

**VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH
STUDIÍ, Z. Ú., ČESKÉ BUDĚJOVICE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**VÝZVY A LIMITY FORENZNÍ ENTOMOLOGIE
A JEJÍ UPOTŘEBITELNOST PRO AKTUÁLNÍ
KRIMINALISTICKOU PRAXI**

Autor práce: Natálie Housková, DiS

Studijní program: Bezpečnostně právní činnost

Forma studia: Kombinovaná

Vedoucí práce: JUDr. Milan Kocík, MBA, LL.M

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií

2025

VYSOKÁ ŠKOLA EVROPSKÝCH A REGIONÁLNÍCH STUDIÍ, z. ú.
Žižkova tř. 1632/5b, 370 01 České Budějovice

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Natálie Housková

Studijní program: Bezpečnostně právní činnost

Forma studia: Kombinovaná

Místo studia: Příbram

Název bakalářské práce: Výzvy a limity forenzní entomologie a její upotřebitelnost pro aktuální kriminalistickou praxi

Název bakalářské práce v anglickém jazyce: Challenges and Limits of Forensic Entomology and its Applicability to Current Forensic Practice

Katedra: Katedra právních oborů a bezpečnostních studií

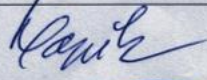
Vedoucí bakalářské práce: JUDr. Milan Kocík, MBA, LL.M.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec, 2024

Cíl bakalářské práce: Hlavním cílem je teoreticko-praxeologickou formou objasnit aktuální příležitosti, výzvy a limity forenzní entomologie, která je součástí vědního oboru kriminalistika – kriminalistická biologie. Vedlejším cílem je formou empirického šetření zhodnotit aplikační využití tzv. Casperova pravidla na základě získaných relevantních empirických poznatků a vyhodnotit, jak může toto pravidlo přispět ke zlepšení vyšetřovacích postupů a k přesnější rekonstrukci událostí.

Student: Natálie Housková	23. 12. 2024	
Vedoucí práce: JUDr. Milan Kocík, MBA, LL.M.	15. 2. 2025	

Schvaluji zadání bakalářské práce:

Vedoucí katedry: doc. JUDr. Roman Svatoš, Ph.D.	17. 2. 2025	
Prorektor pro studium a vnitřní záležitosti: doc. PhDr. Miroslav Sapík, Ph.D.	17. 2. 2025	
Rektor: doc. Ing. Jiří Dušek, Ph.D.	25. 2. 2025	



Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a s použitím odborné literatury a materiálů uvedených v seznamu použitých zdrojů. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce v elektronické podobě ve veřejně přístupné části infodisku VŠERS, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky vedoucí(ho) a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce systémem na odhalování plagiátů.

.....

Děkuji především vedoucímu bakalářské práce JUDr. Milanu Kocíkovi, MBA, LL.M, za cenné rady, odborné konzultace a nadstandardní ochotu při psaní této bakalářské práce. V neposlední řadě také odborníkům z odvětví soudního lékařství a státním zástupcům, kteří taktéž poskytli cenné rady a informace.

ABSTRAKT

HOUSKOVÁ, N. *Výzvy a limity forenzní entomologie a její upotřebitelnost pro aktuální kriminalistickou praxi: bakalářská práce*. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2025. 93 s. Vedoucí bakalářské práce: JUDr. Milan Kocík, MBA, LL.M.

Klíčová slova: Casperovo pravidlo, dekompozice, forenzní entomologie, hmyz, smrt, sukcese

Tato bakalářská práce pojednává o využití a důležitosti hmyzu v kriminalistické praxi při určování doby smrti, nebo též post mortem intervalu. Kombinuje poznatky z biologie, kriminalistiky, chemie a entomologie.

Obsáhlá část je věnována smrti a umírání člověka z pohledu soudního lékařství. Jsou zde uvedeny také způsoby užívané v kriminalistické praxi, kterými se dá určit, kdy člověk zemřel. Ačkoli je pro forenzní entomologii lidská mrtvola relevantní až po pár dnech, je nezbytné pochopit procesy probíhající před uplynutím této doby. Avšak nejdůležitější a největší část práce bude samozřejmě věnována samotné forenzní entomologii. Mimo jiné seznámením s jejím historickým pozadím, základními principy a užitím při vyšetřování.

Hlavní náplní této práce je popis sukcesních vln v našem prostředí a dekompozice lidského těla různými druhy hmyzu v návaznosti na odlišné podmínky s užitím poznatků Casperova pravidla.

ABSTRACT

HOUSKOVÁ, N. *Challenges and Limits of Forensic Entomology and its Applicability to Current Forensic Practice: Bachelor Thesis*. České Budějovice: The College of European and Regional Studies, 2025. 93 pgs. Supervisor: JUDr. Milan Kocík, MBA, LL.M.

