

Rizika spojená s odběrem vzorků DNA pro forenzní účely

Ivana Macháčková



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Ivana Macháčková
Osobní číslo:	L22465
Studijní program:	B1022A020002 Management rizik
Specializace:	Management rizik
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Rizika spojená s odběrem vzorků DNA pro forenzní účely

Zásady pro vypracování

- Vymezte rizika spojená s odběrem DNA pro forenzní účely na základě rešerše relevantní odborné literatury.
- Posuďte rizika vybraného procesu odběru vzorku DNA za účelem identifikace osob na místě činu.
- Navrhněte opatření pro redukci identifikovaných významných rizik.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. WOLSTENHOLME, Rosalind; JICKELLS, Sue a FORBES, Shari. *Analytical techniques in Forensic Science*. John Wiley & Sons, 2021. ISBN 9781119978282.
2. PAIXAO, Thiago R. L. C.; COLTRO, Wendell K. T. a SALLES, Maiara Oliveira. *Forensic Analytical Methods*. London: Royal Society Of Chemistry, 2019. ISBN 978-1-78801-459-5.
3. BRUNOVÁ, Markéta. *Dokazování trestné činnosti: s využitím kriminalistických stop a identifikace*. Praha: VŠFS, 2019. ISBN 978-80-7408-196-5.
4. VANEZIS, Peter. *Essential Forensic Medicine*. John Wiley & Sons, 2020. ISBN 978-0-470-74863-3.
5. COOPER, Chris. *Forensic Science*. Dorling Kindersley Ltd, 2020. ISBN 978-0241423639.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Mgr. Tomáš Zeman, Ph.D. et Ph.D.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 1. 5. 2025

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje rizikům spojeným s odběrem vzorků DNA pro forenzní účely. Biologický materiál často tvoří zásadní důkaz v trestním řízení, a proto je nezbytné zajistit jeho správné odebrání, manipulaci i uchování. Cílem práce je identifikovat slabá místa celého procesu a nabídnout způsoby, jak zvýšit prostřednictvím ochrany integrity DNA vzorku spolehlivost forenzních důkazů a předejít možným pochybením. Teoretická část přibližuje využití DNA v kriminalistice, typy biologických materiálů a nejčastější biologické stopy nacházené na místech činu. Praktická část se zaměřuje na legislativní rámec odběrů v ČR a využívá metodu FMEA k posouzení potenciálních rizik. Pro významná identifikovaná rizika jsou navržena konkrétní a realizovatelná nápravná opatření.

Klíčová slova: DNA, forenzní vědy, odběr vzorků, riziko

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the risks associated with the collection of DNA samples for forensic purposes. Biological material often represents a key piece of evidence in criminal proceedings, which is why its proper collection, handling, and preservation are essential. The aim of the thesis is to identify weaknesses in the entire process and propose measures that enhance the reliability of forensic evidence by protecting the integrity of DNA samples and preventing potential errors. The theoretical part addresses the use of DNA in criminology, types of biological materials, and the most common biological traces found at crime scenes. The practical part examines the legislative framework of DNA sampling in the Czech Republic and uses the FMEA method to assess potential risks. For the most significant identified risks, specific and feasible corrective actions are proposed.

Keywords: DNA, forensic science, sample collection, risk

Ráda bych vyjádřila poděkování vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Mgr. Tomáši Zemanovi, Ph.D. et Ph.D., za jeho odborné vedení, vstřícný přístup a cenné rady, kterými významně přispěl k realizaci této práce.

Dále děkuji své rodině za stálou podporu, trpělivost a porozumění po celou dobu studia. Mé poděkování patří také mým přátelům za povzbuzení a motivaci v náročnějších obdobích.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 ODBĚR VZORKŮ DNA PRO FORENZNÍ ÚČELY.....	14
1.1 STRUKTURA DNA.....	15
1.2 TYPY VZORKŮ DNA.....	16
1.2.1 Krev a krevní stopy.....	19
1.2.2 Sliny.....	20
1.2.3 Pot.....	20
1.2.4 Ejakulát.....	21
1.2.5 Trichologický materiál.....	21
1.3 METODY ODBĚRU VZORKU LIDSKÉHO PŮVODU Z MÍSTA ČINU.....	22
1.3.1 Zásady pro zajišťování biologických stop.....	22
1.3.2 Odběr vzorku biologické stopy.....	23
2 ZDROJE RIZIK ZNEHODNOCENÍ DNA PŘI ODBĚRU A ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ.....	25
2.1 KONTAMINACE BIOLOGICKÝCH STOP.....	27
2.2 DEGRADACE DNA.....	28
2.3 SELHÁNÍ LIDSKÉHO ČINITELE PŘI ODBĚRU VZORKU.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	32
3 POPIS POSTUPU OHLEDÁNÍ MÍSTA ČINU A ODBĚRU VZORKU DNA NA MÍSTĚ ČINU.....	33
3.1 PRVOTNÍ A NEODKLADNÉ ÚKONY A PŘÍPRAVA OHLEDÁNÍ.....	35
3.2 PROVEDENÍ OHLEDÁNÍ MÍSTA ČINU.....	36
3.3 ODBĚR VZORKU DNA NA MÍSTĚ ČINU.....	37
3.4 ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ OHLEDÁNÍ.....	40
4 POSOUZENÍ RIZIK.....	41
4.1 METODA FMEA A JEJÍ APLIKACE V OBLASTI ODBĚRU DNA.....	41
4.2 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY.....	50
5 NÁVRH OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK.....	51
5.1 RIZIKO ZNEHODNOCENÍ ODEBRANÉHO VZORKU OKOLNÍM PROSTŘEDÍM.....	51
5.2 RIZIKO NEDOSTATEČNÉHO MNOŽSTVÍ ODEBRANÉHO VZORKU.....	52
5.3 RIZIKO ODBĚRU JIŽ DEGRADOVANÉHO VZORKU.....	52
5.4 RIZIKO ZÁMĚNY STOP NA MÍSTĚ ČINU.....	53
5.5 RIZIKO NESPRÁVNÉHO POSTUPU PŘI ZAJIŠTĚNÍ STOP.....	53
6 VÝBĚR OPTIMÁLNÍCH VARIANT OPATŘENÍ.....	55
6.1 RIZIKO ZNEHODNOCENÍ ODEBRANÉHO VZORKU OKOLNÍM PROSTŘEDÍM.....	56

6.2	RIZIKO NEDOSTATEČNÉHO MNOŽSTVÍ ODEBRANÉHO VZORKU	57
6.3	RIZIKO ODBĚRU JIŽ DEGRADOVANÉHO VZORKU	59
6.4	RIZIKO ZÁMĚNY STOP NA MÍSTĚ ČINU	60
6.5	RIZIKO NESPRÁVNÉHO POSTUPU PŘI ZAJIŠTĚNÍ STOP	61
ZÁVĚR.....		63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		65
SEZNAM OBRÁZKŮ		69
SEZNAM TABULEK.....		70
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		71
SEZNAM PŘÍLOH.....		72

ÚVOD

Moderní kriminalistika se stala nepostradatelnou součástí vyšetřování trestné činnosti. Jejím cílem je především zajistit objektivní a spolehlivé důkazy, které mohou napomoci k odhalení pravdivých skutečností při objasňování trestné činnosti. Mezi různými metodami, které kriminalistika využívá, zaujímá analýza deoxyribonukleové kyseliny (dále jen „DNA“) výjimečné postavení. Práce s genetickým materiálem umožňuje dosahovat vysoké míry přesnosti při identifikaci osob a propojení jednotlivců s konkrétními událostmi nebo místy. DNA tedy představuje jeden z nejpřesvědčivějších typů důkazů, se kterým je však zároveň nutné nakládat s maximální obezřetností.

Proces získávání biologického materiálu, který je základem pro následné zpracování vzorků DNA, není jen technickou rutinou. Je to činnost, která vyžaduje vysokou míru soustředění, dodržování předepsaných postupů a často i schopnost rychle a správně reagovat na specifika dané situace. I drobné pochybení v této fázi může mít za následek znehodnocení důkazního materiálu, kontaminaci, degradaci vzorku či chybné přiřazení osoby k místu činu. Právě z těchto důvodů je nutné věnovat rizikům spojeným s odběrem DNA vzorků dostatečnou pozornost.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout opatření k redukci rizik znehodnocení vzorku DNA při odběru na místě činu na základě předchozího posouzení těchto rizik. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. S ohledem na stanovený cíl byly formulovány následující výzkumné otázky:

Jaké jsou hlavní metody odběru vzorků DNA ve forenzní praxi?

Jaké faktory mohou ovlivnit kvalitu vzorku DNA při odběru na místě činu?

Jaká jsou nejvýznamnější rizika vedoucí ke znehodnocení vzorku DNA při jeho odběru na místě činu?

První, teoretická část, je zaměřena na objasnění základních poznatků o DNA a jejího významu v kriminalistice. Dále jsou v této části práce rozebrány různé druhy biologického materiálu, které mohou sloužit jako nositelé genetické informace a jsou zde vymezena nejpodstatnější rizika spojená s odběrem DNA vzorků.

Druhá, praktická část práce, se soustředí na legislativní rámec procesu odběru DNA z místa činu v České republice a popisuje zavedené postupy ohledání místa činu, jak jsou upraveny v příslušných právních předpisech a doplňkově je tato část práce rozšířena

o informace získané na základě strukturovaného rozhovoru se specialistkou z praxe. Důraz je kladen na identifikaci konkrétních rizik spojených s odběrem vzorků DNA pomocí metody FMEA, jež byla aplikována podle Božka (2018). Tato metoda umožňuje systematicky identifikovat a hodnotit potenciální selhání v procesu odběru DNA. Využitím této metody lze nejen předejít potenciálním chybám, ale také optimalizovat pracovní postupy a zajistit lepší kvalitu práce s DNA vzorky. Na základě této analýzy rizik jsou navržena vhodná a proveditelná nápravná opatření, která mohou pomoci předejít chybám a zvýšit spolehlivost celého procesu. Pro určení nejvhodnějšího opatření k redukci každého rizika byla využita podle Saatyho (2004) Saatyho metoda, která spočívá v systematickém porovnání více variant na základě předem stanovených kritérií, umožňuje převést subjektivní hodnocení do kvantitativní podoby, čímž napomáhá k objektivnějšímu a transparentnějšímu rozhodování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ODBĚR VZORKŮ DNA PRO FORENZNÍ ÚČELY

Forenzní vědy znamenají využití vědeckých oborů v právních záležitostech, konkrétně ve vyšetřování a dokazování v trestních i civilních řízeních před státními orgány. Zahrnují mnoho vědních disciplín, jako je například daktyloskopie, forenzní antropologie, forenzní psychologie, forenzní genetika, soudní lékařství a v současné době dochází k velkému rozvoji zejména forenzní chemie (Straus, 2017).

Termín „forenzní“ pochází z latinského kořene *forum* a obecně znamená „týkající se práva“ či „aplikované na právo“. Tento výraz odkazuje na místo ve městě, přesněji řečeno na antické římské tržiště, kde byly veřejně řešeny spory, veřejné záležitosti a různé debaty, čímž byl definován zákon daného města (Crispino a Houck, 2013).

Kriminalistiku potom Svoboda (2016) definuje jako samostatný a rozsáhle interdisciplinární vědní obor, který má k forenzním vědám velice blízko. Kriminalistická věda totiž přebírá poznatky jiných věd a využívá je, zejména se jedná o poznatky forenzní disciplíny. Vznik kriminalistiky vyplynul ze společenské potřeby aktivně bojovat se zločinem, a to způsobem zkoumání odrazů události z materiálního hlediska, ale i z paměti osob. Takové odrazy jsou v kriminalistice nazývány stopy. Současná kriminalistika je tvořena kriminalistickou technikou, která své zkoumání zaměřuje na stopy látkové, jež se projevují jako jakékoliv změny předmětů či osob a kriminalistickou taktikou, která zkoumá stopy paměťové – ty vznikají ve vědomí osob.

V současném kontextu se na využití analýzy DNA při vyšetřování trestných činů zaměřuje forenzní genetika, což je právě jedna z vědních disciplín spadajících do skupiny forenzních věd. Její vývoj byl podnícen historickými pokroky a vědeckými objevy. Prvním vědeckým objevem, který přispěl k rozvoji forenzní genetiky, byla identifikace krevních skupin AB0 Karlem Landsteinerem v roce 1900. V roce 1910 francouzský kriminalista Edmond Locard poprvé představil Locardův princip výměny, který pracuje s tvrzením, že „každý kontakt zanechává stopu“, tudíž pachatel jednak nějakou stopu na místě činu zanechal, a také z místa činu nějakou stopu např. na oděvu odnesl. Na Locardův princip navázaly Morganovy zákony dědičnosti z roku 1926, které popisují vztah genů a chromozomů. Významným milníkem v oblasti forenzní genetiky byl objev dvoušroubovice DNA v roce 1953, který posunul celý výzkum na molekulární úroveň. V roce 1984 objevil Alec Jeffreys techniku DNA fingerprintingu, díky které lze identifikovat osoby z biologického vzorku. Tato metoda se začala využívat při určování otcovství a při

kriminálních vyšetřováních, čímž zahájila novou éru v oblasti forenzní DNA analýzy (Alketbi, 2023).

V současné době se forenzní analýza DNA stala běžně využívanou a stále se rozvíjející praktikou při vyšetřování míst činu, při prokazování rodičovství a při identifikaci žijících osob či lidských ostatků. Před objevením DNA analýz bylo určení totožnosti obětí i pachatelů trestných činů nebo obětí katastrof fakticky omezeno na identifikaci osob podle chrupu, základem bylo svědectví osob nebo nalezení látkových stop na místě činu, ovšem bez jejich následného bližšího zkoumání za využití analýzy DNA (Vanezis, 2020).

Její bezkonkurenční přesnost umožnila orgánům činným v trestním řízení řešit složité případy a přinášet tak spravedlnost jak obětem, tak společnosti jako celku. Taktéž výrazně zvýšila efektivitu forenzních důkazů, napomáhá řešit i zdánlivě neřešitelné případy a chrání před nespravedlivými odsouzeními. S neustálými pokroky se očekává, že analýza DNA bude dále zdokonalována a tím posílí dopad na hledání pravdy a spravedlnosti (Alketbi, 2023).

