těchto látek a tedy více metod zviditelnění. Pro přehlednost je rozdělíme podle metody zviditelnění. Při pokusech je dobré používat neklížený nebo filtrační papír, protože kancelářský papír by kvůli pojivům, které obsahuje, mohl nevhodně ovlivňovat chemické reakce [2].

Zahřátí inkoustu

Nejjednodušším typem neviditelného inkoustu jsou lehce dostupné organické tekutiny jako mléko, citrónová nebo jiná ovocná šťáva, ocet nebo močovina. Po nanesení na papír nejsou vidět, ale stačí papír zahřát a písmo se hnědě zbarví. K tomu dochází díky tepelnému rozkladu organických látek obsažených v inkoustu, a to převážně sacharidů, popřípadě bílkovin.

Existují ale i chemické látky, které můžeme zviditelnit touto metodou. Mezi ně patří např. nasycený roztok dusičnanu stříbrného (210,01 g/100 ml při teplotě 20°C), který po odpaření zanechá na papíru bezbarvé krystalky, které po zahřátí zuhelnatí, jsou totiž silným oxidačním činidlem.

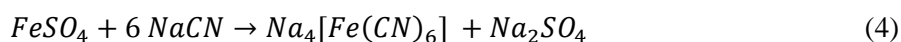


Další takovou látkou je chlorid kobaltnatý (CoCl₂) rozpuštěný ve vodě s glycerolem, který se po zahřátí zbarví do modra z důvodu jeho rozložení při vyšší teplotě nebo 20% roztok chloridu měďnatého, který se díky zahřívání zbarví do žluta a po vychladnutí opět zmizí. Neviditelný inkoust,

který po zahřátí zčerná, lze vytvořit pomocí kyseliny sírové a cukru. Rozpuštěním chloridu nikelnatého a chloridu kobaltnatého ve vodě vznikne inkoust, který po zahřátí zezelená a po ochlazení opět zmizí [2].

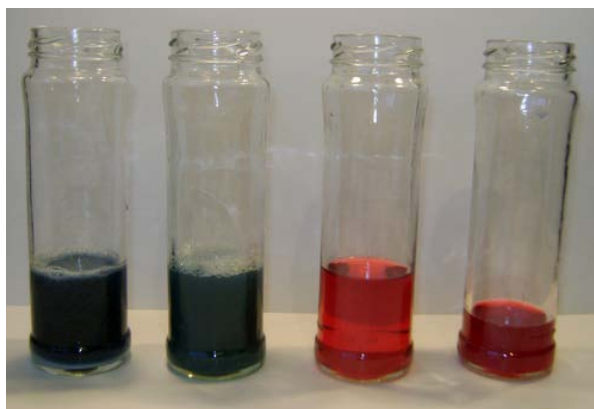
Chemická reakce inkoustu s další látkou

Bezbarvých látek, které se reakcí s jinou látkou na papíře zbarví, je celá řada. Např. síran železnatý by na papíře nebyl viditelný, dokud bychom ho nepolili kyanidem sodným, čímž dostaneme ferrokyanid sodný.



Roztok síranu železnatého zčerná, pokud k jeho zviditelnění použijeme roztok taninu či kyselinu galovou. Inkoust z roztoku octanu olovnatého může být vyvolán sirovodíkem nebo roztokem siřičku draselného. V obou případech bude zbarvení písma černé. Modré písmo získáme, použijeme-li ke zviditelnění roztoku ferrokyanidu draselného či chloridu kobaltnatého roztok chloridu železitého, nebo pokud zviditelníme roztok bramborového škrobu jódem, přičemž vzniká tzv. inkluzivní komplex, kdy se jód naváže na molekuly škrobu a je uzavřen uvnitř jejich řetězců. Jako inkoust se dá využít i octan olovnatý vyvolatelný siřičitanem sodným, kdy vzniká hnědé písmo. Ke vzniku červeného písma je potřeba fenolftalein rozpuštěný v etylalkoholu vyvolaný roztokem uhličitanu sodného nebo uhličitanu draselného. Využít se dá i síran měďnatý nebo fenolftalein, který se zbarvuje též do červena za použití par čpavku [2].

Jako neviditelný inkoust je možné použít také některou bezbarvou kyselinu nebo zásadu, která se po přetření pH indikátorem zbarví podle kyselosti. Takovým inkoustem může být i rozpuštěná jedlá soda (hydrogenuhličitan sodný, $NaHCO_3$), mýdlová voda, ocet (obsahuje kyselinu octovou, CH_3COOH) nebo šťáva z citronu (obsahuje kyselinu citronovou, $C_6H_8O_7$), jako indikátor se dá použít šťáva z červeného zelí [5].



Obr. 24: Zabarvení jedlé sody, mýdlové vody, octa a šťávy z citronu po přidání pH indikátoru z červeného zelí. Převzato z [6]

Na obrázku 1 vidíme sklenice (popořadě) s rozpuštěnou jedlou sodou, mýdlovou vodou, octem a citronovou šťávou po přidání vývaru z červeného zelí jako pH indikátoru. Zásadité látky (mýdlo, jedlá soda) se zbarvují do modra, kyselé látky (ocet, citron) se zbarvují do oranžova [6].

Inkoust pod ultrafialovým zářením

Některé sloučeniny nanesené na papír při denním světle nejsou viditelné, pokud na ně ale dopadá UV záření, fialově fluoreskují. To je způsobeno tím, že látka pohlcuje záření o vyšší energii, tedy lidskýma očima neviditelné UV záření, a zpět vyzařuje světlo o nižší energii, světlo viditelné [2]. Obsahuje totiž tzv. fluofory, které jsou k fluorescenci potřeba a mezi které patří proteiny, vitamin A, cytochromy, peroxidáza, hemoglobin, myoglobin a další [7]. Takovou látkou je např. kyselina salicylová

($C_6H_4(OH)COOH$). Pro její výrobu může být použit acylpyrin rozpuštěný ve vodě s hydroxidem sodným, tato směs se následně minutu vaří a po zchladnutí je přidán ocet. Kyselina salicylová vznikne rozkladem kyseliny acetylsalicylové přítomné v acylpyrinu [2].

Zuhelnatělý papír

V tomto případě je záznam napsaný na papíře, který byl poté vystaven vysoké teplotě, je tedy zuhelnatělý a text nelze přečíst. Takový text se dá zviditelnit dvěma metodami, a to UV zářením nebo vytažením látky z použitého inkoustu na jiný papír pomocí chemikálie, která s látkou reaguje [10]. Důležité je, aby papír zůstal zachovalý natolik, že se s ním dá manipulovat, aniž by se rozpadl. V praxi tato podmínka znamená velký problém.

Inkoust pod UV zářením

Stejně jako v případě s neviditelným papírem, i zde můžeme použít UV záření, pokud inkoust, kterým byl text napsaný, obsahuje fluofory. Tato metoda má tu výhodu, že teplotou poškozený papír můžeme zafixovat plynnou látkou, která ho zpevní. Můžeme použít např. lak na vlasy.

Reakce látek z inkoustu s chemikálií na přiloženém papíře

Pokud bude nalezena látka, která reaguje s inkoustem na spáleném papíře a vytváří zbarvený produkt, pak je možné ke spálenému papíru přitisknout papír (nejlépe filtrační) napuštěný touto látkou, ta vytáhne reaktant a zbarví se do určité barvy.

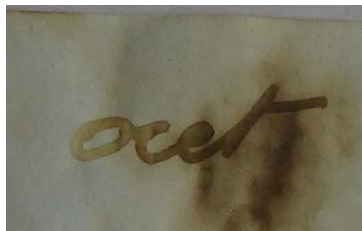
4.3 Praktické práce

4.3.1 Experimenty vycházející z teoretické části práce

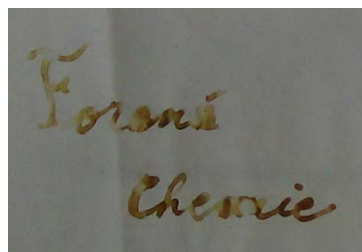
Následující experimenty byly zaměřeny na potvrzení pravdivosti teoretické části seminární práce.

Protokol 7: Experiment s octem a citronovou šťávou

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A. Cíle experimentu
zviditelnit text napsaný octem a citronovou šťávou</p> <p>B. Chemikálie</p> <ol style="list-style-type: none">1. ocet; CH_3COOH (kyselina octová); cca 5 ml2. citronová šťáva; $C_6H_8O_7$ (kyselina citronová); cca 5 ml <p>C. Materiál</p> <ol style="list-style-type: none">1. tenký štěteček; 1 ks2. papír3. kahan a sirky4. kleště <p>D. Postup</p> <ol style="list-style-type: none">1. štětečkem namočeným v octu napíšeme na papír příslušný text2. necháme text uschnout3. papír uchycený v kleštích mírně zahříváme nad kahanem dokud text nezžhnědne4. postup body 1. až 3. opakujeme s citronovou šťávou <p>E. Výstup experimentu
text napsaný octem se zbarvil dohněda:</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



text napsaný citronovou šťávou se zbarvil dohněda:



F. Závěr

ocet a citronovou šťávu je možné použít jako neviditelný inkoust vyvolatelný zahřátím

Protokol 8: Výroba neviditelného inkoustu z acylpirinu

A. Cíle experimentu

vyrobit neviditelný inkoust absorbující ultrafialové záření

B. Chemikálie

1. acylpirin; $C_7H_6O_3$ (kyselina salicylová); 1 ks
2. destilovaná voda; H_2O ; 2 ml
3. hydroxid sodný; $NaOH$; 2 g
4. ocet; CH_3COOH (kyselina octová); 2 ml