Key words: Casper's rule, decomposition, forensic entomology, insects, death, succession

This bachelor's thesis discusses the use and importance of insects in forensic practice in determining the time of death, or post-mortem interval. It combines knowledge from biology, criminalistics, chemistry and entomology.

An extensive part is devoted to death and dying of a person from the perspective of forensic medicine. It also presents methods used in forensic practice to determine when a person died. Although a human corpse is relevant for forensic entomology only after a few days, it is necessary to understand the processes taking place before this time has passed. However, the most important and largest part of the work will of course be devoted to forensic entomology itself. Among other things, by introducing its historical background, basic principles and use in investigations.

The main content of this work is the description of succession waves in our environment and the decomposition of the human body by various types of insects in connection with different conditions using the knowledge of Casper's rule.

Obsah

Úvod.....	9
1 Cíl a metodika bakalářské práce	11
2 Smrt člověka	13
2.1 Smrt přirozená.....	14
2.1.1 Smrt náhlá	14
2.1.2 Smrt neočekávaná	15
2.1.3 Smrt očekávaná	15
2.2 Smrt násilná.....	16
3 Posmrtné změny	18
3.1 Časné posmrtné změny	18
3.1.1 Chladnutí (<i>algor mortis</i>)	18
3.1.2 Mrtvolná ztuhlost (<i>rigor mortis</i>)	21
3.1.3 Posmrtné skvrny (<i>livores mortis</i>)	23
3.1.4 Zasychání kůže a sliznic	25
3.2 Pozdní posmrtné změny	26
3.2.1 Hniloba.....	27
3.2.2 Tlení	29
4 Forenzní entomologie.....	31
4.1 Historie forenzní entomologie.....	32
4.2 Základní principy forenzní entomologie.....	35
5 Proces zvaný sukcese	39
5.1 Sukcesní vlny	41
5.1.1 První sukcesní vlna	42
5.1.2 Druhá sukcesní vlna – nadmuté tělo	45
5.1.3 Třetí sukcesní vlna – biochemicky aktivní rozklad.....	47
5.1.4 Čtvrtá sukcesní vlna – pokročilý rozklad.....	50
5.1.5 Pátá sukcesní vlna	50

5.1.6 Šestá sukcesní vlna – kosterní zbytky	51
6 Faktory ovlivňující rychlost rozkladu	53
7 Význam forenzní entomologie z hlediska určení doby smrti.....	56
7.1 Post mortem interval (PMI)	56
7.2 Doba kolonizace.....	58
8 Entomologické stopy a jejich zajišťování s ohledem na různé nálezové situace.....	62
8.1 Volně exponovaná mrtvola	63
8.2 Nález oběšeného.....	64
8.3 Pohřbená mrtvola	65
8.4 Mrtvola ve vodním prostředí.....	65
8.5 Pravidla pro zajišťování entomologických stop.....	66
9 Využití forenzní entomologie v praxi	67
9.1 Výsledky rozhovorů	68
9.1.1 První rozhovor.....	69
9.1.3 Závěry vycházející z rozhovorů	70
9.2 Nález mrtvoly neznámé totožnosti a určení doby kolonizace.....	71
9.3 Rozklad lidského těla v uzavřeném prostoru	72
9.4 Porovnání rozkladu v odlišných prostředích.....	73
Závěr	77
Seznam použitých zdrojů	79
Seznam zkratk	82
Seznam tabulek a grafů	83
Seznam příloh	84
Přílohy.....	85

Úvod

Forenzní entomologie představuje interdisciplinární oblast na pomezí biologie a kriminalistiky, jejímž hlavním cílem je využití poznatků o hmyzu k objasňování kriminálních případů. V praxi se pro tuto disciplínu někdy neformálně používá označení „kriminalistická entomologie“, ačkoliv tento pojem zcela nevystihuje její šíři. Kriminalistika jako celek je zaměřena především na aplikaci metod v trestním právu, zatímco forenzní entomologie se primárně opírá o biologický výzkum, zejména o studium vývojových stádií hmyzu, který kolonizuje lidské tělo po smrti. Právě tento přístup umožňuje s vysokou mírou přesnosti určit například přibližný čas úmrtí, nebo odhadnout podmínky, za kterých k úmrtí došlo.

Základní motivací k volbě tohoto tématu byl osobní i studijní zájem autorky o biologické vědy, s důrazem na praktické využití teoretických poznatků. Již v průběhu středoškolského i vysokoškolského studia byla biologie člověka stěžejním bodem jejího zájmu, a to nejen z hlediska fyziologického, ale i v širším kontextu přírodních dějů, které ovlivňují lidské tělo po smrti. Fascinace propojením přírodních zákonitostí a jejich využitím v detektivní praxi vedla autorku k hlubšímu samostatnému studiu entomologie a následně k rozhodnutí věnovat se tomuto tématu detailněji v rámci bakalářské práce.