Dalšími důvody pro využití analýzy DNA k určení totožnosti žijících či zemřelých osob mohou podle Vanezise (2020) být následující potřeby: prokázat skutečnost, že osoba zemřela zejména pro účely administrativní, statistické a právní; umožnit vyrovnání právních nároků, majetku, životního pojištění, pozůstalostních důchodů, dluhů atd.; posoudit podvodných žádostí v souvislosti s imigrací; zjistit, za koho se osoba vydává, například v případech osob s demencí.

1.1 Struktura DNA

Poprvé byla DNA popsána Watsonem a Crickem v roce 1953 jako molekula, která je tvořena dvěma vlákny DNA uspořádaných tak, že tvoří dvoušroubovici. Tato nukleová kyselina obsahuje veškeré informace potřebné pro fungování a reprodukci organismu a u každého jednotlivce jedinečná. Z chemického hlediska se jedná o polymer nukleotidů, přičemž jsou vzájemně spojeny fosfátovou skupinou. Každý nukleotid je tvořen dusíkatou bází, pětiuhlíkatým monosacharidem (deoxyribózou) a kyselinou fosforečnou (Bukyňa et al., 2021). Kožina (2018) vysvětluje, že v lidském těle se rozlišuje jaderná DNA a mitochondriální DNA.

Jaderná DNA se nachází v buněčném jádře – je tedy přítomna ve většině buněk organismu a celkem je tvořena asi 3,2 miliardami párů bází DNA. S výjimkou

jednovaječných dvojčat je jaderná DNA každého člověka individuální. Jedná se totiž o kombinaci části DNA otce a části DNA matky, je tedy vyloučeno, aby kromě jednovaječných dvojčat mělo více jedinců stejnou strukturu (Kožina, 2018).

Struktura mitochondriální DNA (dále jen „mtDNA“) se od jaderné DNA liší zejména v délce – mtDNA je tvořena pouze zhruba z 16 500 párů bází. Rozdíl je rovněž v množství této DNA v organismu. Oproti jaderné DNA, které je v každé buňce obsažena v jádře pouze jednou, mtDNA je v buňkách vícekrát. Je to z důvodu, že tento typ DNA se nachází v mitochondriích, což jsou samostatné struktury uvnitř buňky, kterých je v jedné buňce větší množství. Kriminalisticky významnou zajímavostí je fakt, že se mtDNA dědí jen matrolinně – to dělá z mtDNA organismu věrnou kopii mtDNA jeho matky. Nejedná se tedy o směs od obou rodičů (Kožina, 2018).

MtDNA je shodná pro všechny osoby v maternální linii, tudíž standardně není pro identifikaci osob využívána. Výjimkou jsou potom případy, kdy biologický materiál zajištěný na místě činu neobsahuje buněčná jádra nebo v situaci, kdy z důvodu vyššího stupně degradace jaderné DNA nelze vzorek analyzovat (Kožina, 2018).

1.2 Typy vzorků DNA

V současné době se mezi stěžejní forenzní disciplíny řadí kriminalistická biologie, jejíž význam v procesu objasňování trestných činů kontinuálně narůstá. Aplikuje poznatky všeobecné biologie využitelných v kriminalistické praxi a zabývá se zkoumáním biologického materiálu. V současné době dochází k masivnímu rozvoji molekulární biologie, díky čemuž je možné uskutečňovat individuální identifikaci člověka za pomoci metod zkoumání DNA z různých druhů biologických stop (Brunová, 2019).

Podle Brunové (2019) je biologický materiál z různých hledisek dělen do několika skupin, například podle jeho původu. Jedná se o biologický materiál pocházející:

- z lidského organismu, kam patří krev, ejakulát, moč, pot, sliny, vlasy a chlupy, výkaly, žaludeční obsah, plodová voda, mateřské mléko, útržky tkání, kosti a kosterní nálezy a další;
- ze zvířecího organismu, kam patří zejména krev, chlupy, útržky tkání a kosti;
- z rostlinného organismu, kam patří především celé rostliny či jejich části.

Dalším typem dělení biologických stop podle Brunové (2019) je již kriminalisticky významnější dělení dle způsobu či mechanismu jejich vzniku. Nejčastěji využívaným je potom následující členění:

- biologický materiál vznikající spontánním oddělením od živého organismu, v praxi potom nejčastěji lidského. Sem je řazen například pot, sliny, moč, ejakulát, výkaly, slzy, menstruační krev, mateřské mléko, odloupané odumřelé části kůže, samovolně vypadlé vlasy a chlupy, placenta spolu s vakem blan a pupečníkem a další;
- biologický materiál vznikající následkem použití nějaké formy násilí různého charakteru, které má za výsledek oddělení biologického materiálu od živého organismu;
- biologický materiál, který vzniká v souvislosti se zánikem (smrtí) organismu a jsou zachovány po různě dlouhou dobu od smrti biologického jedince. Patří sem celé mrtvoly, případně jejich části, kosti a kosterní nálezy.

Mezi nejčastěji se vyskytující biologické stopy a zároveň mezi nejvýznamnější v kriminalistické praxi patří potom krev, sliny a pot, ejakulát, vlasy a chlupy, odumřelé části kůže, kosti a kosterní nálezy. Další, často se vyskytující biologickou stopou je moč, ovšem její význam je především toxikologický (Brunová, 2019).

Zkoumání biologického materiálu v první fázi probíhá s cílem zodpovědět několik otázek, podle kterých bude směřováno následné vyšetřování. Nejprve je nutné určit, zda se skutečně jedná o biologický materiál a o jaký konkrétní typ jde. Následně je zkoumáno, zda je materiál lidského nebo živočišného původu. Další kroky zkoumání zahrnují stanovení krevní skupiny osoby, která stopu zanechala, a určení pohlaví této osoby. Velmi důležité je zjistit, zda je možné z daného materiálu získat DNA pro další analýzu (Svoboda, 2016).

Způsob zjištění těchto informací vychází z pozorování tvaru, barvy a zápachu biologického materiálu, stejně jako z okolností jeho vzniku a místa nálezu, zejména však z výsledků zkoumání, která jsou prováděna v následujícím pořadí (Svoboda, 2016):

1. Zkoušky orientační – tyto zkoušky ověřují, zda se jedná o biologický materiál. Jsou prováděny přímo na místě nebo v laboratoři, patří mezi ně pozorování pouhým okem, pozorování pod mikroskopem, senzorické posouzení a biochemické a chemické reakce. K biochemickým a chemickým reakcím je přistupováno, pokud je k dispozici dostatek zkoumaného biologického materiálu, v opačném případě je rovnou využíváno zkoušek specifických.

2. Zkoušky specifické – výsledkem tohoto typu zkoušek je potvrzení, že se jedná o materiál, za který je považován či naopak vyvrácení tohoto tvrzení. Některé biologické stopy jsou tak charakteristické a jednoznačné, že je možné vynechat jak zkoušky orientační, tak specifické. Některé biologické stopy však mohou působením různých vlivů měnit svoje fyzikální vlastnosti. V tomto případě je nevyhnutelné posouzení využitím chemických reakcí.
3. Stanovení druhové příslušnosti – vlastní metodu zavedl poprvé do praxe Paul Uhlenhuth. Tato metoda je založena na reakci mezi bílkovinou a její specifickou protilátkou, která vede k tvorbě sraženiny. Jedná se o reakci přísně specifickou a umožňuje jednoznačně rozlišit bílkoviny lidského původu od bílkovin původu živočišného, a dokonce identifikovat bílkoviny jednotlivých druhů zvířat.
4. Stanovení krevních skupinových vlastností – jedná se o vlastnosti celého organismu, které jsou způsobeny příslušnými antigeny, jež jsou přítomny v tělesných tekutinách a tkáních. Současný název vychází z prvotního nálezu těchto antigenů právě v krvi, je však možné je určit i z ejakulátu, plodové vody, slin, kostí, zubů, nehtů, ušního mazu, vlasů aj.
5. Stanovení pohlaví – stanovení pohlaví osoby z biologického materiálu je založeno na průkazu přítomnosti a struktury 23. páru chromozomální výbavy lidských buněk. V případě struktury XX se jedná o ženu, v případě XY je potom zkoumaný biologický materiál od muže.
6. Analýza DNA – metody analýzy DNA představují rapidně se rozvíjející a neustále zdokonalující se oblast kriminalistické biologie.

Biologické stopy nalezené na místě činu mohou z trestně procesního hlediska pocházet z organismu pachatele, oběti, nezúčastněné osoby anebo může jít o směs biologických materiálů různých osob. Taková skutečnost je ovšem potvrzena až po detailním zkoumání biologických stop a po analýze DNA, která určí zdroj materiálu a může poskytnout silné forenzní důkazy. I samotná místa nálezu biologického materiálu mohou být velmi rozmanitá – typický je nález na různých předmětech, nástrojích a zbraních použitých při páčání trestného činu, na oděvech, tělech jednotlivých osob, na vozidlech, vozovkách apod (Harbison, 2009).

Dalším důležitým aspektem je viditelnost stop – mezi viditelné stopy patří především krev, kosti, útržky tkání, výkaly a další, neviditelné jsou potom moč, pot, sliny a další (Straus, 2017).

1.2.1 Krev a krevní stopy

Krev je jednou z nejčastěji nalezených biologických stop na místě činu, může být přítomna ve formě skvrn různých tvarů, kapek či šmouh, v tekutém stavu či zaschlá.

Svoboda (2016) zmiňuje následující orientační zkoušky na krev: chemiluminiscenční zkouška s luminalem – výsledný produkt této chemické reakce vydává modrou záři, tedy dochází k chemiluminiscenci. Další možnou zkouškou je zkouška s peroxidem vodíku, kdy dochází reakcí peroxidu vodíku s hemoglobinem k prudkému rozkladu peroxidu a vznikající kyslík způsobuje vznik bohaté pěny, což je znakem pozitivního výsledku této orientační zkoušky. Hojně využívanou metodou je zkouška s UV zářením. Ultrafialové záření je totiž krevními skvrnami pohlcováno, což má za výsledek velmi dobrou viditelnost krevní stopy ve formě černé skvrny. Mimořádně citlivou orientační zkouškou na krev je zkouška peroxidázou. Reakcí hemoglobinu s peroxidem dochází k uvolnění kyslíku, který dále reakcí s barvotvornou složkou (s benzidinem či s orto-tolidinem) vytváří modrozelené zbarvení. Tato reakce probíhá i za přítomnosti minimálního množství hemoglobinu i ve velmi zředěných roztocích. Cooper (2020) vysvětluje, že na podobném principu funguje i hojně využívaný Kastleho-Meyerův test, kdy je malé množství vzorku odebráno na speciální papírový podklad, ke kterému přidá malé množství činidla a poté peroxid vodíku. Za přítomnosti krve je po reakci okamžitě patrné zbarvení papírku.

Specifické zkoušky přítomnosti krve vycházejí dle Svobody (2016) z přítomnosti porfyrinové struktury komplexně vázaného železa, což je součástí molekuly hemoglobinu. Tím pádem je zaručen pozitivní výsledek zkoušky i v případě, když je bílkovinná část molekuly hemoglobinu jakýmkoliv způsobem poškozená. Za pomoci specifických zkoušek je možné prokázat, zda se jedná o krev menstruační, těhotenskou, plodovou, novorozeneckou nebo kojeneckou. Mezi metody specifické můžeme podle Pilina (2022) zařadit krystalografické metody podle Bertranda nebo Takayamy, dále i spektroskopické metody s průkazem spektrální čáry hemoglobinu.

1.2.2 Sliny

Sliny jsou také velmi častým typem vzorku, se kterým je při forenzních analýzách manipulováno. Zaschlé sliny tvoří na podložce bělavé skvrny, ovšem nejčastěji bývají stopy slin zajištěny na předmětech, jako jsou nedopalky cigaret, lahve, plechovky, sklenice, žvýkačky či v nedojedeném jídle, časté je i zkoumání poštovních známek a obálek. Další možností je zajištění vzorku slin přímo z úst živých či zemřelých osob. Jednou z nevýhod použití slin je častý problém se zajištěním dostatečného množství biologického materiálu pro danou analýzu (Kabir a Furton, 2019).

Princip orientační zkoušky na sliny spočívá v důkazu přítomnosti rodanidů ve slinách. Na navlhčená místa, na kterých je předpokládána přítomnost slin je nanášeno malé množství zředěného roztoku chloridu železitého, který se v případě pozitivní reakce s rodanidy intenzivně červeně zbarví (Svoboda, 2016).

Pro provedení specifické zkoušky na sliny se využívá alfa-amylázová zkouška. Ve slinách je přítomen enzym alfa-amyláza, a to ve značné koncentraci, jelikož se v trávicím systému podílí na enzymatickém štěpení polysacharidů. Vlastní zkouška je založena na jodoškrobové reakci amylázou rozštěpeného škrobu a přidaného jódu – přítomnost alfa-amylázy se projeví výrazným modrým zabarvením (Svoboda, 2016).

1.2.3 Pot

Pot je exkreční produkt, který je vylučován skrze miliony pórů po těle, a přestože je tedy produkován ve velkém množství, sběr jeho vzorků je obtížný a jeho složení se může lišit v závislosti na místě odběru, což může vést ke zkreslení výstupu analýzy. V největší míře se stopy potu objevují na oděvech či oděvních součástkách (Kabir a Furton, 2019).

V potu je obsaženo větší množství halogenidů, což je využíváno při orientační zkoušce na pot – roztok dusičnanu stříbrného vytváří s přítomnými halogenidy sraženinu bílého zabarvení. V případě nižší koncentrace potu, a tím pádem i halogenidů, vzniká bílý zákal (Svoboda, 2016).

Specifická zkouška je založena na přítomnosti sérologicky aktivních látek, např. látek, jež charakterizují krevní skupinové vlastnosti. V případě prokázání výskytu takových látek ve vzorku je možno tento důkaz považovat za specifický důkaz potu (Svoboda, 2016).

1.2.4 Ejakulát

Přítomnost skvrn od spermatu na místě činu je důležitá zejména při objasňování trestné činnosti zahrnující sexuální delikty. I velmi malé množství spermatu může sloužit jako důkaz, ovšem je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost při odběru a následném uchovávání vzorku, jelikož jakákoliv kontaminace může vzorek znehodnotit. Nejčastěji se s touto stopou pracuje při šetření sexuálních útoků a vzhledem k charakteru trestného činu může být smíchaná i s dalšími tělními tekutinami, nejčastěji potom s poševním sekretem ženy (Harendra a Ranu, 2022).