C. Materiál

1. kádinka; 1 ks
2. tyčinka; 1 ks
3. lžička; 1 ks
4. kahan a sirky
5. tenký štěteček
6. UV lampa

D. Postup

1. 1 acylpirin rozpustíme ve 2 ml vody
2. lžičkou přidáme 2 g hydroxidu sodného, zamícháme tyčinkou
3. směs přelijeme do zkumavky
4. nad kahanem vaříme nejméně jednu minutu za stálého protřepávání
5. necháme vychladnout
6. přidáme 2 ml octa
7. štětečkem namočeným ve vzniklém roztoku napíšeme na papír příslušný text
8. necháme uschnout

9. na text posvítíme UV lampou

E. Výstup experimentu

text napsaný roztokem svítí pod UV zářením:



F. Závěr

roztok, jehož postup přípravy je popsán v protokolu, se dá použít jako neviditelný inkoust vyvolatelný UV zářením

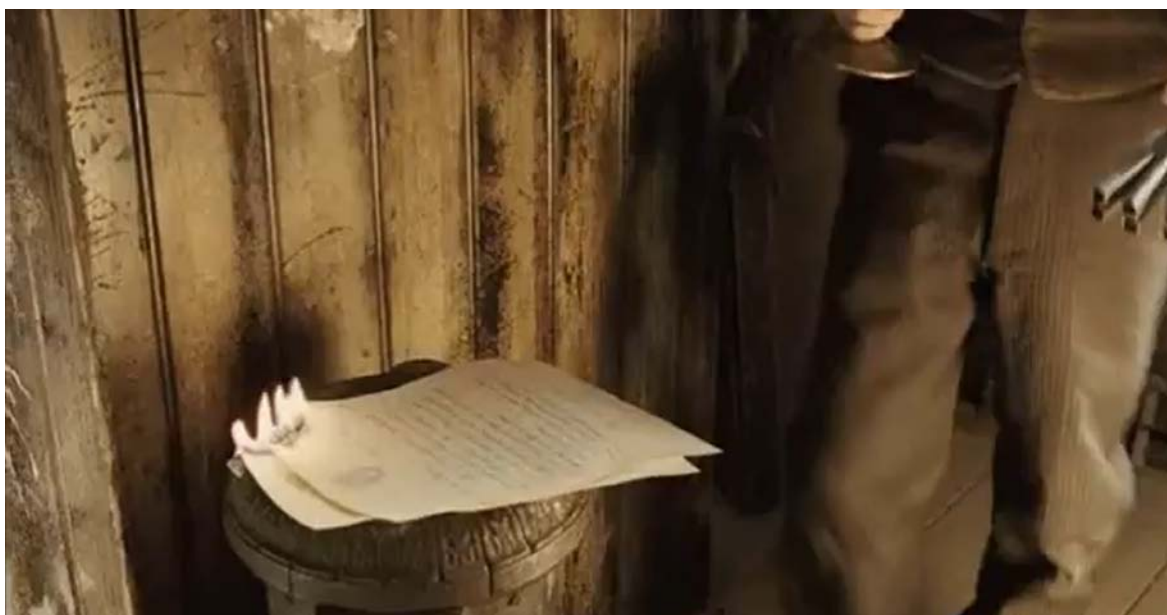
4.3.2 Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů

Součástí praktické práce bylo zkoumání scén z detektivních filmů a seriálů, které se týkají našeho tématu.

Zviditelnění znak ze zuhelnatělého papíru

Původní verze

Ve scéně z filmu Sherlock Holmes režiséra Guye Ritchieho z roku 2009 hlavní postava Sherlock Holmes (Robert Downey Jr.) najde v opuštěné laboratoři zuhelnatělý papír, na kterém byl inkoustem nakreslen znak (Obr. 2). Sherlock Holmes spolu s dr. Watson (Jude Law) zkoumají, jak by bylo možné záznam zviditelnit: „Draslík, hořčík.“ „Sulfitátová kyselina.“ „Vytáhne železo z inkoustu, pokud není příliš spálený.“ Následně dr. Watson smíchá nějaké látky, spálený papír polije bezbarvou tekutinou (obr. 3), přiloží k němu čistý bílý papír, na kterém se nakonec objeví černě zbarvený znak (obr. 4), který byl na původním papíře [8].



Obr. 25: Papír před zuhelnatěním obsahující znak. Převzato z [8]



Obr. 26: Zuhelnatělý papír polévaný bezbarvou tekutinou. Převzato z [8]



Obr. 27: Znak na papíře, který byl přiložen k zuhelnatělému papíru. Převzato z [8]

Je to možné?

Český název sulfátová kyselina neexistuje, předpokládejme tedy, že ve filmu byla myšlena kyselina sírová (sulfit znamená v latině síra). Hořčík a draslík jsou prvky přítomné všude v našem okolí, vyvozujeme tedy, že na reakci neměli vliv. V době, kdy se děj odehrává, používali pravděpodobně tzv. duběnkový inkoust, který obsahoval železo.

Zde je návod na jeho přípravu z 15. nebo 16. století: „*Opatři stejné váhové množství duběnek a višňové pryskyřice, pryskyřici namoč za dorůstajícího měsíce - 5. nebo 11. dne - do medoviny v množství, které se vejde do tří vaječných skořápek, nebo do vody a nech máčet dva týdny. Duběnky roztluč na prášek a prosej sítem. Pak vezmi nevelké železné desky, dlouhé dva nebo tři prsty a široké jeden prst a v počtu dvaceti nebo třiceti je pomocí provázku upevni na dřívko a zavěs do nádoby (s připravenou tekutinou). Míchej dvakrát denně po dva týdny. Pak přilej tři lžíce vína a dvě lžíce čerstvého medu bez voštin. Inkoust slij tehdy, až získá černou barvu, když je nebe čisté a jasné. Vydrží pak dva nebo tři roky i déle.*“ [14]

V následujícím protokolu (Protokol 2) je popsán experiment s účelem zjistit, je-li možné zviditelnit text napsaný inkoustem obsahujícím železo kyselinou sírovou.

Protokol 9: Experiment s kyselinou sírovou

A. Cíle experimentu

zjistit, jestli je možné vytáhnout železo z inkoustu na spáleném papíře pomocí kyseliny sírové

B. Chemikálie

1. kyselina sírová, 30 %; H_2SO_4 ; cca 10 ml
2. inkoust z bombičkového pera
- 3.
4. chlorid železnatý; FeCl_2 ; 2 ml

C. Materiál

1. kádinka; 1 ks
2. tenký štěteček; 1 ks
3. papír; 1 ks
4. filtrační papír; 1 ks
5. kahan a sirky
6. kleště

D. Postup

1. inkoust z bombičky z pera smícháme v kádince s a s chloridem železnatým
2. tenkým štětečkem namočeným ve vzniklém inkoustu napíšeme příslušný text
3. necháme uschnout
4. nad kahanem papír uchycený v kleštích zuhelnatíme
5. filtrační papír polijeme kyselinou sírovou a přitiskneme na zuhelnatělý papír s textem

E. Výstup experimentu

kyselina sírová nevytáhla železnaté kationty z inkoustu:



F. Závěr

Experiment dokázal, že pomocí kyseliny sírové nelze text zviditelnit.

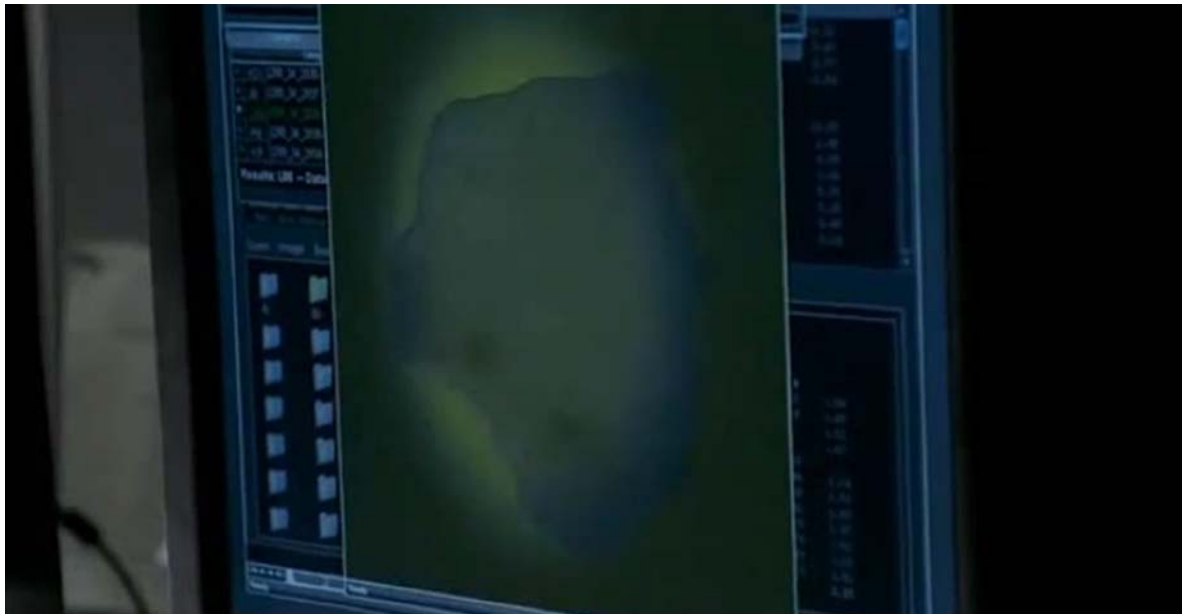
Zobrazení spáleného textu pomocí infračerveného záření