Tato práce se zaměřuje na praktické využití forenzní entomologie v kriminalistickém vyšetřování, přičemž hlavní důraz je kladen na metody odhadování post mortem intervalu (PMI) na základě analýzy hmyzu kolonizujícího na těle. Klíčovou roli zde hraje znalost vývojových cyklů jednotlivých druhů hmyzu, které se v různých fázích rozkladu postupně objevují. Významným přínosem práce je i analýza konkrétních případových studií, ve kterých byla forenzní entomologie úspěšně aplikována, a to jak na národní, tak i mezinárodní úrovni.

Zvláštní pozornost je věnována faktorům, které mohou ovlivnit přesnost odhadu doby smrti, jako jsou teplota prostředí, vlhkost, přístup světla, ale i to, zda bylo tělo zakryté nebo ne. Tyto aspekty totiž významně ovlivňují vývoj hmyzu a mohou vést k nesprávným závěrům, pokud nejsou při interpretaci zohledněny. V této souvislosti je zmíněno i Casperovo pravidlo, které pomáhá orientačně určit rychlost rozkladu v různých prostředích.

V neposlední řadě se práce zabývá i přemostěním mezi teorií a praxí, tedy tím, jak lze znalosti získané laboratorním výzkumem efektivně využít při skutečných vyšetřovacích postupech. Forenzní entomologie tak není jen teoretickým oborem, ale představuje reálně využitelný nástroj, který může poskytnout cenné důkazy v případech, kde jiné metody selhávají.

1 Cíl a metodika bakalářské práce

V úvodních kapitolách se autorka bakalářské práce zaměří na smrt a umírání z lékařského hlediska, jelikož poznatky o lidském těle jsou v kontextu forenzní vědy nezbytné. Detailní porozumění biologickým procesům, které nastávají bezprostředně i později po smrti, je zásadní pro následnou analýzu a vyšetřování, proto je tento úvodní teoretický rámec klíčovým předpokladem pro pochopení dalších částí práce.

Cílem práce je mimo jiné také ukázat, že i jedinec bez přímé kriminalistické praxe může efektivně prezentovat složité téma forenzní entomologie, a to tak, aby ho pochopil i laik. Autorka se zaměří na to, jaký význam má hmyz, který se podílí na rozkladu lidského těla, a jak lze využít entomologické stopy k získání klíčových informací o časovém průběhu smrti, stejně jako o okolnostech jejího vzniku. Nejdůležitějším bodem je prokázání toho, jak se hmyz, specificky jeho druhy, může stát cenným důkazem v kriminalistickém vyšetřování a ukázat, jak velký význam má hmyz při kriminalistickém vyšetřování, zejména pokud jde o určování doby smrti.

Tento proces není pouze o identifikaci konkrétních druhů hmyzu, ale o pochopení komplexního degradačního procesu, který se v přírodě přirozeně odehrává, a který má klíčový význam pro vyšetřování. Forenzní entomologie tak představuje velmi důležitou oblast aplikované biologie, která je využívána v praxi k objasnění okolností smrti, jež by jinak mohly zůstat neobjasněné. Jak uvádí Šuláková¹, rozklad těla je součástí přirozeného koloběhu života a smrti, a právě tento proces poskytuje důležité stopy, které mohou být využity v soudní praxi.

Z praktického hlediska představuje forenzní entomologie nejen efektivní způsob pro stanovení post mortem intervalu (PMI), tedy doby, která uplynula od úmrtí, ale také komplexní nástroj pro analýzu okolností spojených s nalezením těla. Využití entomologických údajů sahá daleko za rámec pouhého měření času – v mnoha případech může hmyzí kolonie na těle nebo v jeho bezprostředním okolí odhalit skutečnosti, které by jinak zůstaly kriminalistům skryté.

¹ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>

Jedním z příkladů je odhalení přesunu těla z původního místa úmrtí. Druhové složení hmyzu se totiž liší v závislosti na prostředí, a pokud se tělo nachází v oblasti, kde se vyskytují druhy pro tuto lokalitu netypické, nebo naopak postrádá běžně se vyskytující druhy, může to naznačovat sekundární manipulaci s ostatky. Takové poznatky jsou zvláště cenné v případech, kde nebyly nalezeny jiné přímé důkazy.

Dále může detailní rozbor hmyzí populace pomoci určit i mikroklimatické podmínky, kterým bylo tělo vystaveno – například teplotu, vlhkost, přístup světla a vzduchu. Tyto faktory výrazně ovlivňují rychlost vývoje jednotlivých druhů hmyzu a jejich analýza umožňuje zpřesnit časové odhady. V kombinaci s údaji o vývojových stádiích (např. vajíčka, larvy, kukly) tak může být vytvořen komplexní obraz událostí po smrti, a to i v případech, kde ostatní metody (např. patologické) selhávají kvůli pokročilému stádiu rozkladu.