Mezi orientační zkoušky na ejakulát patří podle Svobody (2016) zkouška fosfatázová a zkouška ferrichloridová. Přítomnost ejakulátu lze dokázat využitím důkazu přítomnosti kyselé fosfatázy nebo při zkoušce ferrichloridové využitím důkaz přítomnosti prostatických výměšků. Pilin (2022) zmiňuje, že zaschlé skvrny od ejakulátu tvoří na podkladu šedobělavé až žažloutlé povlaky (podle stáří), které kvůli přítomnosti flavinu a chlorinu po ozáření UVA světlem modře fluoreskují – i tato metoda je hojně využívána.

Jednou ze specifických zkoušek na ejakulát je mikroskopická zkouška, jejíž podstatou je nalezení alespoň jedné spermie či její části ve vzorku. Pro zviditelnění spermií je mikroskopický preparát obarven krystalvioletou a erythrosinem. Další možností, jak prokázat přítomnost ejakulátu je dokázání výskytu sperminu a cholinu ve vzorku, jelikož jsou součástí sekretů prostaty, tím pádem je jejich přítomnost považována za specifický důkaz ejakulátu (Svoboda, 2016).

1.2.5 Trichologický materiál

Vlasy a chlupy jsou běžně využívány jako zdroj forenzních důkazů. Jejich velkou výhodou je odolnost – vzhledem k pevné vnější vrstvě (kutikule) se snadno nerozkládají ani při vystavení vlhkosti či při rozkladu okolní tkáně. Jejich chemické zkoumání může odhalit sloučeniny těžkých kovů, jež se do vlasů ukládají, historii užívání léků a návykových látek. Vlasy a chlupy bývají na místě činu velmi dobře zjistitelné, jelikož lehce přilnou na oděv, koberce i další povrchy (Halach, 2024).

Kožina (2018) hovoří velké nevýhodě tohoto biologického materiálu, a to té, že obsahuje extrémně malé množství jaderné DNA. Pro identifikační analýzy lze jadernou DNA v tomto typu biologického materiálu nalézt v kořincích anebo v přítomných odpadlých kožních buňkách.

1.3 Metody odběru vzorku lidského původu z místa činu

Prvotní informace, které kriminalisté obdrží po příjezdu na místo činu, většinou již naznačují, co je nebo co by mohlo být potenciálním důkazem, a tedy jaké biologické stopy je nutno zajistit. Ihned na místě činu či během následujícího vyšetřování je důležité zkoumat, jakou cestou pachatel na místo činu přišel a jakou cestou místo opustil, jak přesně se pachatel na místě činu pohyboval, s jakými předměty manipuloval nebo s jakými předměty přišel do styku, případně jaké předměty (ve většině případů se jedná o zbraně) na místě činu zanechal. Tyto informace mohou usnadnit hledání biologických stop a jejich následný sběr. Vypracování plánu místa činu pomáhá taktéž zajistit, že systematické ohledávání je prováděno za použití vhodných zdrojů světla či vhodných metod využívajících chemické reakce, a to s důrazem na co nejméně destruktivní přístup (Poole, 2013).

Jakmile jsou všechny identifikované důkazy zaznamenány prostřednictvím poznámek, náčrtů, plánů, fotografií apod., přistupuje se k samotným odběrům vzorků využitím vhodných technik. Je obzvláště důležité dodržovat stanovené postupy každé metody, aby byla zajištěna co nejvyšší úroveň ochrany důkazního materiálu (Poole, 2013).

1.3.1 Zásady pro zajišťování biologických stop

Pro zajišťování biologických stop platí následující zásady (Straus, 2017; Svoboda, 2016):

- Každá biologická stopa se před jakoukoliv manipulací a sběrem musí zadokumentovat a označit.
- Biologických stop se nikdy nelze dotýkat holýma rukama – hrozí zde riziko jejich kontaminace či může dojít k přenosu chorob. Pro sběr a zajištění stop se používají dokonale čisté obaly a nástroje.
- Pokud je to možné, vždy se zajišťují celé předměty, jež jsou nosiči biologických stop. Při následné analýze je možnost odebrat z nositele vyhovující množství stopy.
- V případě, že nelze zajistit celý předmět, biologické stopy je potřeba sejmut z podkladového materiálu. Nástroje musí být dokonale čisté, aby nedošlo ke kontaminaci. Vždy je zajišťována i část podkladového materiálu, ze kterého byl odebrán samotný vzorek. Odebírá se i ta část podkladového materiálu, která je nepotřísněná biologickou stopou.

- Biologické stopy se i se svými nosiči zasílají k následným analýzám suché, u vlhkých a mokřých vzorků hrozí následné riziko plísně.
- Části tkání a krev se bezodkladně dopravují na další zkoumání a analýzy. Pokud vznikne prodleva, zakonzervují se chladem (ne mrazem ani konzervačními látkami).
- Čistý papír je nejvhodnějším obalovým materiálem pro zajišťování biologických stop – je prodyšný a uložený vzorek tedy není tak náchylný ke vzniku plísně. K zalepení papírového obalu ve formě obálky se používá výhradně čistá voda. Biologické stopy v tekuté formě, stopy seškrábané či sejmuté na vatový tampon se uchovávají ideálně ve skleněných obalech (zkumavkách).
- Na místě činu je cílem zajistit veškeré nalezené biologické materiály, což ale bývá v případě velkého množství stop obtížně splnitelné. Z toho důvodu se vždy zajišťuje co největší množství pravděpodobných stop, a to každá stopa zvlášť.
- Vzhledem k faktu, že následná analýza a zkoumání je založena na porovnávání různých biologických materiálů, ke každé biologické stopě je potřebné zajistit porovnávací materiál. Může se jednat o odběr krve živé osobě či mrtvole nebo odběr ejakulátu – zajištění těchto typů vzorků má na starost často zdravotnické zařízení. Odběr vlasů či odběr vzorku slin (bukální stěr) může provést i kriminalistický technik.

1.3.2 Odběr vzorku biologické stopy

Samotné zajištění biologického materiálu lze provést dvěma způsoby – ideální způsob je **zajištění celého nosiče biologické stopy** (celého předmětu) – takto je zajišťována krev na tkaninách, stopy slin, ejakulátu a potu. Pokud to není možné, přistoupí se k zajištění pouze části nosiče s biologickou stopou (odříznutím, odstřihnutím, odlomením nebo vyříznutím části s biologickou stopou). Druhým způsobem je potom **sejmutí biologické stopy** (Straus, 2017; Svoboda, 2016).

První možností pro sejmutí stopy je její mechanické zajištění odloupenutím, případně přenesením za pomoci pinzety či rukama v gumových rukavicích – to je proveditelné, pokud se jedná o vlasy a chlupy. Úlomky kostí či části tkání jsou sbírány stejným způsobem, ovšem jejich sběr by měl provádět u mrtvol v různých stádiích rozkladu soudní lékař nebo v případě kostí antropolog. Dalším typem mechanického zajištění je seškrábání pomocí skalpelu, což ovšem stejně jako odloupenutí není primárně vyhledávaný způsob odběru vzorku. Hrozí zde

riziko ztráty stopy, její od fouknutí nebo rozsypaní. Pokud ani jedna z možností není realizovatelná, přistupuje se k možnosti druhé, čímž je přenesení biologické stopy pomocí roztoku na vhodný nosič. Tím je drobný ústřížek gázy lehce navlhčený destilovanou vodou nebo fyziologickým roztokem, kterým je biologická stopa setřena a dále usušena při pokojové teplotě. Tímto způsobem je zajišťována zaschnutá krev a stopy ejakulátu. Nikdy se nevyužívá tepelných zdrojů k urychlení sušení, mohlo by dojít k poškození stopy (Straus, 2017; Svoboda 2016).

Podle Šimkové (2012) jsou dalším hojně využívaným nástrojem forenzní nylonové mikrokartáčky, které při stěru mnohdy výrazně efektivnější než běžné vatové tampóny, což má význam zejména u latentních stop (takové stopy, které nelze spatřit pouhým okem). Jejich cena je však mnohonásobně vyšší, což mnohdy vede k omezenému využití v praxi, nicméně přílišné šetření na těchto pomůckách se ukazuje spíše jako kontraproduktivní.

2 ZDROJE RIZIK ZNEHODNOCENÍ DNA PŘI ODBĚRU A ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ

Kriminalistická identifikace vychází z principu, že každý objekt identifikace je jedinečný a jeho vlastnosti zůstávají relativně neměnné. Lidská DNA tyto podmínky dokonale splňuje, což z ní činí spolehlivý nástroj pro identifikaci osob. Přesto mohou nastat situace, které celý proces analýzy DNA značně zkomplikují nebo zcela znemožní stanovit výstup. Může jít o případy související s přírodními zákonitostmi či fyzikálními procesy, ale také o chyby nebo záměrné zásahy lidí, kteří se na odběru vzorků nebo poté na DNA analýze podílejí (Kožina, 2018).

Šimková (2012) hovoří o třech nejdůležitějších pravidlech. Zajišťování biologických stop pro forenzně genetické zkoumání je nutno konat takovým způsobem, aby:

1. **Nedošlo k degradaci stopy**, tedy aby biologický materiál zůstal nepoškozený a neztratil svou původní strukturu.
2. **Bylo odebráno co největší množství biologického materiálu**, aby bylo zajištěno dostatečné množství vzorku pro analýzu. Toto pravidlo neplatí pro velmi rozsáhlé stopy, jako jsou například krevní tratoliště.
3. **Nedošlo ke kontaminaci stopy**, tj. aby do vzorku nebyl vnesen žádný cizorodý biologický materiál, který by mohl ovlivnit výsledky dalšího zkoumání.

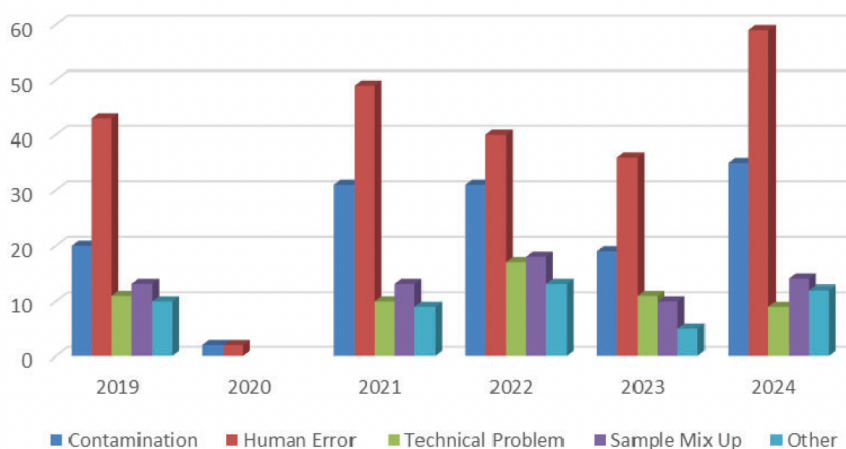
Na následnou analýzu DNA mají nepříznivý vliv také tzv. negativní okolnosti na místě činu. Jedná se o skutečnosti, které jsou v logickém rozporu s materiální situací – může se jednat o neexistenci znaků, které se předpokládají a které by vzhledem k dalším znakům měly být přítomny. Příkladem může být nález mrtvoly s četnými řeznými ranami, ovšem na místě činu schází krev. Dalším případem, kdy se jedná o negativní okolnost, je taková situace, kdy existují na místě činu znaky, které by zde však podle předpokladů existovat neměly – takové znaky se často objevují například při snaze pachatele pozměnit či zkreslit klíčové důkazy na místě činu tak, aby zkomplikoval práci kriminalistů a tímto svým počínáním značně zpomalil celý proces ohledávání a vyšetřování (Chmelík a Bervidová, 2021).

Větší význam má pro zkoumání DNA negativní okolnost, která nevznikla záměrnou činností pachatele, nýbrž přirozenými změnami – jedná se o faktor času, působení přírodních vlivů, fyzikálních, chemických a biologických pochodů apod. V důsledku působení těchto

faktorů může docházet např. k vypařování tekutin, ke stárnutí materiálu či dalším procesům, které mohou biologické stopy znehodnotit. Dalším typem negativních okolností jsou takové okolnosti, které vznikly nesystematickou, neodbornou a nedůslednou prací osob na místě činu, při odběru biologických stop se tedy konkrétně jedná o chybnou metodiku ohledání, proces odběru vzorku a jeho uchování (Chmelík a Bervidová, 2021).

Podle Šimkové (2012) jsou dalším možným zdrojem rizik při odběrech a následném zpracování vzorku technické chyby, které mohou vznikat z příčin očekávaných – jedná se například o počítačové viry, či obecné závady na přístrojích; nebo také z příčin neočekávaných – jedná se o neodhalené negativně působící faktory fyzikální, chemické i biologické. Jsou to situace, kdy nebyly dostatečně identifikovány faktory, které ovlivnily výsledek analýzy vzorku. Příkladem může být pudrová tvářenka laborantky, která opětovně zkresluje výsledky analýz.

Výsledky studie z let 2019-2024, jejímž cílem bylo zjistit četnost příčin chyb vedoucím k chybným výsledkům molekulárně-genetického forenzního zkoumání u 4595 případů v Ivano-Frankivském vědeckém výzkumném forenzním centru Ministerstva vnitra Ukrajiny, ukazují, že mezi nejčastější důvody chybných výsledků zkoumání po celou dobu trvání studie patří lidské chyby a kontaminace (Obrázek 1). Kontaminace je v této studii brána obecně, nemusí se tedy jednat nutně o kontaminaci zapříčiněnou lidským pochybením. Jako méně časté příčiny byly potom vyhodnoceny technické chyby a záměna vzorků, je ovšem důležité mít na paměti možnost falešných výsledků i z těchto důvodů. Výsledky této studie jsou velice užitečnými ukazateli pro zlepšení kvality a kontroly forenzního zkoumání a přispívají k hledání způsobů, jak rizika minimalizovat (Kotsyubynska et al., 2024).