Původní verze

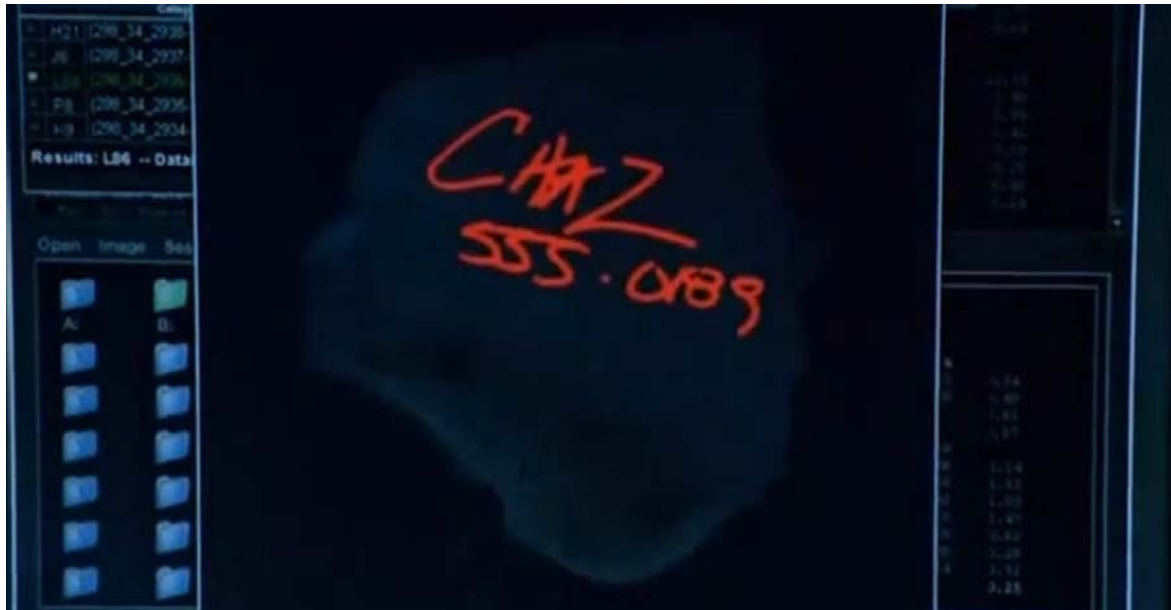
Ve 23. díle 1. série Kriminálky Miami byl nalezen kus zuhelnatělého papíru. Kriminalisté ho zpevnili díky sofistikovanému přístroji, který vypustil plynnou látku, ta se na papír nalepila. Poté ozáří papír infračerveným zářením a mění jeho vlnové délky, dokud není text skenovaný do počítače viditelný. Vysvětlením je, že zuhelnatělý inkoust absorbuje infračervené záření v různých vlnových délkách než papír.



Obr. 28: Otevřený přístroj, kterým byla plynná látka nanesena na papír. Převzato z [10]



Obr. 29: Skenovaný papír, na který svítí infračervené záření. Převzato z [10]



Obr. 30: Zviditelněný text. Převzato z [10]

Je to možné?

Na zpevnění papíru stačí použít lak na vlasy či tekutý sprej Akutol. K úspěšnému provedení pokusu je potřeba nejen infračervené záření, ale také tzv. infravizor, přístroj pro noční vidění, který se dá použít i při čtení skrytých textů.

Zjištění pravosti obrazu

Původní verze



Obr. 31: Zviditelnění původní malby na plátně. Převzato z [11]

V 16. dílu seriálu Dobrodružství kriminalistiky, který se odehrává v rocích 1946-47 v Holnadsku, byla zkoumána pravost uměleckého díla pomocí infračerveného záření. Pro vysvětlení metody používá příklad, kdy se spálený text zviditelní působením infračerveného záření. Mluví o palimpsestové fotografii, což je v kriminalistice aplikace ultrafialových paprsků, kdy se mění odrazové vlastnosti některých látek.

Obraz byl vyfotografován na materiál citlivý na infračervené záření, před objektiv byl umístěn filtr, který toto záření propustil. Následně byl papír, na první pohled bílý, vyvolán, čímž se zviditelnila původní malba na plátně.

Je to možné?

Infračervené záření se používá v kriminalistice na odhalení zakrytých textů, obrazů, značek atd. Klasický postup při zviditelňování skrytých vrstev je následující: obraz se ozáří světlem se specifickou vlnovou délkou IČ, musí se použít inframěnič (tzv. infravizor), přes něj se obraz vyfotografuje (standardní proces foto, vývojka, ustalovač, foto papír) a tím se zviditelní spodní vrstva. Dokonce jsou dnes infravizory, při jejichž použití je spodní vrstva obrazu vidět v reálném čase (ihned). Celý proces je založen na schopnosti pohlcování světla elementárním uhlíkem. Takže starší vrstvy jsou viditelné a je možné je dobře odlišit. Jedná se o nedestruktivní metodu, což je velká výhoda.

5 Toxikologie

Toxikologie, neboli zjednodušeně řečeno nauka o jedech, je biologicko-chemický vědní obor, který se zabývá zkoumáním chemických látek, které negativně působí na lidský organismus. Původ slova toxikologie je z řeckého toxikos, znamenajícím „jed k napouštění šípů“. Toxikologie se dá nejzákladněji rozdělit na dvě části podle toho, co zkoumá a co se snaží dokázat: experimentální a analytickou toxikologii. *Experimentální toxikologie* studuje účinky a toxicitu různých látek, jejich dispozice a možné transformace, čili studuje tvorbu jejich metabolitů. Pracuje se s již známými látkami. *Analytická toxikologie* pracuje na systematickém vyhledávání neznámých cizorodých látek (nox). Zaměřuje se na jejich identifikaci a kvantifikaci. Je zkoumána koncentrace [2]. V následující práci budou zkoumány člověku škodlivé látky, jejich distribuce v organismu, způsoby otravy, extrakce látky z organismu a analýza látek. V rámci praktické práce byla zkoumána pravdivost scény z detektivního seriálu.

5.1 Historie

Toxikologie provází člověka už od nepaměti. Už v pravěku lidé využívali jejich poznatků k lovu, staří Egypťané už měli znalosti o jedech a jejich přípravě, využívali například arsen. Důležitým ve vývoji toxikologie byl i Hippokrates, který rozšířil tehdejší znalosti o jedech. Ve starém Řecku a Římě bylo travičství známou praxí, která pokračovala až do středověku. První opravdový a významný toxikolog byl Paracelsus, jenž konstatoval závislost reakce organismu na dávce a prohlásil, že neexistuje látka, která by jedem nebyla. Toxikologie jako vědní disciplína se začala vyvíjet až v době osvícenství a v 19. století. V České republice je toxikologie uznána jako vědní obor od roku 1988 [1].

5.2 Noxy v lidském organismu

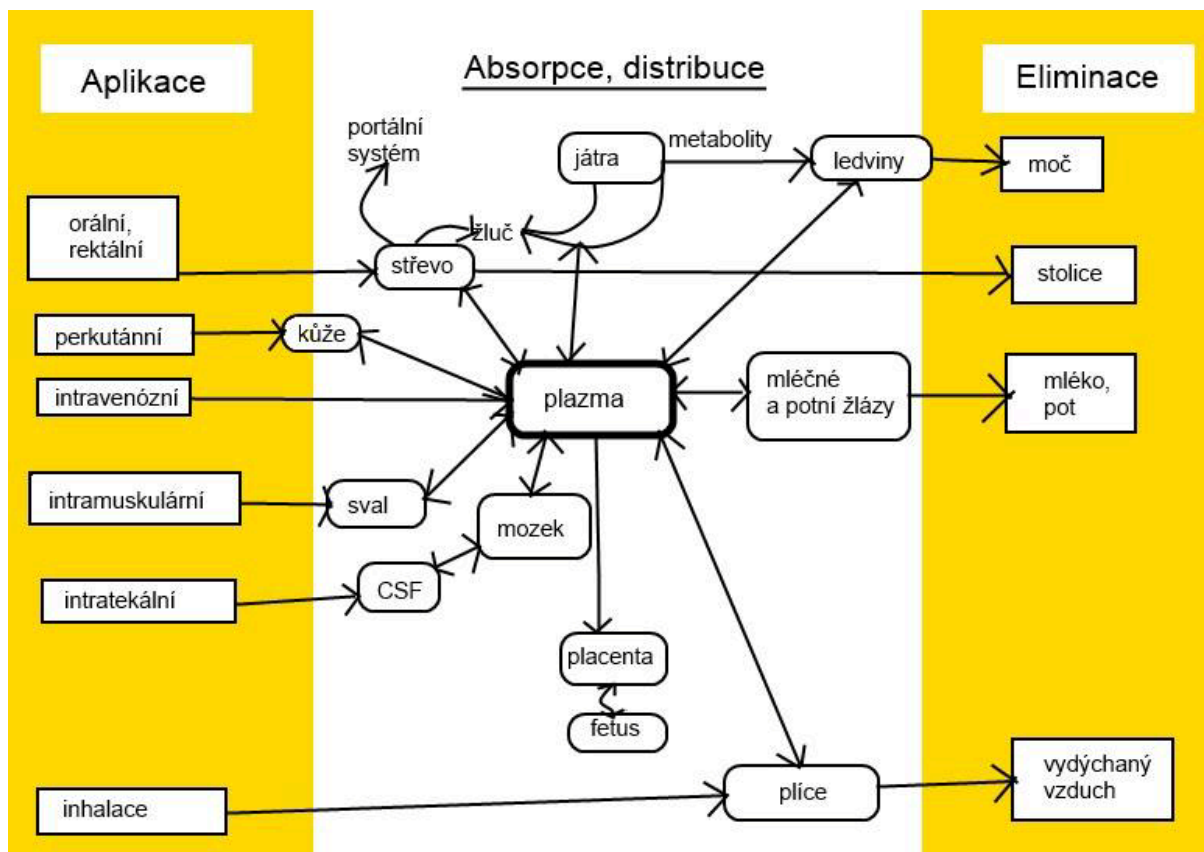
Toxikologie zkoumá hlavně látky, které do lidského organismu nepatří, tedy noxy. Následující práce je rozdělena na čtyři části: cesta noxy po těle, její extrakce (tedy zjištění) analýza a nakonec zkoumání a klasifikace nox.