Další významnou výhodou forenzní entomologie je její schopnost odhalit zásahy do těla po smrti, jako je zakrytí, pokus o zahlazení stop nebo jiná manipulace. Pokud například hmyz typicky kolonizující odkrytá těla chybí, může to znamenat, že tělo bylo určitou dobu zakryté nebo skryté v uzavřeném prostoru. Podobné nálezy mohou vést kriminalisty k novým hypotézám, které by bez entomologické analýzy nevznikly.

Díky těmto charakteristikám je forenzní entomologie nepostradatelným doplňkem kriminalistických metod, který stále více získává uznání nejen mezi odborníky na biologii, ale i mezi vyšetřovateli a právníky. V některých případech dokonce entomologická analýza poskytla klíčové důkazy, které přispěly k usvědčení pachatele či k objasnění příčin smrti, a to i po několika týdnech nebo měsících od úmrtí.

2 Smrt člověka

Jak již bylo naznačeno v úvodní části této práce, významná část zkoumání se zaměřuje na aspekty spojené se soudním lékařstvím, přičemž porozumění samotnému fenoménu smrti je klíčové pro správné vyhodnocení následných procesů, které nastávají po úmrtí – ať už se jedná o biologické, chemické nebo entomologické změny. Pokud chceme pochopit souvislosti mezi rozkladem lidského těla a výskytem hmyzu, je naprosto nezbytné začít právě u toho, co smrt ve své podstatě znamená.

Z lékařského a právního hlediska je smrt (latinsky *exitus letalis*) definována jako nezvratné selhání základních životních funkcí, zejména srdeční a dechové činnosti, a především zánik veškerých funkcí mozku. Smrt mozku je přitom považována za klíčové a rozhodující kritérium, neboť bez centrální nervové regulace přestávají fungovat i ostatní životní systémy. Můžeme ji definovat jako nezvratnou zástavu srdeční činnosti, k níž se pojí nezvratná zástava dýchání a nezvratný zánik všech funkcí mozku.²

Tento stav lze charakterizovat jako definitivní a nenávratné přerušení koordinované činnosti organismu, včetně zastavení látkové výměny (metabolismu), bez které není možná žádná regenerace ani obnova funkcí.³ Z biologického pohledu se tedy nejedná o jednorázový moment, ale spíše o proces postupného zániku, který začíná selháváním životně důležitých orgánů a vyústí ve fázi, kdy organismus ztrácí schopnost udržet jakoukoliv vnitřní stabilitu.

Součástí tohoto procesu je i to, že tělo se po smrti stává prostředím vhodným pro kolonizaci hmyzem, což představuje klíčový aspekt forenzní entomologie. Právě v tomto období dochází k biologickým změnám, které mohou být objektivně měřitelné a analyzovatelné – ať už jde o výskyt specifických druhů hmyzu nebo o jejich vývojová stadia.

² KVAPILOVÁ, Helena. Soudní lékařství pro právníky. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 37

³ VOKURKA, Martin a HUGO, Jan. Velký lékařský slovník. 10. aktualizované vydání. Jessenius. Praha: Maxdorf, [2015]. ISBN 978- 80-7345-456-2.

Je důležité zmínit, že smrt může být oficiálně konstatována pouze lékařem, který na základě lékařské prohlídky zemřelého vystaví List o prohlídce mrtvého. Tento dokument plní nejen formální účel zaznamenání smrti, ale slouží i jako důležitý nástroj ke zjištění její příčiny. V případech, kdy je okolnost smrti nejasná nebo podezřelá, se může jednat o první krok k následnému soudně-lékařskému šetření.

Navíc je potřeba dodat, že určení přesného okamžiku smrti může být v praxi velmi obtížné, zejména pokud bylo tělo nalezeno až po delší době. Kromě klasických příznaků smrti (např. chladnutí, posmrtné skvrny, ztuhlost) pak kriminalisté často využívají právě forenzní entomologii, která nabízí možnost zpřesnění časového rámce pomocí analýzy hmyzí aktivity.

Závěrem lze tedy říci, že smrt člověka není pouze biologickým koncem života, ale zároveň počátkem celého řetězce změn, které lze vědecky zkoumat a využít v kontextu trestního práva. Tyto procesy jsou stěžejní nejen pro patologii, ale především pro obory, jako je právě forenzní entomologie, která na ně navazuje svým specifickým způsobem.