Obrázek 1 Struktura zdrojů rizik při provádění expertízy

(zdroj: Kotsyubynska et al., 2024)

2.1 Kontaminace biologických stop

Kontaminace kriminalistické stopy znamená znečištění biologického materiálu cizí DNA (DNA kontaminanta), odlišné od DNA původního zůstavitele. Vzhledem k přítomnosti genetické informace v téměř každé tělní buňce může ke kontaminaci dojít snadno, i bez přímého kontaktu, například uvolněním odumřelých buněk či kýchnutím. Riziko narůstá s rostoucí citlivostí forenzních analýz, které dokážou detekovat i minimální množství materiálu. V praxi je běžné setkání se se stopami obsahujícími DNA více osob, nejčastěji potom pachatele a oběti. Smísení materiálů tak probíhá zpravidla ještě před zajištěním stopy. Správná interpretace těchto analýz je složitá a vyžaduje pokročilé znalosti genetiky i laboratorních metod, což přesahuje běžnou kriminalistickou praxi. Naopak riziko kontaminace během ohledání místa činu až po laboratorní analýzu musí být známo každému, kdo se stopami pracuje. Tito odborníci musí znát opatření pro prevenci kontaminace, popřípadě opatření k odhalení kontaminace a při samotném odběru vzorku musí dodržovat zásady zajišťování biologických stop. Základním preventivním opatřením je používání osobních ochranných pomůcek při manipulaci se stopami i při pohybu na místě činu – jedná se o rukavice, roušky, ochranné oděvy, celotělové overaly a další. Samozřejmostí je také používání sterilních nástrojů a obalů při manipulaci se vzorkem a jeho odběru (Kožina, 2018).

Pokud je vzorek biologického materiálu z místa činu kontaminován, záleží na jejím rozsahu – pokud došlo k přenesení relativně velkého množství kontaminující DNA, vzorek DNA z místa činu se smísí s profilem kontaminanta a ten může původní DNA zcela zastínit. Kontaminace v takovém rozsahu je nazývána jako závažná kontaminace, někdy také jako hrubá. V některých případech lze původ kontaminace identifikovat, v tomto případě vzorek není fatálně znehodnocen. Srovnání s ostatními DNA profily je sice ztíženo, ale v mnoha případech je stále možné, tím však může utrpět hodnota důkazu jako takového. V případě, kdy byl vzorek DNA kontaminován pouze malým množstvím jiné DNA, profil DNA vzorku z místa činu se „promíchá“ s částmi DNA kontaminanta – takový typ je možno nazývat jako kontaminace sporadická. Zdroj takového typu kontaminace není možné spolehlivě identifikovat, jelikož je při zkoumání viditelných pouze několik málo alel. Pokud je tedy vzorek z místa činu kontaminován pouze nepatrným množstvím cizí DNA, obvykle je jeho profil jasně rozlišitelný (Kloosterman et al., 2014).

Šimková (2012) považuje za velmi důležité používat DNA-free zajišťovací pomůcky (tedy pomůcky neobsahující žádnou DNA). Jedná se především o odběrové tampony a vodu

k jejich navlhčení. Zavádějícím pojmem je potom pomůcka tzv. sterilní. Takový nástroj sice neobsahuje živé bakterie, viry, plísně, kvasinky apod., které by mohly být infekční, ovšem přítomnost DNA se zcela nevylučuje.

Správné balení vzorků je taktéž nezbytnou součástí celého procesu manipulace se vzorkem. Vzorky musí být přepravovány do laboratoře za vhodných podmínek, včetně zajištění odpovídajícího chlazení a zabránění tzv. křížové kontaminace z dalších vzorků, které jsou přepravovány dohromady – zejména srovnávacím vzorkům je třeba při přepravě věnovat větší pozornost, aby nedošlo k jejich kontaminaci z biologických stop zajištěných na místě činu (Jickells et al., 2021). Podle Millena (2013) by se měly ideálně vzorky z různých míst činu přepravovat v odlišných přepravních boxech/taškách, aby nedošlo k záměně nebo křížové kontaminaci, také používané nástroje na každém místě činu by měly být po použití odděleny od ostatních.

Fonneløp et al. (2016) zmiňují, že ne všechny vzorky jsou vždy ihned po odběru na místě činu převezeny do laboratoře k dalšímu zkoumání. Některé z nich jsou transportovány na policejní stanice, kde jsou odebrané vzorky vyjmuty z obalů kvůli pořízení další fotodokumentace a také k provedení předběžné analýzy (může se jednat o sejmutí otisků prstů, sběr vláken ze tkanin, provedení orientačních zkoušek apod.). Regulace použití osobních ochranných pracovních pomůcek se v každém zařízení a u každé policejní jednotky liší. Při takovém ohledání materiálu se tedy může stát, že osoba manipulující se vzorky nepoužívá odpovídající pomůcky, tudíž může snadno vzorek kontaminovat, což může znamenat velký problém zejména v případě, kdy je později rozhodnuto o provedení DNA analýzy.

I přes všechna preventivní opatření však nelze kontaminaci stop zcela eliminovat. Pro minimalizaci rizika falešných výsledků, zejména potom nesprávných shod, je vedena eliminační sbírka profilů osob, které se stopami manipulují od jejich zajištění až po laboratorní zpracování (Kožina, 2018).

2.2 Degradace DNA

Podle Šimkové (2012) nazýváme jako degradovanou takovou DNA, která již není v původním přirozeném stavu, jaký měla v živé buňce, ale došlo k jejímu poškození či narušení. Toto poškození se může projevit rozštěpením DNA na kratší úseky (fragmenty) nebo narušením její struktury změnou jednotlivých bází v DNA či například jejich výpadky.

Tyto změny ve struktuře DNA mohou být různě rozsáhlé, a proto jsou rozlišovány různé stupně degradace DNA.

DNA je relativně stabilní molekula a v ideálních podmínkách může přežít velmi dlouhou dobu. Různé chemické, biologické a fyzikální vlivy však mohou zásadním způsobem kvalitu DNA vzorku ovlivnit a přispět k rychlejší degradaci. Při buněčné smrti, tedy zániku buňky, dochází k řadě enzymatických procesů. Tento děj může být umocněn v přítomnosti bakterií, hub, hmyzu, UV záření, vysoké teploty a vlhkosti. Po zajištění biologické stopy je proto nezbytně nutné dbát na správné balení, skladování a co nejrychlejší transport k expertize (Vanezis, 2020; Kožina, 2018).

MtDNA je k degradaci méně náchylná než jaderná DNA, a to z důvodu kratších řetězců, které jsou odolnější k poškození; dalším jejím pozitivem je i více kopií v jedné buňce. Degradace jaderné DNA představuje významné problémy při získávání úplných DNA profilů, zejména v případech zahrnující vysoce degradované biologické vzorky. Tyto vzorky se ne vždy podaří obnovit, dochází k výpadkům alel a vyšší pravděpodobnosti smísení DNA, což značně celý proces komplikuje. Dalším problémem je fakt, že degradovaná DNA je také mnohem citlivější na kontaminaci z vnějších zdrojů. Proto jsou metody extrakce DNA a forenzní techniky neustále zlepšovány a vyvíjeny pro překonání omezení spojených s degradací DNA (Bhoyar et. al, 2024).

Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující proces degradace jsou považovány podle Bhoyar et. al (2024) následující:

- **Teplota** – při změnách teploty může docházet k rozbití vodíkových vazeb v molekule DNA, které jsou poměrně slabé. Stejně tak dochází k jejich rozpadu v případě vystavení vzorku vysoké teplotě – vlákna se začnou vzájemně oddělovat, čímž se molekula DNA stává křehčejší. Nejvyšší úroveň takové chemické aktivity byla vypořizována v rozmezí zhruba 34 °C až 40 °C, s každým zvýšením teploty o 10 °C se reakční rychlost zvýší přibližně dvakrát až třikrát.
- **Vlhkost** může molekuly DNA hydrolyzovat, tedy může docházet k rozkladu chemických vazeb v DNA působením vody.
- **Mikrobiální aktivita** – na biologické degradaci se podílejí endogenní i exogenní mikroorganismy, v důsledku jejichž působení dochází k rozkladu fragmentů DNA.

- **Hladina kyslíku v prostředí** – molekuly kyslíku jsou součástí oxidačních reakcí, které modifikují DNA báze a poškozují jejich řetězce. Tento proces může vést i k tzv. šroubovicové distorzi, což může být komplikací pro pozdější genetické analýzy. Hladina kyslíku také ovlivňuje rychlost a rozsah mikrobiálního rozkladu – proto mohou prostředí bohatá na kyslík degradaci urychlit.
- **pH** – v kyselém a zásaditém prostředí dochází k rozkladu mnohem rychleji než v prostředí neutrálním.

Degradace DNA je zcela přirozený proces, čím je tedy vzorek starší, tím je pravděpodobnější, že o něm nebude možné získat všechny potřebné informace. Tato skutečnost platí zejména u směsných stop, v nichž je obsažena DNA více osob. Při opětovném zkoumání biologických stop je proto častým jevem rozdílný výsledek, což ovšem nemusí nutně znamenat pochybení v původní analýze, může se jednat o důsledek přirozené degradace DNA (Kožína, 2018).

2.3 Selhání lidského činitele při odběru vzorku

Za nesprávně odebranými vzorky, či kontaminací vzorku během odběru nebo během jeho zpracování, stojí lidská pochybení. Výjimkou není ani degradace odebraného biologického materiálu právě z důvodu špatného nakládání pracovníků se vzorkem. Mezi četné příčiny chyb při samotném zkoumání vzorků patří podle Šimkové (2012) následující možné typy pochybení či jednání osob:

- Osoba, které má záměrně v úmyslu ovlivnit, případně úplně změnit výsledek zkoumání; příkladem může být osoba, kterou k takovému konání finančně motivoval pachatel.
- Osoba, jejíž primárním záměrem není změnit výsledek zkoumáním, ale je si vědoma, že její jednání může takovou změnu způsobit, a je s tím srozuměna; jako příklad lze uvést zaměstnance, který manipuluje s daty, aby zakryl svou vlastní chybu v pracovním postupu.
- Osoba vědomě nedbalá, která je srozuměna s tím, že její jednání může vést k chybě, ale doufá, že k tomu nedojde; příkladem je zaměstnanec, který vědomě porušuje pracovní postup s cílem usnadnění práce, přičemž si je vědom možného rizika chyby, ale doufá, že se tomu vyhne; nesprávné používání osobních ochranných pomůcek například z důvodu diskomfortu.

- Osoba nevědomě nedbalá, která si neuvědomuje, že její jednání může vést k chybě, ale měla by si toho být vědoma; pro příklad lze uvést zaměstnance manipulujícího s přístrojem, aniž by absolvoval řádné školení.
- Běžný lidský omyl – jedná se o neúmyslnou chybu, která se stává v důsledku přirozené lidské chybovosti; příkladem může být přepsání se v čísle, napipetování vzorku do nesprávné zkumavky, či přehlédnutí detailu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POPIS POSTUPU OHLEDÁNÍ MÍSTA ČINU A ODBĚRU VZORKU DNA NA MÍSTĚ ČINU

V České republice je odběr vzorků DNA z místa činu upraven **zákonem č. 141/1961 Sb.**, o trestním řízení soudním (trestní řád) a **zákonem č. 273/2008 Sb.**, o Policii České republiky, ve znění pozdějších předpisů. Tyto zákony stanovují obecné postupy a pravomoci Policie České republiky (dále jen Policie ČR) při zajišťování důkazů na místě činu, včetně zajištění biologických materiálů. Konkrétní standardy pro odběr, zpracování a následnou analýzu vzorků DNA z místa činu jsou potom detailněji specifikovány v **Pokynu policejního prezidenta č. 100/2018**, o kriminalisticko-technické činnosti (dále jen „PPP č. 100/2018“). Jedná se o interní předpis Policie ČR, jenž nahrazuje předchozí závazný Pokyn policejního prezidenta č. 100/2001 a reflektuje aktuální potřeby a technologický pokrok v kriminalistické praxi. Tento pokyn upravuje postupy a metodiky v oblasti kriminalisticko-technické činnosti. Jedná se o povinnosti zejména při vyhledávání, ohledání místa činu, jeho náležité zajištění a zadokumentování včetně stop různých typů. Pokynem je také definována spolupráce s kriminalistickými ústavy a dalšími odbornými pracovišti při analýze zajištěných stop, také jsou jím stanovena pravidla pro evidenci a dokumentaci kriminalisticko-technických úkonů, včetně vedení příslušných databází a registrů. Dalším důležitým předpisem je také interní předpis Policie ČR, a to **Pokyn policejního prezidenta č. 177/2018**, v němž je stanovena věcná, funkční a místní příslušnost znaleckých ústavů Policie České republiky (dále jen „PPP č. 177/2018“). Tento pokyn vymezuje útvary, které zajišťují specifické znalecké činnosti v rámci Policie České republiky. Například Kriminalistický ústav Policie České republiky (dále jen „KÚ“) se specializuje na složitější znalecká zkoumání, zejména potom v případech, jež přesahují odborné či územní kompetence krajských odborů kriminalistické techniky a expertiz.

V České republice je ohledání místa činu a odběr vzorků DNA v kompetenci Policie ČR, konkrétně specializovaných složek kriminální policie a kriminalistických laboratoří. Zásadní funkci potom plní výjezdová skupina kriminální policie, která je složena z vyšetřovatelů, kriminalistických techniků a případně soudních znalců v oboru kriminalistiky.

V rámci kriminalistické praxe mají oprávnění k zajištění věcí a stop na místě činu podle PPP č. 100/2018 následující subjekty (Policie ČR, 2018):

- Policista odpovědný za ohledání – je hlavní osobou odpovědnou za zajištění stop a věcí z místa činu. Pokud je zapotřebí využít specializovaných metod či technologií, může požádat o součinnost níže uvedených osob.
- Kriminalistický technik – zajišťuje stopy a věci z místa činu.
- Kriminalistický znalec – provádí zajištění stop a věcí v rámci svého znaleckého oboru a v souladu se svým získaným znaleckým oprávněním; poskytují odborné posouzení situace.
- Kriminalistický IT specialista – specializuje se na digitální stopy v rozsahu svého oprávnění.
- Policista zařazený mimo kriminalisticko-technická a znalecká pracoviště – může provádět vybrané kriminalisticko-technické úkony, pokud absolvoval odpovídající vzdělávací program či školení.