5.2.1 Cesta noxy po těle

Cesta nox po těle dá dělit do pěti částí:

- Aplikace – různé druhy aplikace, či postupné uvolňování z léčiva
- Absorpce – vstřebání do krevního oběhu
- Distribuce – předání mezi krví a tkání
- Biotransformace – přeměna struktury, forma aktivních či inaktivních metabolitů
- Eliminace – vyloučení látky z těla

U všech cizorodých látek je jejich vstup do těla a následný transport v organismu jedna z nejdůležitějších fází, která může mít vliv na to, jak tělo s látkou naloží či jaká bude její koncentrace.



Obr. 32: Schéma zobrazující možné vstupy látky do těla, její transport a eliminaci. Převzato z [8]

Aplikace

První fází je aplikace neboli vstup látky do organismu. Aplikace látky může být orální, rektální, intravenózní (nitrožilní), intramuskulární (do svalů), perkutánní (kožní) či inhalací.

Absorpce noxy

Absorpce je vstřebání noxy do krevního oběhu. Noxa se může absorbovat různými způsoby, např. pasivní difúzí či aktivním transportem. Vliv na její absorpci má například její pH. Různé absorpce mají různou účinnost a rychlost. Intravenózní absorpce je rychlá a úplná. Absorpce plicní inhalací je rychlá, ale vstřebání je již redukováno. Placentální absorpce je tkáňová, záleží tudíž na prokrvení. U absorpce perorální můžeme mluvit o first pass effectu, což je výměna mezi žaludkem a játry. Dříve, než se látka dostane do krve, se její účinnost sníží o metabolit. U inaktivního metabolitu se snižuje účinný podíl.

Distribuce

Distribuce, neboli předání noxy mezi krví a tkání, záleží na polaritě a velikosti molekuly noxy, na její vazbě na proteiny, stupni ionizace, prokrvení a obsahu vody ve tkáni. Podíl vody v lidských tkáních klesá s věkem a vývojem těla.

Tab. 2: Podíl vody ve tkáních

Tkáň	% vody
Sval	76
Tuk	10
Játra	68
Ledviny	83
Plíce	79
Mozek	75

Distribuční objem

Distribuční objem je hypotetická veličina pro dosažení distribuční rovnováhy. Ukazuje, jak se noxy vážou na bílkoviny v tkáni.

$$V_d = \frac{D}{c_0} \quad (1)$$

kde D je dávka noxy v (g) ku počáteční plazmatické koncentraci c_0 v (g/L).

$$V_d = \frac{a}{c} \quad (2)$$

kde a je množství noxy v těle ku momentální plazmatické koncentraci c .

Tab. 3: Distribuční objem

V_d (L/ kg)	Místo
0,04	zůstává v plazmě
5-20	extracelulární prostor
20-40	tělní tekutiny
>40	depo v periferních tkáních

Biotransformace a eliminace

Eliminace je konečné vyloučení a vymizení látky z těla. *Eliminační poločas* je doba, po které se koncentrace látky zmenší na polovinu. 98% nox vymizí za pět poločasů. *Clearance* je objem plazmy, ze které je noxa odstraněna za jednotku času. Látky s vysokým V_d a clearance mají dlouhý eliminační poločas.

Biotransformace

Biotransformaci zajišťují enzymy v hepatocytech. Biotransformace je tvorba metabolitů, čili přetváření původní noxy. Reakce má dvě fáze.

- 1. fáze je nesyntetická, neboli oxidační.
- 2. fáze je syntetická, neboli polární.

Nejdůležitější oxidace jsou na P450. Cytochrom P450 je obsáhlá skupina enzymů, které hrají velkou roli při oxidaci endogenních látek. Čím více jsou tyto látky oxidovány, tím jsou rozpustnější a lépe se tudíž vylučují. Zde se oxiduje asi 75% léčiv.

Eliminace enterohepatální cirkulací

Noxa se vylučuje ze střev do žluče a naopak, dokud nedojde k úplné eliminaci. Taková cirkulace prodlužuje, tedy i zpožďuje toxické projevy.

Uvolnění z tkání

Uvolnění z tkání záleží na prokrvení tkáně, u většiny tkání jde tedy o pomalé zpětné uvolňování. Výjimka je vývoj dítěte a uvolňování do placenty. U plodu a matky se noxy, vstřebané přes placentu od matky, dají poznat podle první stolice dítěte.

Enzymatická katalýza

Enzymatická katalýza probíhá v játrech. Enzymy jsou pro lidské tělo naprosto nezbytné, neboť hrají velkou roli při reakcích a dějích, jež se v těle odehrávají. Enzymy jakožto katalyzátory jsou naprosto nenahraditelné, kvůli jejich katalytické účinnosti. Enzymy mají jednu typickou vlastnost a tou je specifita. Enzymy působí jen na jeden nebo na skupinu velmi podobných substrátů a jejich izomerů. To je *substrátová specifita*. Substrát má možnost několika různých přeměn a reakcí, každý enzym však katalyzuje jen jednu určitou z nich. Každý enzym má tudíž svou vlastní, určitou reakci, kterou katalyzuje. Tomu se říká *funkční specifita*.

Při enzymatické katalýze rozlišujeme dva děje, což je inhibice a indukce. *Inhibice* je děj, při kterém látka svým vázáním ovlivňuje rychlost katalýzy. *Indukce* je děj, kdy se transkripce DNA na RNA zvyšuje enzymatickou aktivitu [6].

5.2.2 Extrakce nox z biologických materiálů

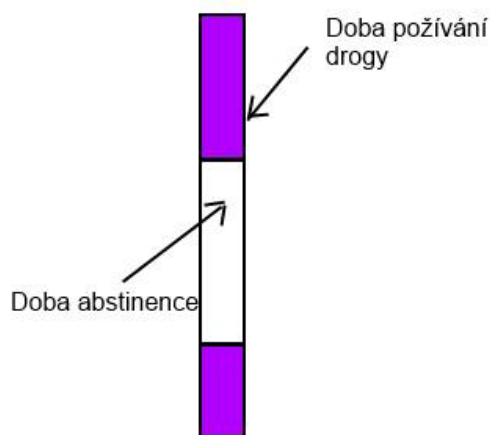
Správná příprava vzorku se dá využít k výrobě léčiv a drog. Existuje široké spektrum látek o různých vlastnostech. Správný a konečný výsledek analýzy záleží na vhodné volbě materiálu a izolace. Samozřejmě je důležité detailně znát látky, jejich reakce a mít s nimi zkušenosti v laboratoři.

Biologický materiál

Při volbě biologického materiálu je důležité mít na paměti cíl vyšetření, znát podrobnosti případu- zda jde o chronickou či akutní otravu a samozřejmě se musí brát zřetel na možnosti analýzy. Biologický materiál se vybírá podle doby uplynulé od požití látky. Jedná-li se o hodiny, dá se použít krev, sliny či pot. Jde-li o delší úseky, například dny, je třeba si vybrat moč a tkáň, u kterých je větší šance zachycení dané látky. Jedná-li se o týdny, či měsíce, je třeba použít vlasy či smolku (první stolice dítěte).

Vlasy

U vlasů funguje segmentace- lze zjistit přibližnou dobu požití či abstinence. Je to materiál velmi oblíbený u kriminalistiky či u různých testů, například pro přijetí do práce apod.



Obr. 33: Zjišťování drog z vlasu

Smolka

Ze smolky se dá určovat od třetího měsíce těhotenství. Lze z ní zjistit požívání drog matkou.

Sliny

Odběr slin je neinvazivní a analýza docela přesná. Nevýhoda je, že se sliny lehko kontaminují, což může zkreslovat výsledek.

Krev

Jsou důležité hodnoty koncentrací léčiv a drog. Posuzuje se stav vědomí a určení terapeutické koncentrace. Drogy a léčiva jsou rozdělena mezi plazmu a erythrocyty, terapeutické koncentrace se vztahují k plasmě či séru.

Moč

V moči je koncentrace léčiv či drog vyšší než v krvi. Je to neinvazivní odběr a dá se tudíž odebrat velké množství vzorků.

Žaludek

V žaludečním obsahu jsou koncentráty vyšší než v krvi.

Tkáně

Tkáně se obtížně zpracovávají, protože se musí např. rozmixovat a mají nízkou výtěžnost.

Správná příprava k extrakci

Musí se brát ohled na koncentraci látek, které se mohou lišit, musí se počítat i se smíšeným podáváním, které ale ztěžuje interpretaci výsledků, nehledě na to, že více toxických látek dohromady může způsobovat komplikace.

Izolace se provádí extrakcí, kterých je velmi mnoho druhů.