2.1 Smrt přirozená

V tomto případě se jedná o nenásilnou smrt z vnitřních – chorobných příčin. Může se jednat o smrt náhlou, neočekávanou nebo očekávanou.⁴ Rozdíly mezi těmito třemi druhy jsou následující:

2.1.1 Smrt náhlá

Smrt náhlá je označována jako smrt, která nastává bez varovných příznaků nebo předchozích známek vážné nemoci, a to obvykle do šesti hodin od začátku zdravotních potíží. Tento typ smrti je považován za přirozený, protože je způsoben chorobnými příčinami, které se však často projeví velmi náhle a nečekaně. Pacient, který zemře náhle, bývá obvykle před smrtí považován za zdravého, což znamená, že neexistují žádné předchozí známky vážného onemocnění nebo zdravotních problémů.⁵ Osoba může být považována za zdravou, jak v očích svého okolí, tak podle výsledků předchozích lékařských vyšetření.

⁴ TESÁŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

⁵ TESÁŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

Tato náhlá smrt může být výsledkem různých nepozorovaných nebo skrytých onemocnění, jako jsou například srdeční arytmie, plicní embolie, ruptury cév nebo jiné skryté kardiovaskulární problémy, které se projeví až ve chvíli, kdy už není možné zasáhnout.⁶ Tato smrt bývá často diagnostikována na základě pitvy, kde se mohou objevit nálezy, které by jinak zůstaly nepozorovány.

2.1.2 Smrt neočekávaná

Tento typ smrti je charakterizován jako úmrtí z přirozených příčin, kdy zdravotní stav jednotlivce byl narušen, ale ne natolik, aby bezprostředně ohrozil jeho život. Osoba se tedy nacházela v jakémsi „mezistavu“ mezi nemocí a zotavením, přičemž její celkový zdravotní stav nebyl natolik vážný, aby vyvolával obavy z náhlého a nečekaného skonu.⁷ Obvykle se jedná o období rekonvalescence, kdy pacient po nějakých vážnějších zdravotních potížích, jako je například operace nebo infekční onemocnění, začíná znovu získávat síly a vracet se zpět do normálního života. V tomto období je však jeho tělo stále oslabené a zranitelné, což znamená, že i při relativně stabilním zdravotním stavu může být smrt způsobena i drobnými komplikacemi, které by za normálních okolností nebyly fatální.⁸ Tento typ smrti se často vyskytuje u starších lidí nebo u jedinců trpících chronickými onemocněními, kdy jejich tělo již není schopno plně regenerovat. Někdy může smrt přijít náhle, aniž by byla očekávána, a to i přesto, že v daný okamžik nebyly přítomny žádné akutní příznaky ohrožující život.

2.1.3 Smrt očekávaná

Smrt přirozená u prognosticky beznadějného onemocnění představuje situaci, kdy je zcela jasné, že daný člověk už nepřežije, a to i přesto, že zdravotníci poskytují péči a snaží se zmírnit příznaky. V tomto případě se jedná o nemoc, která je v pokročilém stadiu a není možné ji účinně léčit. Příčiny mohou být různé, například pokročilý nádor, nevratné poškození orgánů nebo jiné terminální stavy, které se s časem zhoršují.⁹ Jakékoli možnosti léčby, ať už chirurgické, farmakologické nebo jiné, již dávno ztratily svůj účinek, a zaměření péče se překlápí do oblasti paliativní péče, jejímž hlavním cílem je zmírnit utrpení a zajistit pacientovi co nejvíce důstojný a komfortní závěr života.

⁶ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 47-48.

⁷ TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

⁸ HIRT, Miroslav. *Soudní lékařství*. 1. díl. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6.

⁹ HIRT, Miroslav. *Soudní lékařství*. 1. díl. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6.

Zdravotní stav člověka se rychle zhoršuje, orgány přestávají správně fungovat, dochází k postupnému selhávání vitálních funkcí, a smrt je v tomto případě nevyhnutelná.

V tomto kontextu smrt přirozená znamená, že proces umírání probíhá v důsledku zhoršení základní nemoci, bez jakéhokoli zásahu nebo vlivu vnějších faktorů, a pacientovo tělo postupně dochází k úplnému vyčerpání. V takových situacích je úmrtí považováno za přirozené, protože není vyvoláno vnějšími příčinami nebo náhlým zraněním, ale přirozeným a nevyhnutelným průběhem onemocnění.¹⁰

2.2 Smrt násilná

Na rozdíl od smrti přirozené, která je výsledkem vnitřních biologických procesů, jako je stárnutí nebo selhání orgánových systémů, je smrt násilná definována jako úmrtí způsobené vnějšími nepříznivými vlivy, které narušují normální funkce organismu.¹¹ Tyto vnější faktory mohou mít různý charakter – od fyzikálních, chemických až po mechanické či psychologické – a jejich účinek vede k náhlému či pozdějšímu úmrtí jedince.