Všichni tito odborníci odpovídají za kvalifikované vyhledání, ohledání, zajištění a řádnou dokumentaci věcí a stop v rámci své odborné působnosti. Podle PPP č. 100/2018 mají osoby zajišťující věci a stopy k dispozici adekvátní technické vybavení, ochranné pomůcky, obalové materiály a další nezbytné nástroje. Tito odborníci nesou odpovědnost za správnou údržbu, efektivní využívání a hospodárné nakládání s těmito prostředky. Do kompetence příslušných vedoucích policistů potom spadá zajištění jejich pravidelné obnovy, modernizace a celkové dostupnosti (Policie ČR, 2018).

Ohledání místa činu zahrnuje podle PPP č. 100/2018 tyto fáze (Policie ČR, 2018):

1. Prvotní a neodkladné úkony – zajištění místa činu, prevence kontaminace stop, prvotní záznam situace.
2. Příprava ohledání – stanovení metodiky práce, přidělení úkolů jednotlivým specialistům.
3. Vlastní ohledání – detailní zkoumání místa činu, vyhledávání, dokumentace a zajištění stop.
4. Závěrečné vyhodnocení – analýza zajištěných důkazů a jejich významu pro vyšetřování.

3.1 Prvotní a neodkladné úkony a příprava ohledání

Policista, který je na místě činu přítomen jako první, zajistí provedení prvotních a neodkladných úkonů, jejichž pořadí provedení záleží na okolnostech situace na místě činu. Pakliže to situace dovolí, policista v rámci provedení prvotních úkonů fotograficky zadokumentuje stav na místě činu – je tedy možné odhalit jakékoliv změny, ke kterým došlo před zahájením ohledání. Cílem je odhalit relevantní důkazy od nesouvisejících stop. Zaznamenává se především původní poloha manipulovaných předmětů, trasy pohybu osob a případné další zásahy související s provedením prvotních úkonů (Policie ČR, 2018).

Mezi prvotní a neodkladné úkony patří (Policie ČR, 2018):

- Zabránění pokračování trestného jednání a zajištění nebo zadržení pachatele.
- Poskytnutí první pomoci a zajištění lékařského ošetření.
- Prevence dalších závažných následků, včetně odstranění nebezpečných předmětů či evakuace prostoru.
- Pronásledování pachatele a jeho zadržení.
- Pátrání po horské stopě, zajištění důkazů a stop.
- Zjištění totožnosti osob a případná izolace svědků do příjezdu policisty odpovědného za ohledání.
- Předběžné zajištění místa činu, jeho označení a ochrana důkazů.

Po zajištění prvotních a neodkladných úkonů, pokud byly nutné, je dalším krokem **uzavření místa činu**, při kterém policista zajistí, aby nepovolané osoby opustily prostor a zabráni jejich vstupu, přičemž se snaží o minimalizaci narušení provozu. Podle potřeby může požádat o pomoc jiné subjekty (např. vojáky v činné službě, obecní policii nebo jednotky požární ochrany). Uzavření místa činu trvá jen po nezbytně nutnou dobu (Policie ČR, 2018).

Po uzavření místa činu získává policista odpovědný za ohledání informace od policistů, kteří provedli prvotní a neodkladné úkony, o situaci na místě činu, provedených opatřeních a případných změnách, které proběhly před vlastním ohledáním místa činu. Pokud je to nutné, zajistí provedení dalších neodkladných kroků. Následně se spolu s kriminalistickým technikem a případnými dalšími specialisty seznámí orientačně s místem činu vizuálně, aby nedošlo k narušení stop. Na základě posouzení situace určí vhodný postup ohledání

a v případě potřeby sestaví plán ohledání, zejména pokud se jedná o rozsáhlejší prostor (Policie ČR, 2018).

3.2 Provedení ohledání místa činu

Při ohledání místa činu policista odpovědný za ohledání pověřuje odborníky k vyhledání a zajištění stop dle potřeby – kriminalistický technik zajišťuje fotografickou a videodokumentaci, vyhledává a zajišťuje stopy, pořadí jejich vyhledání a zajištění konzultuje kriminalistický technik s policistou odpovědným za ohledání; kriminalistický znalec vyhledává a zajišťuje stopy v rámci své specializace; psovod provádí kynologické činnosti; IT specialista se zaměřuje na digitální stopy; potápěč pořizuje foto a videodokumentaci místa činu ve vodním prostředí a zajišťuje po dohodě s odpovědným policistou vyhledání a vyzvednutí věcí takovým způsobem, aby nedošlo k jejich znehodnocení. Pokud je to možné, přizve policista odpovědný za ohledání k procesu nezúčastněnou důvěryhodnou osobu, která se nepodílela na trestné činnosti a ani nebyla jejím svědkem (Policie ČR, 2018).

Ohledání se provádí systematicky, zpravidla ve směru předpokládaného pohybu pachatele. Jestliže nelze pohyb pachatele určit, případně tato okolnost nemá věcný význam, ohledávání je prováděno (Policie ČR, 2018):

- Koncentricky nebo excentricky – postupuje se po spirále či paprsku od hranic místa činu k jeho středu nebo opačně. Koncentricky jsou zpravidla ohledávány místnosti – začíná se u vchodu do místnosti a je postupováno podél stěn zpět ke vchodu. Pokud pachatel vnikl do místnosti jinak než vchodem, je možno začít od tohoto místa a postupováno je směrem k místu, kudy je předpokládán jeho odchod.
- Frontálně – od jedné strany k druhé straně místa činu.
- Kruhově – jeden konec řady ohledávajících je ve středu místa činu a druhý konec řady opisuje svým postupem kružnici.
- Rajónově – takový postup ohledání je volen v případě ohledávání většího prostoru; místo činu je rozděleno na menší plochy, které jsou ohledávány samostatně.

Postupy ohledání je možno v případě potřeby kombinovat, v případech, kdy není možné provést ohledávání z pozemního stanoviště jsou využívány jiné dostupné prostředky (např. vrtulníky či drony) (Policie ČR, 2018).

Dokumentace ohledání probíhá prostřednictvím protokolu, náčrtku, případně digitálního záznamu, který je využíván při zpětném vyhotovení protokolu. Stopy a věci jsou ihned označeny a očíslovány, přičemž je dbáno na celkovou přehlednost místa činu (Policie ČR, 2018).

3.3 Odběr vzorku DNA na místě činu

Informace o odběru vzorku z místa činu byly získány na základě strukturovaného rozhovoru se specialistkou Policie ČR s dlouholetou praxí, jak při dokumentování a zajišťování stop na místě činu, tak při laboratorní analýze DNA (struktura otázek je uvedena v Příloze 1). Tyto poznatky byly doplněny o informace uvedené v interním předpisu PPP č. 100/2018.

Označené a zadokumentované stopy jsou následně zajišťovány. Platí zde jistá pravidla a omezení, aby se předcházelo znehodnocení stop či jejich případné kontaminaci, problémem by mohl být taktéž vznik stop nových. Policisté se při zajišťování ničeho zbytečně nedotýkají a postupují s maximální opatrností, je zakázáno odhazování předmětů, konzumace jídla, kouření či jiné činnosti, které by mohly ohrozit integritu místa činu. Policisté se pohybují pouze po určené trase a používají odpovídající ochranné pomůcky a prostředky (Policie ČR, 2018).

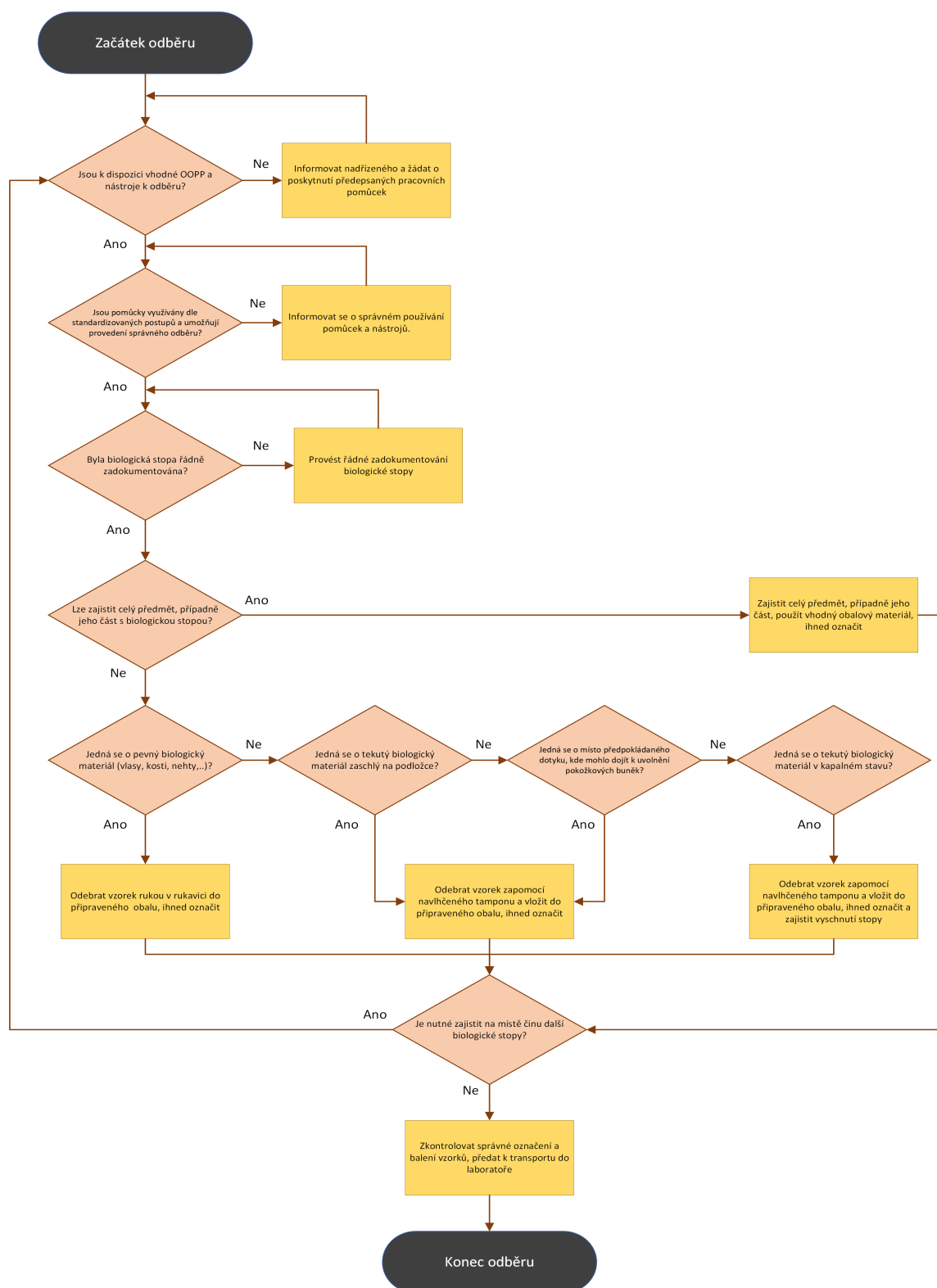
Podle vyjádření specialistiky (2025) se s největším množstvím biologických stop policisté setkávají při ohledání míst u trestných činů proti životu a zdraví, svobodě a lidské důstojnosti v sexuální oblasti – u takových trestných činů je také na místě činu ve většině případů přítomen biologický materiál. Jedná se o vraždy, ublížení na zdraví, loupeže, znásilnění, pohlavní zneužití apod. Ohledání takového místa činu se řídí konkrétními okolnostmi, způsobem spáchání činu, prostředím a časem, který uplynul od jeho spáchání do oznámení. Na místě jsou zajišťovány všechny relevantní věci a stopy, které mohou pomoci určit totožnost pachatele, jeho činnost na místě i chování oběti. Mezi důležité důkazy patří biologické stopy, mikrostopy, pachové a daktyloskopické stopy. Po jejich zajištění je dále prověřováno, zda nalezené stopy, předměty a tělo souvisí s místem činu, a zda nebyl pomocí těchto prostředků čin fingován nebo naopak maskován. Při ohledání těla poškozeného nebo mrtvoly se zvláštní pozornost věnuje mimo jiné oděvu a nečistotám zpod nehtů, které mohou obsahovat biologický materiál pachatele.

Dle specialistiky (2025) je možno konstatovat, že je prioritně vždy zajišťován celý předmět, na němž se předpokládá výskyt DNA osob souvisejících s trestným činem, zejména pak pachatele a poškozeného – jedná se často o oblečení, nástroje, věci běžné potřeby atd.

Pokud to situace nedovoluje, je z místa s předpokládanou přítomností biologické stopy proveden stěr na vlhčený tampon. Není využíváno stěrů na lepicí pásku ani dvojitých stěrů na suchý a mokrá tampon, nebyl prokázán efekt většího výtěžků DNA. Na navlhčené tampony jsou stírány například krevní stopy, místa předpokládaného dotyku – kontaktem s povrchy se uvolňují pokožkové buňky, neupotřebitelné daktyloskopické otisky, u nichž lze předpokládat výskyt lidské DNA. Existují sice oficiální zahraniční publikace, kde jsou popsány různé typy odběrů, ovšem Policie ČR využívá pouze výše uvedené praktiky, tedy tu část, která je vzhledem k vybavení a možnostem, reálná. Důraz je kladen na jednoduchost provedení a efektivitu, částečnou zpětnou vazbou jsou i výsledky z laboratoře.

Bližší informace o postupu Policie ČR při odběrech vzorku DNA nejsou veřejnosti k dispozici, jelikož jejich prozrazení může výrazně ztížit práci Policie ČR. Poskytnutí těchto metod a postupů by mohlo mít za následek zvýšení pravděpodobnosti způsobení škodlivých následků, které mohou pachatelé trestné činnosti způsobit třetím osobám a bylo k účelům této práce zamítnuto.

Pro názorné zobrazení všech souvislostí je celý proces odběru biologických stop (po provedení orientační zkoušky, pokud byla nutná) zpracován do podoby vývojového diagramu (Obrázek 2):



Obrázek 2 Proces odběru vzorku DNA z místa činu

(zdroj: vlastní zpracování)

3.4 Závěrečné vyhodnocení ohledání

Po ukončení ohledání místa činu provede odpovědný policista závěrečnou kontrolu, která zahrnuje ověření úplnosti provedeného ohledání, rekapitulaci zjištěných skutečností a kontrolu veškerých podkladů pro vypracování dokumentace. V případě potřeby zajistí doplnění chybějících informací a teprve poté je ohledání považováno za uzavřené (Policie ČR, 2018).