Extrakce kapalina – kapalina

Funguje na základě frakční extrakce, při této extrakci látek máme široké spektrum, které můžeme zachytit a provedení je jednoduché. Ztrácí účinnost při špinavých extraktech, je časově náročná a efektivní jen při velkém objemu látek a rozpouštědel.

Extrakce na pevné fázi

Tato metoda je selektivní a máme možnost zpracovat více vzorků, provedení je jednoduché, časově nenáročná a efektivní i při malých objemech.

Extrakce SPE

Neboli extrakce pevným sorbentem, kdy analyt sorbuje z vodného prostředí do pevného. Zachytí i stopové množství látek. Řídí se principy kapalinové chromatografie, což je rozlišování polaritů fází.

Extrahovat se dá tudíž buď nepolárně, kde se využívá van der Waalových disperzních sil. Takto se izolují léčiva a drogy, pesticidy. Rozpouštědla jsou vůbec až středně polární.

Polární extrakce využívá vodíkových vazeb, dají se extrahovat uhlovodíky, fenoly atp. Rozpouštědla musí být středně až vysoce polární.

5.2.3 Analýza neznámých látek

Analýza je komplexní úkol, který vyžaduje mezioborovou spolupráci a znalosti. Musí se brát ohled na anamnézu a příznaky, které mnohdy bývají velmi nespecifické. Diagnostika zahrnuje zvažování anamnézy a účinků, znalosti biokinetiky a různých biotransformací, teprve poté se dá nabídnout řešení. Platí zde zákon **Vyhledání + Potvrzení = Průkaz**. Je důležité ověřovat různými, nezávislými metodami, kombinace metod je tudíž více než žádaná, už jen kvůli riziku falešné pozitivivity, či negativity.

Imunochemické metody

Reaguje zde antigen a protilátka, které vyprovokují reakci organismu. Imunochemických metod využívá hlavně medicína či sérologie. Sérologie zkoumá výskyt protilátek proti antigenům a patogenům. I jejich poznatků se dá občas ve vyšetřování využít.

Imunochemických metod je velké množství, jejich výhodou je, že není třeba úprava vzorku, jsou citlivé, rychlé a snadné. Bohužel se s nimi nedá analyzovat vše, výsledek je pouze orientační.

Chromatografie

Chromatografických analýz je velké množství druhů a všechny využívají principu dvou fází, fáze mobilní a fáze pevné. Princip chromatografie je na rozdílnosti distribuce látek. Mobilní fáze unáší látku a přivádí ji do fáze pevné, neboli stacionární, kde se látka dále rozděluje.

Chromatografie se dělí na několik dalších způsobů a metod.

Tenkvrstvá chromatografie

Stacionární fázi zde tvoří destičky z různých materiálů a na nich nanesený sorbent. Na pevnou fázi se nanese fáze mobilní a ve vyvíjecí komoře se látka začne dělit. Podle jejího rozdělení se dá dále identifikovat.

Výhodou TLC je její levnost. Nevýhodou je pracnost, to, že nestačí pro stopové koncentrace a nutnost zaškolení pro práci s touto metodou [7].

Plynová chromatografie

Tato metoda využívá převedení látek do plynného stavu bez jejich rozkladu, neměří objem vzorků a vyžaduje čisté extrakty. Jinak je to metoda ale velice přesná.

Plynový chromatogram se skládá ze tří zařízení. První je *mobilní fáze*, kde se jako nosného plynu využívá vodíku či hélia. V minulosti to býval argon, který se ale kvůli tomu, jak je nebezpečný, nevyužívá. Zde se nastříkuje kapalina, která se díky vysoké teplotě mění na plyn. Ta je unášena do *kolony*, kde se látky separují, na základě fyzikálních a chemických vlastností, na iontové vlákno. Teplota v koloně je 200-300°C. Látky v nosném plynu detekuje detektor. Jsou tři druhy detektorů. Prvky se identifikují podle času jejich "příletu" a podle hmotnostního spektra. Výsledky se čtou z grafu. Svislá osa je retenční čas, na horizontální ose vidíme píky, jež představují látky [8].

Kapalinová chromatografie

Kapalinová chromatografie využívá podobného principu, jako ta plynová. Využívá se zde různé afinity látky k oběma fázím chromatogramu. Rozlišuje se více druhů chromatografie podle interakcí látek a využití- může tudíž být založena na principu interakce kapalina-kapalina, či kapalina- pevná látka. Separční mechanismy jsou interakce mezi analytem a pevnou fází. Systém *normální fáze* je, když je pevná fáze polárnější, na rozdíl od *reverzní fáze*, kdy je naopak polárnější kapalná fáze [2].

5.2.4 Otrava a zkoumání nox

Otrava

Jakmile se do těla dostane látka, která do něj nepatří, a následně začne distribuovat, jedná se o otravu. Podle průběhu rozlišujeme dva druhy otrav. Chronická otrava je dlouhodobé přijímání malého množství jedu. Akutní otrava je způsobena jednorázovým požitím velkého množství jedu. Toxikologie se podle různých druhů otrav dá rozdělit, jak je to popsáno v Tabulce 1.

Tab. 4: Dělení otrav

Chronické otravy	Akutní otravy
Ekotoxikologie -např. znečištění vod	Klinická toxikologie
Potravinářská toxikologie -poškození či přímo otrávení potravin	Forenzní toxikologie -využívá poznatků při soudním řízení a vyšetřování (dopravní nehody, kriminalita, násilné jednání či ublížení na zdraví)
Průmyslová toxikologie	
Vojenská toxikologie -otravné a bojové látky	

Otravné látky se dělí podle původu a podle účinku.

Letální (čili smrtelné) otravné látky mohou být více druhů, např. nervově paralytické či dusivé. *Neletální* látky jsou např. látky zneschopňující či dráždivé. Dále následují *potenciální otravné látky*, *fytotoxiny* (čili rostlinné) otravné látky a poté toxiny živočišného, rostlinného a mikrobiálního původu.

Nejčastější příčinou otrav je sebevražda. Dále následuje kriminální činnost (vražda či ublížení na zdraví), náhodné otravy (děti, senioři...), zneužití a nehody (například pracovní).

Zkoumání nox

Předmětem zkoumání je biochemický a fyziologický efekt noxy na tělo, ale i vztah mezi koncentrací noxy a následným efektem. Zkoumáním efektu noxy na tělo je farmakodynamika a farmakokinetika. Farmakodynamika je to, co noxa dělá s organismem, její účinek. Farmakokinetika je to, co dělá organismus s jodem, jak s ním nakládá. Farmakokinetiky využívají toxikologické analýzy [2].

Ohled se musí brát na aplikovanou noxu, způsob aplikace, dobu a dávku dané látky.

Výzkum nox je významný v optimalizaci a vývoji postupů a látek, k jejich další interpretaci a databázi. Napomáhá k pochopení mechanismu látek a reakcí, ke správné léčbě otrav a k omezení vedlejších nežádoucích účinků léčiv.

5.3 Nejvýznamnější noxy v současných otravách

Spektrum nox v akutních otravách se mění místně i časově. Na každém místě bude jiná významná noxa a zároveň se objevují nové noxy. I v historii se najdou jedy, které jsou oblíbené dodnes, nebo aspoň známé. Jako příklad může sloužit Napoleon, který byl otráven arsenem [3].

Nejčastěji vyskytované noxy jsou ethanol, léky, návykové látky či různé těkavé látky a plyny. Méně časté jsou poté glykoly a různé deriváty, rostlinné toxiny a houby, pesticidy a jiné hubící látky či kovy [2].

Existuje velké množství nox, které mohou působit změnu v lidském těle. Každou látku, která je cizorodá, můžeme nazývat noxa, záleží, jak na ni tělo bude reagovat. V následujícím textu budou představeny nejběžnější noxy dělené do skupin podle četnosti či původu a využití

5.3.1 Nejběžnější noxy

Ethanol

U ethanolu jsou různé metody prokazování přítomnosti. Je to např. *dechová zkouška*, které je oblíbená, ale méně přesná, kvůli tomu, že je přepočtena na průměrnou krev. Dále je to *krevní zkouška*, která je přesnější, protože se provádí na plynové chromatografii, je ale náročnější. *Oxidační*, čili *Widmarkova metoda* je velice přesná a rozšířená. Další metoda je *osmometrická*.

Methanol

Methanol je velmi nebezpečný jed. Sám o sobě jedovatý není, jedovaté jsou jeho metabolity. Oxiduje se velmi pomalu a je dlouho zadržován v organismu, kde se přeměňuje na formaldehyd a kyselinu mravenčí.

Dioly, glykoly, vyšší alkoholy

Jsou to látky v nemrznoucích kapalinách, ředidlech, rozpouštědlech, čistidlech. Jsou to i vehikula, jako například diazepam.

Uhlovodíky aromatické a alifatické

Alifatické uhlovodíky jsou opak uhlovodíků aromatických. Uhlovodíky aromatické jsou benzeny a tolueny, obsažené v lepidlech, velice zneužívané pro své sedativní a euforické účinky.

Halogenuhlovodíky a chlorované aromatické halogenuhlovodíky

Halogenuhlovodíky jsou obsažené v průmyslových chemikáliích. Mezi chlorované aromatické halogenuhlovodíky patří například Orange gas, nebo jinak zvaný Agent orange, látka používaná ve válce ve Vietnamu na ničení džunglí.

Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je bezbarvý a bez zápachu. Váže se na hemoglobin, snižuje tudíž vazebnou kapacitu a způsobuje anémii. Blokuje P450, tím se myokard a mozek stávají zranitelnými. Způsobuje dušení. Dá se poznat spektrofotometrií, či plynovou chromatografií, či metodou nesrážlivé krve.