Násilná smrt přitom nemusí být vždy důsledkem trestného činu. I když mezi nejzávažnější případy patří vraždy a úmyslná ublížení na zdraví, může být násilná smrt rovněž výsledkem nešťastné náhody (například dopravní nehody), sebevraždy, nebo může být způsobena nedbalostním jednáním jiné osoby – typicky při pracovních úrazech, neodborné manipulaci se stroji či zanedbání bezpečnostních opatření.

Je tedy zřejmé, že samotná skutečnost, že osoba zemřela „násilně“, ještě neznamena, že došlo ke spáchání trestného činu. Právní kvalifikaci okolností úmrtí provádějí výlučně orgány činné v trestním řízení, zejména Policie České republiky. Jejich úkolem je podrobně prošetřit události, které předcházely smrti, shromáždit důkazy, vyslechnout svědky a na základě všech dostupných informací určit, zda byla smrt způsobena úmyslně, z nedbalosti, nebo se jednalo o nehodu bez trestněprávního rozměru.

¹⁰ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 50-52.

¹¹ TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

Klíčovou roli při určování okolností smrti hraje odborný soudní lékař, jehož úkolem je stanovit tzv. mechanismus smrti, tedy přesně určit, jakým způsobem došlo k zániku života.¹² Zde je důležité rozlišovat mezi příčinou smrti (například poranění mozku, udušení, otrava) a mechanismem smrti (tedy fyziologickými procesy, které následkem dané příčiny vedly ke smrti – například hypoxie, krvácení, srdeční selhání).

Soudní lékař provádí komplexní forenzní vyšetření, které zahrnuje nejen pitevní nález, ale i toxikologické rozbor, histologii a další metody. Tyto závěry pak formuluje ve znaleckém posudku, který se stává zásadním důkazním prostředkem v trestním řízení. Odborný posudek lékaře je mnohdy rozhodující pro objasnění, zda došlo k trestnému činu, nebo zda šlo o událost, která je z právního hlediska považována za nehodu, případně sebevraždu.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat i těm případům, kdy okolnosti smrti nejsou na první pohled zjevné a kde je zapotřebí širší mezioborové spolupráce – právě zde se do popředí dostávají metody forenzní entomologie, které mohou doplnit soudnělékařské závěry například o odhad časového rámce úmrtí či o informace týkající se manipulace s tělem po smrti.

Z výše uvedeného je patrné, že smrt násilná je velmi širokým pojmem, který zahrnuje mnoho různých situací a právních i medicínských interpretací. Její rozpoznání, klasifikace a vyhodnocení vyžaduje pečlivý, systematický a mezioborový přístup, který umožní spravedlivé posouzení každého jednotlivého případu.

¹² KVAPILOVÁ, Helena. Soudní lékařství pro právníky. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 12.

3 Posmrtné změny

Posmrtné změny představují soubor fyziologických a biochemických procesů, které v organismu probíhají po skončení života. Tyto změny jsou zásadní nejen z hlediska biologického, ale především z forenzního pohledu, protože mohou poskytnout důležité informace pro určení času smrti, příčiny úmrtí či způsobu, jakým smrt nastala. V kriminalistické praxi slouží k rekonstrukci okolností úmrtí a pomáhají objasnit různé aspekty případu, což může být klíčové při vyšetřování trestných činů.¹³

Přestože forenzní entomologie často pracuje s těly v pokročilých stádiích rozkladu, kdy tradiční metody analýzy posmrtných změn mohou být omezené, je stále velmi důležité mít povědomí o zákonitostech těchto procesů. Toto porozumění totiž umožňuje správně interpretovat nálezy a doplnit poznatky získané z analýzy hmyzu, čímž se významně zvyšuje přesnost celkového forenzního vyšetření.

3.1 Časné posmrtné změny

3.1.1 Chladnutí (*algor mortis*)

Chladnutí těla, odborně označované jako *algor mortis*, představuje jednu z prvních a nejvíce sledovaných posmrtných změn. Tento proces je charakterizován postupným snižováním tělesné teploty po ukončení života a je výsledkem zastavení metabolických funkcí, kdy tělo přestává generovat teplo. Už během samotného umírání může být pozorován pokles tělesné teploty, avšak výjimečně, a zejména u infekčních stavů, jako je sepsa, může tělesná teplota těsně před smrtí ještě vzrůst.¹⁴

Rychlost chladnutí není konstantní a je ovlivněna řadou vnějších i vnitřních faktorů. Mezi klíčové patří teplota okolního prostředí – čím je chladněji, tím rychleji tělo teplo ztrácí. Dále významnou roli hraje proudění vzduchu a vlhkost, které mohou tento proces urychlit či zpomalit. Také povaha podkladu, na němž mrtvola leží, má svůj vliv – například tělo uložené na chladné kovové ploše vychladne rychleji než na teplé textilií či zemi. Velikost a tělesná konstituce zemřelého rovněž ovlivňuje průběh chladnutí; děti, senioři a vyhublí jedinci mají menší tepelnou kapacitu a jejich tělo se ochlazuje rychleji než u dospělých s normální váhou.¹⁵

¹³ PILIN, Alexander a kolektiv. Soudní lékařství. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 55-56.