Zajištěné vzorky jsou dále odesílány k forenzní analýze na specializovaná pracoviště. Podle Přílohy č. 1 k PPP č. 177/2018 je hlavním analytickým centrem v České republice KÚ. Zde jsou prováděna molekulárně genetická zkoumání lidského biologického materiálu obsahující DNA za účelem individuální nebo skupinové identifikace osob, molekulárně genetická zkoumání lidské mtDNA a následně jsou zde potvrzovány závěry z těchto zkoumání (tzv. revizní zkoumání). Analyzované profily DNA jsou vloženy do standardizovaných softwarů, kde dochází ke konečné interpretaci analýz DNA včetně statistických vyhodnocení. Kompetenci k molekulárně genetickému zkoumání lidského biologického materiálu obsahujícího DNA má také Odbor kriminalistické techniky a expertiz, ovšem další zmíněné úkony vykonává pouze KÚ (Policie ČR, 2018).

4 POSOUZENÍ RIZIK

K posouzení rizik byla využita metoda Failure Modes and Effects Analysis (dále jen FMEA) podle Božka (2018), přičemž její aplikace se omezovala na selhání v procesu odběru DNA. Využitím této metody lze nejen předejít potenciálním chybám, ale také optimalizovat pracovní postupy a zajistit lepší kvalitu práce s DNA vzorky. V následující části je FMEA a její aplikace na odběr vzorků DNA pro forenzní účely rozebrána s cílem identifikace stěžejních rizik a navržení preventivní opatření.

4.1 Metoda FMEA a její aplikace v oblasti odběru DNA

Následující analýza FMEA řeší rizika při odběru zaschlé, v přirozeném stavu tekuté biologické stopy z místa činu v případě, kdy nelze zajistit celý předmět, na kterém se biologická stopa nachází (Tabulka 1). Možné vady, následky a příčiny byly konzultovány v rámci strukturovaného rozhovoru se specialistkou Policie ČR, stejně jako jednotlivé hodnoty významu, výskytu a pravděpodobnosti.

Význam

Význam v rámci FMEA analýzy vyjadřuje závažnost dopadu dané chyby na celý proces a je ohodnocen hodnotami 1-10. Čím větší negativní vliv má problém na výsledek – například ohrožení průkaznosti důkazů, zpoždění vyšetřování nebo zpochybnění celého znaleckého závěru – tím vyšší hodnota mu je přiřazena. Hodnocení tak zohledňuje, jak vážně může konkrétní selhání ovlivnit vyšetřování a důkazní sílu vzorku DNA.

Výskyt

Výskyt v rámci FMEA analýzy označuje četnost, s jakou se daný problém vyskytuje v praxi nebo k němu v průběhu procesu opakovaně dochází a je hodnocen hodnotami 1-10. Pokud se chyba objevuje často, případně existují jasné známky, že k ní docházet bude, je jí přiřazena větší hodnota. Toto hodnocení vychází z reálných zkušeností odborníků i odborných konzultací a pomáhá určit kroky, které je třeba posílit z hlediska prevence.

Odhalitelnost

V rámci FMEA analýzy vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou lze danou chybu zachytit předtím, než ovlivní výsledek a je hodnocena hodnotami 1-10. Čím dříve je problém odhalen – například při odběru vzorku – tím příznivěji, tedy nižší hodnotou, je hodnocen. Naopak, pokud se chyba projeví až při analýze DNA nebo jejím dokončení, je hodnocena jako hůře

odhalitelná, tedy vyšší hodnotou. Pozdější odhalení způsobí zpoždění celého procesu a finanční ztráty, mnohdy se chyba již nedá napravit, tudíž dochází ke ztrátě důkazního materiálu. Bodové hodnocení tak reflektuje nejen pravděpodobnost odhalení, ale i fázi, ve které k němu dochází.

Rizikové číslo

Výsledné rizikové číslo (RPN) vzniká vynásobením hodnot výskytu, významu a odhalitelnosti. Hranice pro nutnost zavedení nápravného opatření byla stanovena na hodnotu $RPN \geq 200$.

Tabulka 1 FMEA – odběr DNA vzorků z místa činu

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Příprava na odběr	Použití kontaminovaných OOPP	Přenos DNA pracovníka z OOPP na odebíraný vzorek	7	Opakované použití rukavic, overalů, nevhodná manipulace s OOPP	3	Pravidelná výměna a údržba OOPP	5	105
Příprava na odběr	Nesprávná příprava a čištění nástrojů	Přenos DNA z OOPP na odebíraný vzorek	7	Nedostatečné očištění, použití kontaminovaného tamponu	4	Důsledné očištění opakovaně využívaného vybavení, kontrola neporušení balení	5	140
Označení stopy	Chybné označení stopy na místě činu	Špatné zaznačení stopy v dokumentaci, nerelevantní důkaz	8	Zmatek při označování stop na místě činu, pochybení osob pracujících se stopami	3	Důsledná kontrola označení stopy a jejího zaznačení do dokumentace	6	144

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Označení stopy	Záměna stop na místě činu	Zmatek v evidenci, zdánlivá nesouvislost stopy se spáchaným trestným činem	9	Neorganizovanost týmu při označování stop na místě činu, pochybení osob pracujících se stopami	3	Důkladná kontrola a označení stop	8	216
Samotný odběr	Nesprávný způsob odběru	Neúplné nebo chybné výsledky	9	Chybná technika odběru	3	Dodržování odběrových standardů	7	189
Samotný odběr	Odběr již degradované biologické stopy	Neúplné výsledky analýzy, nutnost opakovaného odběru, ztráta důkazu, zpoždění vyšetřování	9	Nedostatečný přehled o biologických stopách na místě činu, dlouhý interval mezi spácháním činu a odběrem vzorku, pohyb velkého množství osob na místě činu	5	Rychlý zásah, fotodokumentace stavu stopy při nálezu	7	315

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Samotný odběr	Nedostatečné množství vzorku	Nutnost opakovaného odběru, možnost ztráty důkazu, zpoždění vyšetřování	9	Nesprávná technika odběru, nedostatečné množství biologické stopy na místě činu	6	Použití validovaných odběrových sad	6	324
Samotný odběr	Použití nesprávného odběrového nástroje	Nezachování integrity vzorku, odběr nedostatečného množství DNA	7	Pochybení lidského činitele – výběr nevhodné sady nástrojů	3	Dodržování odběrových standardů	6	126
Samotný odběr	Nesprávný postup při zajišťování stop	Smíšení DNA profilů více osob, usvědčení nesprávné osoby, křížová kontaminace	9	Špatná organizace procesu odběru na místě činu, nerespektování daných postupů	3	Dodržování zavedených postupů při ohledání	8	216

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Uchování vzorku	Nedostatečné uzavření obalu se vzorkem	Kontaminace okolním prostředím, křížová kontaminace mezi vzorky, degradace vlivem expozice vzduchu	6	Špatné uzavření obalu, vadný obal	3	Důkladná kontrola uzavření obalu a obalu samotného	7	126
Uchování vzorku	Znehodnocení odebraného vzorku okolním prostředím	Degradace DNA kvůli expozici vzduchu/slunečnímu záření	8	Vystavení vzorku otevřenému prostředí, nesprávné uschování	6	Rychlé uzavření a uschování vzorku po odběru	7	336
Uchování vzorku	Nesprávné skladování vzorku po odběru	Degradace DNA vlivem negativně působících faktorů	8	Nedodržení skladovacích pravidel	3	Okamžité umístění vzorku do vhodných podmínek	7	168

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Transport vzorku	Nevhodné přepravní podmínky	Degradace DNA vlivem nevhodných podmínek	8	Negativně působící faktory při převozu k DNA analýze	2	Použití chladicích boxů	7	112
Transport vzorku	Ztráta vzorku během transportu	Nemožnost provést analýzu	10	Chybná manipulace během transportu	2	Sledování každého transportu	3	60
Transport vzorku	Přeprava bez monitoringu teploty	Vysoká teplota vedoucí k degradaci	8	Absence termoboxu	2	Monitorování teploty během přepravy	7	112

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Evidování vzorku	Neúplná dokumentace vzorku	Nedostatečná sledovatelnost vzorku	7	Neúplné nebo nesprávné vyplnění dokumentace	2	Použití digitální evidence	3	42
Evidování vzorku	Chybné záznamy v systému	Zmatek při analýze a identifikaci	8	Lidská chyba při evidenci	2	Důraz na koncentraci pracovníka při zaznamenávání informací do systému	6	96
Evidování vzorku	Nesprávné označení štítků	Problém s dohledáním vzorku	7	Nepřesné vyplnění štítků	2	Důraz na koncentraci pracovníka při označování štítků a jeho kontrola	36	84

Prvek procesu	Možná vada	Možné následky	Význam (1-10)	Možné příčiny	Výskyt (1-10)	Stávající opatření k odhalení	Odhalitelnost (1-10)	Rizikové číslo (RPN)
Evidování vzorku	Nedostatečné zabezpečení proti ztrátě nebo neoprávněnému přístupu	Riziko neoprávněné manipulace se vzorky	9	Absence bezpečnostních opatření, jejich prolomení, záměrná činnost zaměstnance s cílem znehodnocení důkazního materiálu	2	Bezpečnostní opatření při archivaci vzorků, ukládání vzorků na bezpečné místo	9	162

(zdroj: vlastní zpracování)

4.2 Zhodnocení výsledků analýzy

Na základě provedené analýzy možných selhání při odběru zaschlých (v přirozeném stavu tekutých) biologických stop z místa činu bylo identifikováno celkem pět rizik s nejvyšší hodnotou RPN, která představují největší ohrožení kvality a integrity biologických vzorků. Tato rizika mohou ovlivnit nejen výsledek forenzního zkoumání, ale i samotný průběh trestního řízení. Z výsledků analýzy vyplynulo, že nejkritičtější fáze procesu je uchování vzorku po odběru, vlastní proces odběru vzorku a označení stopy na místě činu před samotným odběrem. Za nejzávažnější rizika jsou potom považována následující:

1. **Znehodnocení odebraného vzorku okolním prostředím (RPN 336)** – dochází k němu při nesprávném uložení vzorku a vystavení vlivům okolního prostředí (sluneční záření, vzduch, vlhkost atd.).
2. **Nedostatečné množství vzorku (RPN 324)** – příčinou může být nesprávná technika odběru, špatný odhad dostupného množství biologického materiálu či nedostatečné množství biologické stopy na místě činu.
3. **Odběr již degradované biologické stopy (RPN 315)** – problémem může být dlouhý časový interval od spáchání trestného činu, nedostatečný přehled o biologických stopách na místě činu, případně může mít na degradaci DNA v biologické stopě vliv pohyb velkého množství osob po místě činu.
4. **Záměna stop na místě činu (RPN 216)** – důvodem takového typu selhání může být neorganizovanost týmu, nedostatečné rozlišení jednotlivých stop, případně jakékoliv další lidské pochybení.
5. **Nesprávný postup při zajišťování stop na místě činu (RPN 216)** – příčinou může být slabá organizace při odebírání vzorků z místa činu, neuposlechnutí nadřízeného nebo také nerespektování zavedených metod ohledávání.

V následující kapitole je věnována pozornost návrhům konkrétních nápravných opatření. Cílem je navrhnout taková řešení, která povedou ke snížení pravděpodobnosti výskytu chyb, zvýšení detekovatelnosti možných selhání a celkovému zefektivnění procesu odběru DNA vzorků z místa činu. Návrhy nápravných opatření jsou formulovány s důrazem na praktickou stránku věci, aplikovatelnost opatření do současného systému, finanční zátěž a přínos pro praxi.

5 NÁVRH OPATŘENÍ K REDUKCI RIZIK

S ohledem na zjištěná rizika a jejich závažnost v přechozí kapitole jsou v této části práce navržena konkrétní nápravná opatření (ke každému riziku právě 3), která by mohla významně přispět ke zlepšení procesů odběru a manipulace s DNA stopami a vzorky. Cílem je nejen snížit výskyt chyb, ale také zavést inovativní, efektivní a zároveň prakticky využitelná řešení, která mají potenciál stát se standardem. Návrhy zohledňují jak aktuální možnosti práce se stopami v terénu, tak i finanční a organizační realitu Policie ČR.

5.1 Riziko znehodnocení odebraného vzorku okolním prostředím

Za účelem redukce rizika byla navržena taková nápravná opatření, která minimalizují riziko degradace vzorku bezprostředně po odběru a zajišťují co nejmenší závislost rizika na lidské chybě, jsou zaměřena na ochranu před teplem a UV zářením.

- O1: Odběrové obaly s termoizolační vrstvou

Využití speciálních izolačních obalů, které chrání vzorek před teplem a slunečním zářením. Může se jednat o prvky na standardním obalovém materiálu ve stylu prodyšné fólie, případně pěnové vrstvy. V případech, kdy se předpokládá rychlejší degradace vzorku, může být obal doplněn o kapsu pro vložení gelového chladicího polštářku, který napomůže k udržení nízké teploty v krátkém časovém úseku bez potřeby napájení ze zdroje.

- O2: Obalový materiál s indikátorem

Obalový materiál může být doplněn o jednoduchou indikační samolepku, která při překročení mezních hodnot teploty nebo UV záření změní barvu. Takový indikátor umožňuje i zpětnou kontrolu.

- O3: Zavedení časového limitu pro uložení odebraného vzorku do obalu a pro předání do laboratoře

Nastavení konkrétní doby, za kterou musí být vzorek po odebrání uložen a uzavřen do obalu a za kterou musí proběhnout předání k analýze. Toto opatření je v praxi podmíněno kontrolou času na elektronických zařízeních (speciální hodinky či stopky, mobilní telefon se speciální aplikací).

5.2 Riziko nedostatečného množství odebraného vzorku

Ke zmírnění negativních dopadů rizika byla navržena nápravná opatření, která přináší lepší kontrolu nad zajištěním dostatečné množství biologického materiálu pro následnou analýzu DNA již při prvním odběru z místa činu a minimalizují riziko selhání techniky.