Kyanovodík

Do 25°C je v kapalném stavu. Zapáchá jako hořké mandle. Zvýšenou hladinou kyanovodíku trpí kuřáci. Průběh otravy je rychlý, neboť se rychle rozkládá v žaludku. Způsobuje tkáňové dušení-transport není omezen, ale buňky nejsou schopny přijímat kyslík. Jeho analýza je zdlouhavá, dá se zjistit destilací, spektrofotometrií, či speciální plynovou chromatografií.

Sirovodík

Sirovodík při vysoké koncentraci zapáchá po zkažených vejcích. Způsobuje tkáňové dušení.

5.3.2 Léčiva

Otravy z léčiv bývají velmi časté. Léčiva se dělí podle strukturní příbuznosti a podle terapeutické indikace.

Antidepresiva

Mají na svědomí vysokou mortalitu a i přes jejich indikaci pomáhají k depresím. Jsou zneužívané k sebevraždám.

Barbituráty

Jsou to různá sedativa, většinou léky na spaní. Mají na svědomí vysokou mortalitu.

Benzodiazepiny

Jsou to různá sedativa, hypnotika či antiepileptika. Nelegálně se z nich dají vyrobit různé drogy [2].

5.3.3 Jedy

Jedy mohou být přírodní či syntetické. Působení jedu záleží na jeho charakteru a čistotě, na organismu (stáří a stavu), na způsobu aplikace a vnějších vlivech. Jedy se dají dělit podle jejich charakteru.

Bakteriální

Například botulotoxin neboli klobásový jed.

Mykotoxiny, sinice

Mykotoxiny jsou jedy z hub, které tvoří plodnici. Jsou to jedy jako např. muskarin, faloidin a amanitin, což jsou jedy z muchomůrek, či psylocybin, což je látka v lysohlávkách.

Fytotoxiny

Jsou to jedy obsažené v rostlinách. Mezi nejznámější jedy patří například atropin (rulík zlomocný) či skopolamin (blín černý), které uvolňují svaly a dají se využít jako séra pravdy, jelikož zatemňují uvažování. Další příklad může být strychnin (kulčiba dávivá), látka, která se používá jako jed na krysy a zároveň jako lék. Strychnin je jed, který nám nejlépe ukazuje závislost účinku na dávce.

Zootoxiny

Jsou to jedy ze zvířat, nejčastěji ze škorpiónů, hadů, obojživelníků a ryb. Jsou to jedny z nejsilnějších jedů.

Průmyslové jedy

Průmyslové jedy jsou jedy vyráběné kvůli hubení různých škůdců, čili pesticidy. Tyto látky se dělí podle toho, k čemu jsou určeny, na *insekticidy* (hubící hmyz), *rodenticidy* (hlodavci), *fungicidy* (houby a plísně), *herbicidy* (rostliny, hlavně plevel). Tyto látky jsou často zneužívané teroristy.

Látky v potravinách

Jedovaté látky v potravinách jsou většinou ze zkažených, špatně skladovaných potravin (botulotoxin), či potravin špatně připravených (methanol v alkoholických nápojích).

Drogy

Opiáty a opioidy

Opiáty jsou látky rostlinného původu, zatímco opioidy jsou syntetické. Využívají se k výrobě heroínu. Rychlotesty na opioidy nereagují na vše a mohou reagovat falešně (například po sněžení máku mohou hlásit pozitivní výsledek). Vyvolávají tělesnou závislost, musí se tudíž odvykat postupně.

Návykové látky

Návykové látky provázejí lidstvo už od pradávna, byly využívány k dávným rituálům. Dělí se na tři druhy: *látky tlumící CNS*, jako je heroin, *látky stimuluující CNS*, jako kokain či *látky měnící vnímání*, jako je LSD, THC v marihuaně a psylocybin v lysohlávkách.

Anorganické jedy

V každé skupině se najde alespoň jeden prvek, který je toxický.

I.A skupina

Zde je významné *Lithium*, které je z alkalických kovů asi nejtoxičtější, zároveň je ale v přírodě nenahraditelný. Porušuje trávicí a centrální nervovou soustavu

II.A skupina

Beryllium je vysoce toxický, jelikož vytěsňuje jiné prvky, poškozují tudíž játra a ledviny. *Stroncium* je málo toxické. *Baryum*, *radium* jsou více méně toxické. Radium je radioaktivní.

III.A skupina

Zde je významný *Bor*. Toxické může být i *Indium*. Velmi toxické je *thallium*.

Tab 5.: Zmíněné prvky zobrazené v periodické tabulce

I.A	II.A	III.B	IV.B	V.B	VI.B	VII.B	VIII.B	VIII.B	VIII.B	I.B	II.B	III.A	IV.A	V.A	VI.A	VII.A	VIII.A																												
H																	He																												
Li	Be	Prvky zmíněné v textu										B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tg	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo																												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

IV.A skupina

Toxické mohou být anorganické sloučeniny *uhlíku*, například *kyanovodík*. Dále je toxický *křemík*. Olovo není akutně toxické, nebezpečné je chronicky, jelikož se hromadí v organismu.

V.A skupina

Dusík. Nejjedovatější jsou jeho estery, amoniak a hydrazin, zbytek sloučenin působí jako žiraviny, či jsou jedovaté ve větším množství. *Fosfor* a jeho sloučeniny jsou jedovaté či dráždivé. *Arsen* je jedovatý. *Antimon* a *Bismut* jsou jedovaté, ale špatně se vstřebávají [4].

VI.A skupina

Kyslík, až na ozon, není jedovatý. *Síra* sama jedovatá není, její sloučeniny většinou ano. *Selen* a *Telur* jsou málo jedovaté, jejich sloučeniny jsou více jedovaté.

VII.A skupina

Fluor je dráždivý a jeho sloučeniny jedovaté. *Chlor* je dráždivý, některé sloučeniny jedovaté. *Brom* není moc toxický. *Jod* je pro život důležitý, ale jeho smrtelná dávka je nad dva gramy.

I.B a II.B skupina

Měď, *stříbro*, *zlato*. Jedovaté jsou rozpustné sloučeniny. Jedovaté jsou *kadmium* a *rtuť*.

III.B, IV.B a V.B skupina

Jedovaté jsou *Vanad* a *Niob*.

VI.B a VII.B skupina

Uran je velmi jedovatý. *Mangan* je jedovatý při chronické expozici.

VIII.B skupina

Nikl je jedovatý [5].

5.4 Praktické práce

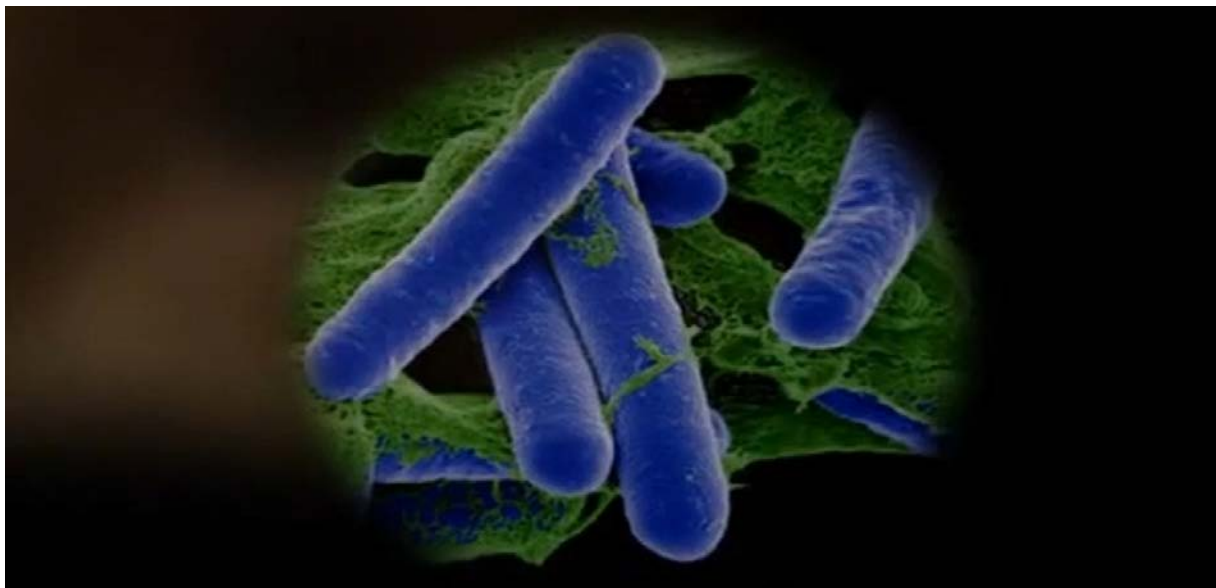
5.4.1 Ověřování pravdivosti scén z filmů a seriálů

Součástí praktické práce bylo zkoumání scén z detektivních filmů a seriálů, které se týkají našeho tématu.

Jed v mastičce

Původní verze

Hlavní postava Sherlock Holmes (B. Cumberbatch) ze seriálu Sherlock od režiséra P. McGuigana z roku 2010 ve 3. díle 1. série pozoruje bakterii *Clostridium botulinum* optickým mikroskopem. Tvrdí, že tato bakterie, která je pro člověka jedovatá, byla přimíchána do mastičky na exzém, o dvě hodiny později začne působit, ochromí člověka, který mastičku aplikoval, čímž se oběť v tu dobu plavající v bazénu utopí. Jed je navíc prakticky nezjistitelný a nikdo po něm nepátral.