¹⁴ KVAPILOVÁ, Helena. Soudní lékařství pro právníky. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 40.

¹⁵ HIRT, Miroslav. Soudní lékařství. 1. díl. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6.

Za běžných pokojových podmínek, kdy teplota okolí dosahuje přibližně 18 až 22°C, je ochlazení těla na povrchu oblečených částí postřehnutelné dotykem přibližně 3 až 5 hodin po smrti. Nejpomaleji se udržuje teplo v hlubších částech těla, zejména v oblasti podbřišku, ledvin a genitálií, kde dochází k pomalejšímu úbytku tepla díky většímu množství tělesné hmoty a nižšímu kontaktu s okolím. Měřením rektální teploty, která klesá průměrně o 1 °C za hodinu¹⁶, lze získat důležité informace pro odhad doby úmrtí. Pokles teploty však není lineární; zpočátku probíhá rychleji, následně se zpomaluje a lze jej nejlépe modelovat pomocí sigmoidální křivky.

Pro přesnější odhad doby smrti se v praxi používá Henssgeho nomogram, který vyvinul německý soudní lékař Claus Henssge. Tento nástroj umožňuje zohlednit nejen aktuální teplotu v konečníku, ale také teplotu okolí, váhu těla, počet vrstev oblečení a další parametry.¹⁷ Nomogram je založen na výzkumech a empirických datech, přičemž pro situace, které se od standardních podmínek liší (například pohyb těla, průvan nebo odlišné oblečení), lze aplikovat korekční faktory.

Chladnutí těla po smrti není hladký a jednoduchý proces, ale závisí na celé řadě různých faktorů, které ovlivňují rychlost a průběh tohoto fenoménu. Praktická pozorování totiž ukazují, že chladnutí lidského těla nejlépe vystihuje sigmoidální křivka.¹⁸ To znamená, že teplota těla neklesá rovnoměrně, ale průběh poklesu má charakteristický tvar, kdy na začátku dochází k rychlému poklesu, který se postupně zpomaluje a v závěru opět mírně klesá. Tento komplexní průběh není snadné přesně popsat pomocí jednoduchých matematických modelů, a proto se při určování doby smrti často využívají speciální počítačové programy, které pomáhají s výpočtem na základě naměřených hodnot a korekčních faktorů.

Na povrchu těla navíc teplota klesá i díky ochlazování kůže odpařováním, což způsobuje, že teplota povrchu může být o 2 až 3 stupně nižší než okolní teplota vzduchu. Tento faktor je důležitý pro správné měření a interpretaci hodnot, protože odpařování se liší v závislosti na vlhkosti a dalších podmínkách prostředí.

¹⁶ NĚMEC, Jan; MAKOVEC, Petr; VANĚČEK, Václav a LIDMILA, Jan. Měření teploty zemřelého a odhad doby smrti. In: Kriminalistický sborník. 3. Praha: Kriminalistický ústav Praha Policie ČR, 2005, s. 52-55.

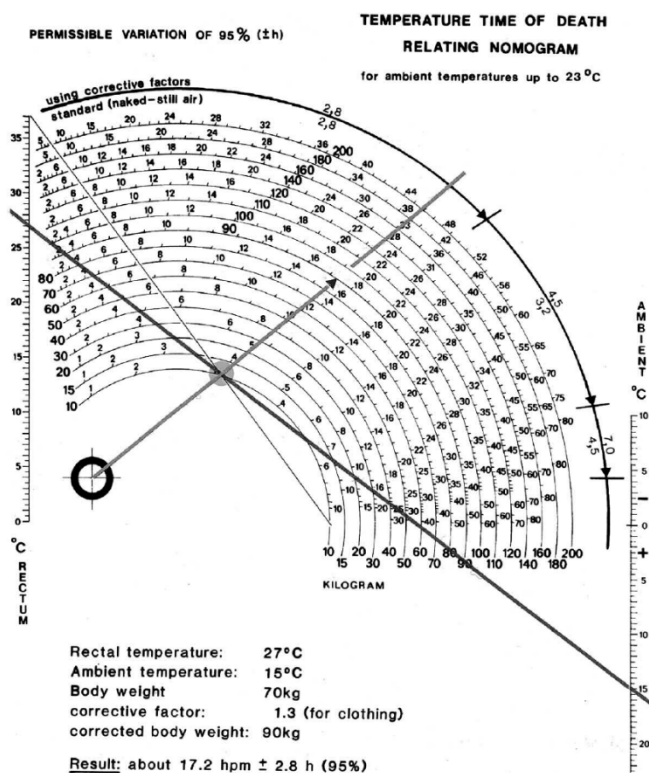
¹⁷ HENSSEGE, Claus, KNIGHT, Bernard (ed.). The estimation of the time since death in the early postmortem period. [1st ed.]. London: Edward Arnold, 2002. ISBN 0-340-71960-5.