- O1: Barevný indikátor stop

Barevná změna signalizuje přítomnost látky a dokáže napovědět, zda je ve vzorku dostatečné množství biologické stopy. Jedná se, zjednodušeně řečeno, o orientační zkoušku probíhající zároveň s odběrem. Podmínkou při použití chemického indikátoru je výběr takového, který nenaruší strukturu DNA, ani neurychlí proces degradace.

- O2: Rozšířené školení zaměřené na specifika slabě patrných a latentních stop

Jedná se o praktický trénink ohledání místa činu se zaměřením na rozpoznání a odběr málo viditelných či latentních stop doplněný o příklady chyb z minulých případů. Pracovníci tak posílí schopnost rozpoznat i velmi slabé a atypické stopy a zajistit odpovídající odběr.

- O3: Zavedení minimálního standardu pro plochu odběru

V rámci vnitřních postupů by bylo možné stanovit, z jaké minimální velikosti plochy, na které se stopa nachází, je nutno odběr provést, aby bylo množství vzorku vyhovující pro analýzu.

5.3 Riziko odběru již degradovaného vzorku

Nápravná opatření pro redukci rizika odběru již degradovaného vzorku mají za cíl minimalizovat vliv prostředí na stav stopy ještě před jejím odebráním a zrychlit celkovou reakci týmu po jejím nalezení.

- O1: Školení na prioritizaci odběrů

Pracovníci mohou být pravidelně školeni v rychlém vyhodnocení rizika degradace stopy dle jejího typu, umístění a okolních podmínek. Důraz je kladen na rozhodovací dovednosti, které pomohou zvolit vhodné pořadí odběrů stop.

- O2: Časový limit mezi nálezem a odběrem

V rámci zásahu může být zavedeno pravidlo, že u stop s vysokým rizikem degradace (např. krev na přímém slunci nebo sliny na savé podložce) musí být odběr zahájen

nejpozději do 15 minut od lokalizace. Tím se výrazně sníží pravděpodobnost znehodnocení biologického materiálu ještě před jeho uchováním.

- O3: Použití konzervačních ochranných krytů ihned po nálezů vzorku

Při nalezení biologického materiálu je možnost ještě před odběrem přiložit na stopu konzervační kryt, který ochrání stopu před potenciální degradací. Pro pracovníky by použití takových krytů znamenalo více času v případě výskytu velkého množství stop na místě činu.

5.4 Riziko záměny stop na místě činu

Cílem navržených opatření k redukci tohoto rizika je zvýšit přesnost, rychlost a přehlednost stop na místě činu, zavést ověřovací mechanismy a omezit lidské chyby při zajišťování stop.

- O1: Zavedení samolepících štítků s čárovým/QR kódem

Každý štítek by obsahoval unikátní kód, který by bylo možné pomocí přenosné tiskárny ihned vygenerovat v systému, vytisknout a přiřadit k jednotlivým stopám. Pomocí kapesní čtečky či mobilního zařízení by byl ihned i s popisem a umístěním na místě činu zaznamenán do digitální evidence. Zároveň by byl každý štítek barevně rozlišen podle typu stopy.

- O2: Záznam hlasového protokolu při označování

Každý pracovník by měl možnost nahrát krátký hlasový komentář k označované stopě, tedy jméno pracovníka, číslo stopy, pravděpodobný typ stopy a její umístění. Záznam by bylo možné automaticky spárovat s příslušným kódem nebo číslem stopy v systému. V případě nejasností nebo sporných interpretací je možno rychle ověřit souvislosti i při pozdějším zpracování důkazů.

- O3: Kontrola označení stopy dvěma pracovníky

Každé označení by bylo ověřeno a potvrzeno druhým členem týmu, čímž se sníží riziko individuální chyby a zvýší celková důvěryhodnost postupu.

5.5 Riziko nesprávného postupu při zajištění stop

Za účelem redukce rizika byla navržena nápravná opatření, jejichž cílem je zvýšit důslednost dodržování standardních operačních postupů, zavést systém interní kontroly, snížit vliv lidského faktoru a zjednodušit orientaci pracovníků v terénu.

- O1: Použití kontrolní karty pro každou odebranou stopu

Na místě činu by každá stopa mohla mít přiloženou jednoduchou minikartu se seznamem úkonů ve správném pořadí (styl checklistu) – např. „výměna rukavic“, „odběr správným tamponem“, „označení štítkem“. Odebírající pracovník by zaškrtnutím potvrzoval splnění každého kroku, čímž se zvýší kontrola a systematičnost. Existuje možnost zavedení takových kontrol i v digitální podobě ve formě jednoduché aplikace. Tato aplikace může obsahovat i automatické upozornění v případě nedokončení některého z úkonů.

- O2: Záznam krátkého hlasového komentáře k provedení odběru

Přímo při odběru by měl pracovník možnost verbálně popsat postup a podmínky odběru. Nahrávka by byla evidována u konkrétní stopy, čímž vzniká rychlý záznam pro případ sporného ohodnocení.

- O3: Barevně kódované odběrové pomůcky podle typu stopy

Každý typ stopy (krev, sliny, sperma) by měl vlastní barvu odběrové soupravy (tampon a štítek) a obalového materiálu. Barva by měla být na první pohled zřetelná – bylo by tak možné zabránit záměně nástrojů i při odběru více stop najednou.

6 VÝBĚR OPTIMÁLNÍCH VARIANT OPATŘENÍ

Pro analýzu vhodnosti navržených opatření byla zvolena metoda analytického hierarchického procesu, známá také jako Saatyho metoda, jež byla aplikována dle Saatyho (2004). Proces spočívá v postupném párovém porovnávání jednotlivých variant z hlediska jednotlivých kritérií, přiřazení vah důležitosti jednotlivým kritériím (dle nadřazené matice) a následnému výpočtu celkového pořadí variant podle jejich preferenční hodnoty. Tento přístup byl zvolen kvůli možnosti efektivně posoudit více opatření najednou a podpořit výběr těch nejvhodnějších s ohledem na stanovená kritéria – účinnost opatření, jeho proveditelnost (realnost zavedení do praxe) a cena (čím příznivější, tím pozitivnější hodnocení). Jelikož je při hodnocení variant opatření důležitý vhled specialisty přímo z praxe PČR, kritéria v nadřazené matici a jednotlivá opatření byla mezi sebou porovnána specialistkou z tohoto oboru.

Porovnání probíhalo na základě devítibodové Saatyho škály preferencí, kde hodnota 1 znamená stejnou důležitost obou kritérií a hodnota 9 extrémní převahu jednoho kritéria nad druhým; pro přehlednost je toto porovnávání zpracováno do podoby matic. Hlavní diagonála matice je vždy vyplněna hodnotou 1, protože každé kritérium je při porovnání samo se sebou stejně důležité. Hodnoty pod hlavní diagonálou jsou převrácené k hodnotám nad diagonálou – tím je v matici zachována logická konzistence. Pro výpočet vah kritérií a opatření v byl spočítán geometrický průměr x_G hodnot každého řádku, jedná se o doporučený způsob dle Saatyho (2004), jelikož zachovává poměry mezi jednotlivými preferencemi. Následně byly všechny geometrické průměry sečteny a každému kritériu a opatření byla přiřazena výsledná váha pomocí podílu geometrického průměru a součtu všech geometrických průměrů. Tato hodnota byla u vah jednotlivých opatření pro co nejrelevantnější výsledek normována na váhu v_n podílem váhy opatření v a nejvyšší hodnoty váhy v matici – tím byla nejvyšší váha v matici normována na hodnotu 1. Tento postup umožňuje spravedlivě určit, jak velký význam má každé kritérium a opatření při dalším hodnocení opatření. Celková priorita jednotlivých nápravných opatření byla určena váženým součtem násobků normovaných vah opatření v_n v rámci každého kritéria a vahou daného kritéria v . Výsledné hodnoty byly pro každé opatření sečteny a určily tak globální hodnocení jednotlivých variant.

Pro určení relevantní důležitosti jednotlivých hodnotících kritérií byla vytvořena **nadřazená matice**, kde jsou mezi sebou porovnávána jednotlivá kritéria z hlediska jejich důležitosti při zavádění opatření do praxe. Největší váhu získalo kritérium účinnosti, což reflektuje důraz na efektivitu navrhovaných opatření.

Tabulka 2 Nadřazená matice kritérií

	Účinnost	Proveditelnost	Cena	x_G	v
Účinnost	1	7	1	1,913	0,564
Proveditelnost	1/7	1	5	0,894	0,264
Cena	1	1/5	1	0,584	0,172

(zdroj: vlastní zpracování)

6.1 Riziko znehodnocení odebraného vzorku okolním prostředím

Porovnání opatření k ošetření rizika „Znehodnocení odebraného vzorku okolním prostředím“:

Tabulka 3 Opatření k riziku 1 – kritérium „účinnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	3	7	2,759	0,669	1
O2	1/3	1	3	1	0,243	0,363
O3	1/7	1/3	1	0,362	0,088	0,132

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 4 Opatření k riziku 1 – kritérium „proveditelnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	5	1,710	0,519	1
O2	1	1	1	1	0,304	0,586
O3	1/5	1	1	0,585	0,177	0,341

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 5 Opatření k riziku 1 – kritérium „cena“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	3	7	2,759	0,649	1
O2	1/3	1	5	1,186	0,279	0,430
O3	1/7	1/5	1	0,306	0,072	0,111

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtených vah jednotlivých nápravných opatření a vah kritérií byla zjištěna následující globální váha opatření:

- O1: 1
- O2: 0,433
- O3: 0,184

Za nejvýznamnější opatření je z hlediska všech kritérií považováno zavedení odběrových obalů s termoizolační vrstvou. Toto opatření bylo hodnoceno jako vysoce účinné, z hlediska proveditelnosti je technicky realizovatelné a nezpůsobuje výrazné změny a komplikace v procesu odběru.

6.2 Riziko nedostatečného množství odebraného vzorku

Porovnání opatření k ošetření rizika „Nedostatečné množství odebraného vzorku“:

Tabulka 6 Opatření k riziku 2 – kritérium „účinnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	7	3	2,759	0,694	1
O2	1/7	1	1	0,523	0,132	0,190
O3	1/3	1	1	0,693	0,174	0,251

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 7 Opatření k riziku 2 – kritérium „proveditelnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	5	1,710	0,455	1
O2	1	1	5	1,710	0,455	1
O3	1/5	1/5	1	0,342	0,091	0,200

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 8 Opatření k riziku 2 – kritérium „cena“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	9	3	3,000	0,719	1
O2	1/9	1	3	0,693	0,166	0,231
O3	1/3	1/3	1	0,481	0,115	0,160

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtených vah jednotlivých nápravných opatření a vah kritérií byla zjištěna následující globální váha opatření:

- O1: 1
- O2: 0,411
- O3: 0,222

Z analýzy všech kritérií vyplynulo, že nejvýznamnějším opatřením pro ošetření tohoto rizika je zavedení barevného indikátoru množství stop, které je proveditelné s minimálními nároky na změny v procesu odběru, což přispívá snadnější implementaci a činí jej výhodným i z dlouhodobého hlediska.

6.3 Riziko odběru již degradovaného vzorku

Porovnání opatření k ošetření rizika „Odběr již degradovaného vzorku“:

Tabulka 9 Opatření k riziku 3 – kritérium „účinnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	3	3	2,080	0,567	1
O2	1/3	1	5	1,186	0,323	0,570
O3	1/3	1/5	1	0,405	0,110	0,194

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 10 Opatření k riziku 3 – kritérium „proveditelnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	3	1,442	0,460	1
O2	1	1	1	1,000	0,319	0,693
O3	1/3	1	1	0,693	0,221	0,480

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 11 Opatření k riziku 3 – kritérium „cena“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	3	5	2,466	0,637	1
O2	1/3	1	3	1,000	0,258	0,405
O3	1/5	1/3	1	0,405	0,105	0,165

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtených vah jednotlivých nápravných opatření a vah kritérií byla zjištěna následující globální váha opatření:

- O1: 1
- O2: 0,574
- O3: 0,265

Po zhodnocení všech kritérií se nejefektivnější ukázalo školení na prioritizaci odběrů. Implementace školení nezpůsobí výrazné komplikace v praxi, nenese se sebou žádné vstupy do samotného procesu odběru a znalosti pracovníků získané na takovém školení jsou dlouhodobě využitelné.

6.4 Riziko záměny stop na místě činu

Porovnání opatření k ošetření rizika „Záměna stop na místě činu“:

Tabulka 12 Opatření k riziku 4 – kritérium „účinnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	3	7	2,759	0,694	1
O2	1/3	1	1	0,693	0,174	0,251
O3	1/7	1	1	0,523	0,132	0,190

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 13 Opatření k riziku 4 – kritérium „proveditelnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	3	1,442	0,460	1
O2	1	1	1	1	0,319	0,693
O3	1/3	1	1	0,693	0,221	0,480

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 14 Opatření k riziku 4 – kritérium „cena“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	3	1,442	0,460	1
O2	1	1	1	1,000	0,319	0,319
O3	1/3	1	1	0,693	0,221	0,480

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtených vah jednotlivých nápravných opatření a vah kritérií byla zjištěna následující globální váha opatření:

- O1: 1
- O2: 0,379
- O3: 0,316

V souvislosti s hodnocením všech kritérií bylo vybráno jako nejvhodnější opatření zavedení samolepících štítků s čárovým, případně QR kódem. Toto opatření umožňuje přesnou a jednoznačnou identifikaci každého vzorku a je poměrně snadno implementovatelné. Investice do takového opatření s sebou nese lepší ochranu integrity důkazů a ukazuje se dlouhodobě výhodnou.