Obr. 34: Jed clostridium botulinum pozorovaný mikroskopem. Převzato z [12]

Je to možné?

Jed *Clostridium botulinum* existuje, je to anaerobní bakterie, která způsobuje ochromení nervů, nejčastěji lebečního nervu, což vede k ochrnutí svalů horních končetin, dýchacích svalů a nakonec svalů dolních končetin. Jed je zjištěný, existuje dokonce více metod, ale není nepřehlédnutelný. Na obrázku 4 vidíme, jak se bakterie údajně zobrazovali za použití optického mikroskopu (obr. 4). Tento obrázek byl ale pořízen elektronovým mikroskopem, navíc byl dobarvován [10]. Optický mikroskop má maximální zvětšení 1000x a bakterie *C. botulinum* je velká přibližně $10 \mu\text{m}$, při zvětšení mikroskopem by tedy měřila 10 mm , obrázek by tedy nutně musel mít menší rozlišení [11].



Obr. 35: Použitý optický mikroskop

6 ZÁVĚR

V naší práci jsme se věnovali čtyřem různým oborům, které využívají chemii pro dokazování trestných činů při soudních řízeních. Tyto obory jsou trasologie, daktyloskopie, steganografie a toxikologie. Během práce vyplynuly tři hlavní cíle, které bylo nutné splnit. Prvním cílem bylo provedení kompletní a detailní rešerše výše uvedených oborů. Na základě znalostí takto nabytých jsme pokračovali v praktické práci. Ta spočívala v rozebírání a ověřování filmů a seriálů s kriminalistickou tematikou. Nejčastěji jsme se věnovali seriálům Kriminálka Miami a Dobrodružství kriminalistiky či filmu Sherlock Holmes. Dále jsme věnovali velké množství času experimentům, během nichž jsme prakticky ověřovali různé metody, uvedené ve filmech. Krom jiného jsme zkoušeli různé možnosti snímání otisků prstů či ucha, například jodem, argenturátem či kyanoakrylátem. Praktikovali jsme různé metody zvýrazňování neviditelných textů a zkoušeli odhalování krve pomocí vlastnoručně vyrobeného i technického luminolu.

Tvorba této seminární práce pro nás byla velkým přínosem. Forenzní chemie je téma, jež se dá zajímavě pojmout a zpracovat. Ověřování filmů a ukázek byla část nejen zábavná, ale i velice poučná, jelikož nás nutilo se zamyslet nad věcmi, které nás nikdy nenapadly a uvědomit si spoustu souvislostí, nehledě na to, že jsme aplikovali v praxi naše znalosti z chemie. Stejný přínos pro nás měly práce v laboratoři, kde jsme se naučili vnímat chemii jinak, ne jen jako teorii, ale jako podmínku úspěšného provedení experimentů. Vedlejším přínosem této práce byla i možnost seznámit se s lidmi zabývajícími se těmito vědními obory, čerpat od nich znalosti a pomoc.

Tato práce se zabývala pouze praktickým využitím chemie ve forenzních oborech, do budoucnosti se dá ale rozšířit i na další obory. Vzhledem k tomu, že rozebraná témata jsou využívána v kriminalistice, mohli bychom se v následující práci zabývat kriminalistikou více do hloubky a studovat i odvětví, které s chemií už nemají tolik společného, například balistiku či forenzní psychologii.

7 LITERATURA

7.1 Úvod

- [1] Wiley, J.; et al. *Forensic Chemistry Handbook*; Hoboken, New Jersey, 2012.
- [2] Matoušková, I. *Aplikovaná forenzní psychologie*, 1.st ed.; Grada Publishing, a.s.: Praha, 2013.
- [3] Berka, K. Seriál o detektivní chemii- Základy historické i analytické. *Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou* [Online]6. <http://ksicht.natur.cuni.cz/pdf/ksicht-serial-6-1.pdf> (accessed May 22, 2014).
- [4] Baizová, P. Využití analytické chemie v kriminalistice. POP UP. http://www.popup.upol.cz/files/forSchoolsDocuments/PrF_Baizova.pdf (accessed May 20, 2014).

7.2 Trasologie:

- [1] Hajda, A. Kriminalistická trasologická expertíza. bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně - Fakulta aplikované informatiky, 25. 2. 2011
- [2] Trasologie. *Trasologie.pdf*. <http://www.lesnicka-skola.cz/gallery/clanky3501/trasologie.pdf> (accessed May 7, 2014).
- [3] Straus, J.; Porada, V.; Suchánek, J. vyhledávání a zajišťování kriminalistických stop na místě činu. *Soudní inženýrství* 2005, 16 (6), 312–328.
- [4] Mgr. Fryauf, M. Kriminalistická trasologie. Prezentace [online]. (cit.2014-05-7) Dostupný z WWW: <http://uloz.to/x1fnBeb/kriminalisticka-trasologie-ppt>
- [5] Ashley, M. The Great Detectives: Vidocq. *Strand Magazine* [Online] **2003**. <http://www.strandmag.com/vidocq.htm> (accessed May 20, 2014).
- [6] Penven, D. Crime Scenes and Alternate Light Sources, 2013. Crime Scenes investigators network. <http://www.crime-scene-investigator.net/alternatelightsources.html> (accessed May 7, 2014).
- [7] Forensic Light Sources, 2013. EVIDENT crime scene products. <http://www.evidentcrimescene.com/cata/light/light.html> (accessed May 7, 2014).
- [8] Ninhydrin, 2014. Wikipedie. <http://en.wikipedia.org/wiki/Ninhydrin> (accessed May 07, 2014).
- [9] Ninhydrin, 2012. ninhydrin. http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es_002_v1/hesla/ninhydrin.html (accessed May7, 2014).
- [10] KášJ., Kodlíček M., Valentová O.: laboratorní techniky biochemie. 1. vyd. Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Praha 2006. Knihu lze objednat: vydavatelství VŠCHT Praha, <http://vydavatelstvi.vscht.cz/>
- [11] Ninhydrin;2013. Wikipedie. <http://en.wikipedia.org/wiki/Luminol> (accessed May 07, 2014)
- [12] Luminol,2014. Wikipedie. <http://en.wikipedia.org/wiki/Luminol> (accessed May 07, 2014)
- [13] Harris, Tom. "How Luminol Works" 11 June 2002. HowStuffWorks.com. <<http://science.howstuffworks.com/luminol1.htm>> 7 May 2014.
- [14] Harris, Tom. "How Luminol Works" 11 June 2002. HowStuffWorks.com.

- <<http://science.howstuffworks.com/luminol2.htm>> 7 May 2014.
- [15] BLUESTAR® FORENSIC Latent Bloodstains Reagent, 2012. Gizmos&Gadgets. <http://www.csigizmos.com/products/blooddetection/bluestar.html> (accessed May 7, 2014).
- [16] Hlaváček, J. Bluestar Forensic, 2008. Krimi servis Hlaváček. <http://www.krimi-servis.cz/?p=295> (accessed May 7, 2014).
- [17] Barksdale, L. HemaScein™. Prezentace [online]. Dostupný z WWW: http://www.abacusdiagnostics.com/Hemascein_1_Sergeant_Larry_Barksdale.pdf
- [18] Fluorescein, 2014. Wikipedie. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescein> (accessed May 07, 2014).
- [19] Tomboc, R. The Fluorescein Method of Latent Blood Detection, 2011. crime scene investigators network. <http://www.crime-scene-investigator.net/fluoresceinmethod.html> (accessed May 7, 2014).
- [20] Fagan, P. Využití chemie v trasologii . Prezentace, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 19. 11. 2013. citov_no dne 05-7-2014
- [21] Baizová, P. Využití analytické chemie v kriminalistice. http://www.popup.upol.cz/files/forSchoolsDocuments/PrF_Baizova.pdf (accessed May 7, 2014).
- [22] Štefan, J.; Hladík, J.; et al. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy* [online]; Grada Publishing a.s.: U Průhonu 22 Praha 7, pp 54–100. http://books.google.cz/books?id=0_OL1k0RN98C&pg=PA287&lpg=PA287&dq=bertrandova+zkou%C5%A1ka+krve&source=bl&ots=pNwqZtWKIx&sig=O4zYzHiCcPkkYx2pLnH4zhupfGA&hl=cs&a=X&ei=iJhsU6rULc2e7AawhIDwDA#v=onepage&q=bertrandova%20zkou%C5%A1ka%20krve&f=false
- [23] Diagnostické proužky pro analýzu moči. Wikipedie. http://cs.wikipedia.org/wiki/Diagnostick%C3%A9_prou%C5%BEky_pro_anal%C3%BDzu_mo%C4%8Di (accessed May 07, 2014).
- [24] PADYŠÁK, P.; SUCHÁNEK, J. Zajišťování prашných stop v kriminalistické praktické činnosti. Prašné stopy více. http://krimi-spk.sweb.cz/02_exper/stopy/02_pras_stopy.htm (accessed May 7, 2014).
- [25] Škodík, L. Způsoby identifikace podle trasologických stop. bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně - Fakulta aplikované informatiky, 20. 2. 2009.
- [26] Otisk Kriminilastika a příbuzné obnory. <http://kriminalistika.eu/muzeumzla/holub/ucho1a.jpg> (accessed May 07, 2014).
- [27] Ninhydrin-2D-skeletal. Wikipedia/wikimedia. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/Ninhydrin-2D-skeletal.png> (accessed May 07, 2014).
- [28] Praxis für Neurologie. <http://www.neuromerc.ch/pics/Ninhydrin.JPG> (accessed May 07, 2014).
- [29] Wikipedia/wikimedia. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Ninhydrin_Reaction_Mechanism.svg (accessed May 07, 2014).
- [30] Wikipedia/wikimedia. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/Luminol.svg/150px-Luminol.svg.png> (accessed May 07, 2014).

[31] University of Bristol- School for Chemistry.
<http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2002/fleming/Design/Assets/Images/mechanism.jpg> (accessed May 07, 2014).

[32]
http://4.bp.blogspot.com/_I0qjP7sH0Gc/TSuaHT5ff0I/AAAAAAAAACA/0I2XquKsGeU/s1600/artworks-000003265548-bpb2cn-crop.jpg (accessed May 07, 2014).

[33] 2005. BLUSTAR Forensic. http://www.bluestar-forensic.com/img/xl/2005_02_32.jpg (accessed May 07, 2014).

[34] Patentimages. <http://patentimages.storage.googleapis.com/EP2025349A2/imgb0016.png> (accessed May 07, 2014).

[35] Abacus Diagnostics. <http://www.abacusdiagnostics.com/images/Hemascein.jpg> (accessed May 07, 2014).

[36] Kriminálka Las Vegas, K. Fink, USA/ Kanada, 2000 (10/1.)

7.3 Daktyloskopie:

[1] STRAUS, Jiří; a kolektiv. *Kriminalistická technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7380-409-1.

[2] STRAUS, Jiří; PORADA, Viktor; a kolektiv. *Kriminalistická daktyloskopie*. Praha: Vydavatelství Policejní akademie ČR, 2005. 285 s. ISBN 80-7251-192-0.

[3] JEDLIČKA, Miloslav. *Kriminalistická daktyloskopie*. Kriminalistika Dostupné z:
<http://kriminalistika.eu/daktyl/daktyl.html>

[4] Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně. *O životě J.E. Purkyně*. Dostupné z:
<http://www.cls.cz/o-zivote>

[5] Herschel, William J (1916). *The Origin of Finger-Printing*. Oxford University Press. ISBN 978-1-104-66225-7. Dostupno z: <http://galton.org/fingerprints/books/herschel/herschel-1916-origins-1up.pdf> [EN]

[6] *Fingerprinting in detection*. Strathclyde University.
<http://www.strath.ac.uk/media/ps/comms/italstartedhere/Faulds.pdf> (accessed Sept 05, 2014).

[7] Houser, R. *Využití daktyloskopie v kriminalistické praxi*. Bakalářská práce, Právnická fakulta Masarykovy univerzity, 2012/2013.

[8] German, E. *The History of Fingerprints*. onin.com. <http://onin.com/fp/fphistory.html> (accessed May 09, 2014).

[9] STOCKLEY, Corinne.; OXLADE, Chris.; WARTHEIM, Jane. *Dictionary of science*. Usborne Publishing Ltd, 2002. ISBN 0-86020-990-3. S.310. [EN]

[10] "Dermal papillae", Probert Encyclopaedia. Southampton, United Kingdom: 1993 - 2013 The New Society for the Diffusion of Knowledge. Dostupno z: <http://www.probertencyclopaedia.com/cgi-bin/res.pl?keyword=Dermis&offset=0> [EN]

[11] KWOK, Roberta. "Fake finger reveals the secrets of touch", *Nature*, 29. Leden 2009. Dostupno z: <http://www.nature.com/news/2009/090129/full/news.2009.68.html> [EN]

- [12] "Fingerprint grip theory rejected". BBC. Červen 2009. Dostupno z: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/8093134.stm> [EN]
- [13] Rak, R. Kriminalistická technika. Vysoká škola Karlovy Vary. <http://mail.vskv.cz/download/kt1.pdf> (accessed May 18, 2014).
- [14] Molekuly a data, 2012. European Schoolnet. http://files.eun.org/scientix/resources/TranslationOnDemand/SHELL_inGenious-Molecules_and_Data_CZ.pdf (accessed May 18, 2014).
- [15] KODÍČEK, M. kyselina mléčná. From Biochemické pojmy : výkladový slovník [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2014-05-25]. Available from www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=kyselina_mlecna>
- [16] Kriminalistika. Střední odborná škola ochrany osob a majetku. <http://www.sosoom-zlin.cz/media/skripta/kriminalistika.pdf> (accessed May 23, 2014).
- [17] Identifikace daktyloskopických stop, 2014. Policie ČR. <http://www.policie.cz/clanek/celorepublikove-utvary-kriminalisticky-ustav-praha-zpravodajstvi-test-2.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d> (accessed May 23, 2014).
- [18] Srážecí reakce. Učebnice chemie pro 8. ročník ZŠ. <http://www.zschemie.euweb.cz/reakce/reakce14.html> (accessed May 23, 2014).
- [19] Kriminálka Miami, P. Markle a spol., USA, 2002 (1/23.)
- [20] Šulcová, R.; Böhmová, H.; Urválková, E. zajímavé experimenty z chemie kole nás, 2009. Univerzita Karlova v Praze Přírodovědecká fakulta Katedra učitelství a didaktiky chemie. http://rena.sulcova.web.cz/zajimave_experimenty/Zajimave_experimenty.pdf (accessed May 24, 2014).
- [21] Kriminálka Miami, P. Markle a spol., USA, 2002 (6/17.)
- [22] Dobrodružství kriminalistiky, A. Moskalyk, Československo, Západní Německo, 1989 (4.)
- [23] Petr, J. Otisky prstů lze sejmut i z vystřelené nábojnice, 2008. OSEL. <http://www.osel.cz/index.php?clanek=3692> (accessed May 25, 2014).

7.4 Steganografie:

- [1] Bc. Žilka, R. Steganografie a stegoanalýza. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Fakulta informatiky, 2008.
- [2] Vondruška, P. *Kryptologie, šifrování a tajná písma.*; Albatros: Praha, 2006.
- [3] McKay, B.; McKay, K. Man Knowledge: The History of Invisible Ink, 2011. Art of Manliness. <http://www.artofmanliness.com/2011/09/09/man-knowledge-the-history-of-invisible-ink/> (accessed May 09, 2014).
- [4] AGENCE FRANCE PRESSE La recette de l'encre invisible révélée, 2011. Le Figaro. <http://www.lefigaro.fr/flash-actu/2011/04/20/97001-20110420FILWWW00339-la-recette-de-l-encre-invisible-revelee.php> (accessed May 09, 2014).
- [5] Zaspalová, J. Červené zelí jako acidobazický indikátor. Protokol, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2008.

[6] Přírodní indikátor. Chemie hrou. <http://www.chemiehrou.funsite.cz/14.html> (accessed May 09, 2014).

[7] Fišar, Z. *FLUORESCENČNÍ SPEKTROSKOPIE V NEUROVĚDÁCH: Principy fluorescenční spektroskopie* [online]; <http://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/Default.htm> (accessed May 09, 2014).

[8] Sherlock Holmes, G. Ritchie, USA/ Německo/ Velká Británie, 2009

[9] Kašpar, J. *Úvod do novověké latinské paleografie se zvláštním zřetelem k českým zemím*, 2nd ed.; SPN: Praha, 1979.

[10] Kriminálka Miami, P. Markle a spol., USA, 2002 (1/23.)

[11] Dobrodružství kriminalistiky, A. Moskalyk, Československo, Západní Německo, 1989 (16.)

7.5 Toxikologie:

[1] Tichý, M. Toxikologie pro chemiky: Toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa, 2nd ed.; Karolinum: Praha, 2004.

[2] Balíková, M. Osud xenobiotik v organismu. Biotransformace, 2011. Ústav soudního lékařství a toxikologie. <http://soudni.lf1.cuni.cz/file/5691/02-Osud%20xenobiotik%20a%20biotransformace.pdf> (accessed Dec 16, 2013).

[3] Krajewska, B. Arsenic and the emperor. *Revue du Souvenir Napoléonien* [Online] 2008. http://www.napoleon.org/en/reading_room/articles/files/arsenic_emperor.asp#informations

[4] Krmenčík, P.; Kysilka, J. Jedy. *Toxikon*. <http://www.biotox.cz/toxikon/> (accessed May 15, 2014)

[5] Anorganické škodlivé látky. Ústav organické technologie. http://tresen.vscht.cz/kot/wp-content/uploads/5_inorganic.pdf (accessed May 14, 2014).

[6] Bartovská, L. Kinetika enzymatických reakcí. Enzymová katalýza. <http://www.vscht.cz/fch/cz/pomucky/bartovska/Kin-teorie/9-EnzymovaKatalyza.pdf> (accessed April 12, 2014).

[7] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví požadavky na jakost, postup při přípravě, zkoušení, uchovávání a dávkování léčiv (Český lékopis 1997). Příloha k vyhlášce; <http://www.lekopis.cz/>, 1/1998 Sb.

[8] Balíková, M. Forenzní a klinická toxikologie: Laboratorní toxikologická vyšetření, 1st ed.; Galén.

[9] Nantel, A. J. CLOSTRIDIUM BOTULINUM. *Poisons Information Monograph* [Online] 2002. <http://www.who.int/csr/delibepidemics/clostridiumbotulism.pdf> (accessed May 19, 2014).

[10] Clostridium Botulinum, 2013. Microbe Wiki. https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/File:SEM_Clostridium_Botulinum.png (accessed May 20, 2014).

[11] Baylis, D. Microscopes and Their Uses in Biology. *Bio Factsheet* [Online] 2000, 75. http://papers.xtremepapers.com/Edexcel/Advanced%20Level/Biology/Resources/75_MICROSCOPE.PDF (accessed May 20, 2014).

[12] Sherlock, P. McGuigan, Velká Británie; 2010