6.5 Riziko nesprávného postupu při zajištění stop

Porovnání opatření k ošetření rizika „Nesprávný postup při zajištění stop“:

Tabulka 15 Opatření k riziku 5 – kritérium „účinnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	1	1,000	0,333	1
O2	1	1	1	1,000	0,333	1
O3	1	1	1	1,000	0,333	1

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 16 Opatření k riziku 5 – kritérium „proveditelnost“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	1	1	1,000	0,333	1
O2	1	1	1	1,000	0,333	1
O3	1	1	1	1,000	0,333	1

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 17 Opatření k riziku 5 – kritérium „cena“

	O1	O2	O3	x_G	v	v_n
O1	1	5	3	2,466	0,659	1
O2	1/5	1	1	0,585	0,156	0,237
O3	1/3	1	1	0,693	0,185	0,281

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě vypočtených vah jednotlivých nápravných opatření a vah kritérií byla zjištěna následující globální váha opatření:

- O1: 1
- O2: 0,869
- O3: 0,876

Po porovnání všech kritérií bylo za nejvhodnější opatření určeno použití kontrolní karty pro každou odebranou stopu. Kontrolní karta umožňuje zpětnou kontrolu, zajišťuje větší koncentraci pracovníka při odběru a cena zavedení je v porovnání s ostatními opatřeními mnohonásobně nižší.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se věnovala problematice odběru vzorků DNA z forenzního hlediska se zaměřením na posouzení rizik, která mohou negativně ovlivnit kvalitu a použitelnost biologických důkazů v trestním řízení. Výzkum prokázal, že správné zacházení s biologickým materiálem je zásadní pro zachování jeho důkazní hodnoty, přičemž i drobné pochybení může výrazně ovlivnit výsledky následné analýzy DNA.

V teoretické části byla zpracována odborná rešerše, která přiblížila roli DNA v kriminalistice, specifika různých typů biologických stop a principy jejich odběru a uchování. Součástí bylo také shrnutí zásad odběru, uchování a transportu vzorků, které byly následně konfrontovány s klíčovými faktory ovlivňující kvalitu vzorku DNA, včetně vnějších podmínek i lidského faktoru,

Důležitou částí praktické části bylo nastínění legislativního rámce odběrů DNA pro forenzní účely v České republice pro zúžení kontextu problematiky této práce. Praktická část práce využila metodu FMEA k analýze jednotlivých fází procesu odběru DNA. Tato metoda umožnila systematicky vyhodnotit potenciální rizika, stanovit jejich závažnost a navrhnout cílená opatření ke snížení pravděpodobnosti a dopadu pochybení. Mezi dopady nejvýznamnějších identifikovaných rizik patřila zejména kontaminace a degradace vzorků, přičemž jim v největší míře předcházela nesprávná manipulace se vzorky před a během odběru, případně během následného uchovávání vzorků. Pro tato rizika byla navržena konkrétní a v praxi aplikovatelná opatření, která rovněž reflektují doporučení odborné literatury i poznatky z praxe. Tyto návrhy byly doplněny o podněty získané formou strukturovaného rozhovoru se specialistkou Policie ČR, který pomohl ověřit praktickou relevanci zjištěných závěrů, k následnému optimálnímu výběru těch nejvýznamnějších opatření byla využita Saatyho metoda.

Z výsledků provedené analýzy vyplývá, že cíle stanovené v úvodu práce byly naplněny. Výsledky přinášejí přehledné zhodnocení rizikových situací při odběru vzorků DNA a zároveň nabízejí využitelné podněty pro zlepšení praxe, práce může sloužit také jako inspirace pro další výzkum. Výsledky také poukazují na důležitost mezioborového přístupu, který kombinuje znalosti z přírodních věd a kriminalistiky s nástroji řízení rizik, což je trend, který bude v budoucnu v oblasti forenzních věd pravděpodobně ještě více posilovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALKETBI, Salem Khalifa, 2023. Maintaining the chain of custody: Anti-contamination measures for trace DNA evidence. Online. *International Journal of Science and Research Archive*, vol. 08, no. 02, s. 457–461. ISSN 2582-8185. Dostupné z: <https://cloc.uclan.ac.uk/46224/1/Maintaining%20the%20Chain%20of%20Custody%20Anti-Contamination%20Measures%20for%20Trace%20DNA%20Evidence.pdf>. [cit. 2025-03-10].
- BHOYAR, Lina; MEHAR, Palash a CHAVALI, Krishnadutt, 2024. An overview of DNA degradation and its implications in forensic caseworks. Online. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, vol. 14, no. 15, s. 1–19. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s41935-024-00389-y>. [cit. 2025-04-20].
- BOŽEK, František, 2018. *Metody hodnocení rizik*. Zlín: Strategický projekt UTB ve Zlíně.
- BRUNOVÁ, Markéta, 2019. *Dokazování trestné činnosti: s využitím kriminalistických stop a identifikace*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, Eupress. ISBN 978-80-7408-196-5.
- BUKYA, Jaya Lakshmi; TEJASVI, M. L. Avinash; AVINASH, Anulekha; CHANCHALA, H. P.; TALWADE, Priyanka. et al., 2021. DNA Profiling in Forensic Science: A Review. Online. *Global Medical Genetics*, vol. 8, no. 3, s. 135–143. ISSN 2699-9404. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/352010284_DNA_Profiling_in_Forensic_Science_A_Review. [cit. 2025-03-10].
- COOPER, Chris, 2020. *Forensic Science*. London: DK Children. ISBN 978-0241423639.
- CRISPINO, Frank a HOUCK, Max M., 2013. Principles of Forensic Science. In: SIEGEL, Jay A.; SAUKKO, Pekka a HOUCK, Max M. (ed.). *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, s. 278–281. ISBN 978-0-12-382165-2.
- FONNELØP, Ane Elida; JOHANNESSEN, Helen; EGELAND, Thore a GILL, Peter, 2016. Contamination during criminal investigation: Detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags. Online. *Forensic Science International: Genetics*. vol. 23, s. 121–129. Dostupné z: [https://www.fsigenetics.com/article/S1872-4973\(16\)30059-X/abstract](https://www.fsigenetics.com/article/S1872-4973(16)30059-X/abstract). [cit. 2025-03-14].

HALAH, K. Ibrahim Al-Sammaraie, 2024. Challenges Facing Us in DNA Analysis from Human Hair Samples: A Review. Online. *Al-Nahrain Journal of Science*, vol. 27, no. 1, s. 65–73. Dostupné z: <https://anjs.edu.iq/index.php/anjs/article/view/2619/1997>. [cit. 2025-03-10].

HARBISON, Sally-Ann. DNA: Sources of. In: JAMIESON, Allan a MOENSSENS, Andre A. (ed.), 2009. *Wiley Encyclopedia of forensic science*. Vol. 1, A–B. Chichester: Wiley, s. 821-828. ISBN 978-0-470-01826-2.

HARENDRA, Nath Singh a RANU, Paul, 2022. Identification of Human Semen (Spermatozoa) through Different Methods in Forensic Investigation. Online. *International Journal of Research and Review*, vol. 9, no. 3, s. 105–112. ISSN 2349-9788. Dostupné z: https://www.ijrrjournal.com/IJRR_Vol.9_Issue.3_March2022/IJRR014.pdf. [cit. 2025-03-10].

CHMELÍK, Jan a BERVIDOVÁ, Michaela, 2021. *Teoretické základy místa činu, znalecké činnosti a aplikační praxe*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, Eupress. ISBN 978-80-7408-222-1.

KABIR, Abuzar a FURTON, Kenneth G., 2019. Forensic Sampling and Sample Preparation. In: PAIXÃO, Thiago R. L. C.; COLTRO, Wendell K. T. a SALLES, Maiara Oliveira (ed.). *Forensic analytical methods*. Detection science. London: Royal Society of Chemistry, s. 7–35. ISBN 978-1-78801-459-5.

KLOOSTERMAN, Ate; SJERPS, Marjan a QUAK, Astrid, 2014. Error rates in forensic DNA analysis: Definition, numbers, impact and communication. Online. *Forensic Science International: Genetics*. vol. 12, s. 77–85. Dostupné z: <https://www.fsigenetics.com/action/showPdf?pii=S1872-4973%2814%2900090-8>. [cit. 2025-03-14].

KOTSYUBYNSKA, Julia; KOZAN, Nataliia; VOLOSHYNOVYCH, Volodymyr; CHADIUK, Valeriia; LIAMPEL, Valentyna. et al., 2024. Structure of Errors in Conducting Forensic Molecular-Genetic Expertise. Online. *Forensic-medical examination*. no. 1, s. 63–69. Dostupné z: <https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2024.9>. [cit. 2025-03-14].

KOŽINA, Jiří, 2018. *Identifikační genetika v právní praxi*. Praha: Wolters Kluwer, Právo prakticky. ISBN 978-80-7598-033-5.

MILLEN, Paul, 2013. Contamination. In: SIEGEL, Jay A.; SAUKKO, Pekka a HOUCK, Max M. (ed.). *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, s. 278–281. ISBN 978-0-12-382165-2.

PILIN, Alexander a kol., 2022. *Soudní lékařství*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-5013-5.

POOLE, Fran, 2013. Collection and Chain of Evidence. In: SIEGEL, Jay A.; SAUKKO, Pekka a HOUCK, Max M. (ed.). *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, s. 333–336. ISBN 978-0-12-382165-2.

SAATY, Thomas L., 2004. Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). Online. *Systems Science and Systems Engineering*. vol. 13, no. 1, s. 11–16. Dostupné z: <https://sci-hub.se/10.1007/s11518-006-0151-5>. [cit. 2025-04-30].

STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor, 2017. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-666-8.

SVOBODA, Ivo, 2016. *Kriminalistika*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-259-4.

ŠIMKOVÁ, Halina, 2012. *Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích*. 1. vyd. Brno: Tribun EU. ISBN 978-80-263-0247-6.

VANEZIS, Peter, 2020. Identification: General Principles, including Anthropology, Fingerprints, and the Investigation of Mass Deaths. In: *Essential Forensic Medicine*. Chichester: John Wiley, s. 285–310. ISBN 978-0-470-74863-3.

WOLSTENHOLME, Rosalind; JICKELLS, Sue a FORBES, Shari, 2021. Introduction to Forensic Science. *Analytical techniques in forensic science*. Hoboken, New Jersey: Wiley, s. 3–33. ISBN 978-1-119-03381-3. Dostupné také z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/natl-ebooks/detail.action?docID=6379822>.

Seznam právních předpisů

Pokyn policejního prezidenta č. 100/2018, o kriminalistickotechnické činnosti. 2018. Vnitřní předpis.

Pokyn policejního prezidenta č. 177/2018, kterým se upravuje věcná, funkční a místní příslušnost znaleckých ústavů Policie České republiky. 2018. Vnitřní předpis.

Strukturovaný rozhovor

Specialistka, 2025. Osobní strukturovaný rozhovor se specialistkou Policie České republiky.
Brno, 27.1.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Struktura zdrojů rizik při provádění expertizy	26
Obrázek 2 Proces odběru vzorku DNA z místa činu	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 FMEA – odběr DNA vzorků z místa činu	43
Tabulka 2 Nadřazená matice kritérií	56
Tabulka 3 Opatření k riziku 1 – kritérium „účinnost“	56
Tabulka 4 Opatření k riziku 1 – kritérium „proveditelnost“	56
Tabulka 5 Opatření k riziku 1 – kritérium „cena“	57
Tabulka 6 Opatření k riziku 2 – kritérium „účinnost“	57
Tabulka 7 Opatření k riziku 2 – kritérium „proveditelnost“	58
Tabulka 8 Opatření k riziku 2 – kritérium „cena“	58
Tabulka 9 Opatření k riziku 3 – kritérium „účinnost“	59
Tabulka 10 Opatření k riziku 3 – kritérium „proveditelnost“	59
Tabulka 11 Opatření k riziku 3 – kritérium „cena“	59
Tabulka 12 Opatření k riziku 4 – kritérium „účinnost“	60
Tabulka 13 Opatření k riziku 4 – kritérium „proveditelnost“	60
Tabulka 14 Opatření k riziku 4 – kritérium „cena“	60
Tabulka 15 Opatření k riziku 5 – kritérium „účinnost“	61
Tabulka 16 Opatření k riziku 5 – kritérium „proveditelnost“	61
Tabulka 17 Opatření k riziku 5 – kritérium „cena“	62

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DNA	deoxyribonukleová kyselina
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
KÚ	Kriminalistický ústav
mtDNA	mitochondriální DNA
OOPP	osobní ochranné pracovní prostředky
PPP	Pokyn policejního prezidenta
RPN	rizikové číslo

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Otázky ze strukturovaného rozhovoru

PŘÍLOHA P I: OTÁZKY ZE STRUKTUROVANÉHO ROZHOVORU

Strukturovaný rozhovor byl uskutečněn se specialistkou Policie ČR s dlouholetou praxí, jak při dokumentování a zajišťování stop na místě činu, tak při laboratorní analýze DNA. Osobní rozhovor proběhl dne 27.1. 2025 v Brně a zaměřoval se na praktické aspekty odběru vzorků DNA, především na identifikaci častých pochybení a rizik, která mohou ovlivnit kvalitu analýzy DNA. Otázky byly kladeny v souladu s cíli praktické části bakalářské práce a odpovědi byly využity pro její doplnění.

1. Obecné otázky k postupu odběru vzorku DNA z místa činu:
 - a. Jaký je standardní postup při odběru biologických stop na místě činu v České republice?
 - b. Jak se zabezpečuje místo činu, aby se zabránilo kontaminaci biologického materiálu?
2. Otázky ohledně biologického materiálu a metodám jeho odběru:
 - a. Které typy biologického materiálu jsou z místa činu odebírány nejčastěji?
 - b. Jakých pomůcek a metod je při odběru DNA vzorků z místa činu nejčastěji využíváno?
 - c. Jaká jsou doporučení pro odběr DNA vzorků stop ze specifických povrchů a předmětů?
3. Rizika a pochybení v procesu odběru DNA vzorku:
 - a. Jaké jsou podle vás nejčastější chyby nebo nedostatky při odběru DNA vzorků?
 - b. Která rizika považujete za nejzávažnější z hlediska jejich vlivu na kvalitu výsledku analýzy?
 - c. Dochází v praxi často ke kontaminaci DNA, degradaci DNA nebo například záměně vzorků? Jaké jsou obvyklé příčiny?
 - d. Setkala jste se někdy s případem, kdy byl vzorek kvůli chybě při odběru nevyužitelný?
 - e. Jaký vliv má časový odstup od spáchání trestného činu na kvalitu biologických stop?

4. Návrhy na zlepšení

- a. Existuje metodika nebo protokol, kterým se pracovníci řídí při odběru vzorků?
- b. Probíhá po odběru zpětné vyhodnocení správnosti postupu?
- c. Co byste považovala za důležité zlepšit v praxi odběru vzorků DNA?