¹⁸ HENSSEGE, Claus, KNIGHT, Bernard (ed.). The estimation of the time since death in the early postmortem period. [1st ed.]. London: Edward Arnold, 2002. ISBN 0-340-71960-5.

K úplnému vychladnutí těla ve volné přírodě za letních podmínek, kdy je teplota vzduchu přibližně mezi 18 až 22 °C, obvykle dochází během 8 až 10 hodin od smrti. To je však značně ovlivněno konkrétními okolnostmi, jako je proudění vzduchu, vlhkost nebo typ podložky, na které mrtvola leží. Naopak v zimním období, zejména pokud je tělo vystaveno mrazivým teplotám a leží například na sněhu, může být tato doba výrazně zkrácena – někdy dokonce na pouhých 30 minut až jednu hodinu.¹⁹ Takové extrémní ochlazení má zásadní vliv na přesnost stanovení doby smrti a je proto při posuzování výsledků nezbytné brát v úvahu i aktuální klimatické podmínky.

Pro praktické určení doby smrti se používá Henssgeho nomogram, který vyvinul lékař Claus Henssge. Tento nomogram je založený na přesných měřeních rektální teploty těla, váhy zemřelého, teploty okolního vzduchu a také počtu vrstev oblečení, které mohou zpomalovat nebo urychlovat ochlazování. Nomogram předpokládá standardní podmínky, tedy že tělo leží v natažené poloze, bez pohybu, při stabilním proudění vzduchu a dalších běžných parametrech. V případech, kdy tyto standardní podmínky nejsou splněny, se do výpočtu zahrnují tzv. korekční faktory, které Henssge určil na základě detailních a přesných výzkumů.

Obr. 1: Henssgeho nomogram²⁰



¹⁹ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. Soudní lékařství pro právníky a policisty. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 60.

²⁰ [Application of the nomogram-method]. In: <https://www.researchgate.net/> [online] Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Application-of-the-nomogram-method_fig1_8351057

Henssgeho nomogram je zvláště užitečný, pokud není možné provést jiné forenzní analýzy nebo testy k určení přesného času smrti. Umožňuje relativně rychle a poměrně přesně stanovit přibližný čas úmrtí, což je často rozhodující při vyšetřování.²¹ Přesto je nutné si uvědomit, že tento nástroj není stoprocentně přesný, protože výsledky mohou být ovlivněny nepřesnostmi v měření teploty nebo nedokonalým zohledněním všech vlivů prostředí. Například rychlé změny teploty okolí, způsobené špatným počasím nebo pohybem těla (např. přemístění mrtvoly), mohou odhad doby smrti významně zkreslit. Proto je vždy nutné použít nomogram v kontextu dalších dostupných informací z místa nálezu a celkových okolností případu.

3.1.2 Mrtvolná ztuhlost (*rigor mortis*)

Ztuhlost těla, odborně označovaná jako rigor mortis, představuje další z významných časných posmrtných změn, které mohou poskytnout důležité informace o době a podmínkách úmrtí. Tento proces je výsledkem biochemických reakcí ve svalových vláknech, které nastávají v důsledku zástavy krevního oběhu a tím i přerušení dodávky kyslíku do tkání.²² Po smrti dochází k vyčerpání energetických zásob buněk, zejména adenosintrifosfátu (ATP), jenž je nezbytný pro uvolňování aktinových a myozinových vláken ve svaích. Jakmile ATP dojde, vlákna zůstanou fixována v kontrahovaném stavu, což vede k charakteristické tuhosti svalů.²³

Ztuhlost obvykle začíná 1 až 2 hodiny po smrti, nejdříve v malých svalových skupinách, například ve svaích obličeje, čelisti a krku. Postupně se šíří směrem dolů na trup a končetiny. V plném rozsahu se rigor mortis rozvine zpravidla během 6 až 12 hodin. Tento stav trvá přibližně 24 až 48 hodin v závislosti na teplotě prostředí, fyzickém stavu zemřelého a dalších vnějších faktorech.²⁴ Poté tuhost ustupuje v důsledku začínajících procesů hniloby a enzymatického rozkladu tkání.

Mrtvolná ztuhlost neprobíhá nahodile, ale řídí se určitým pořadím šíření, které bylo popsáno již v 19. století francouzským lékařem Pierre-Hubertem Nystenem.

²¹ NĚMEC, Jan; MAKOVEC, Petr; VANĚČEK, Václav a LIDMILA, Jan. Měření teploty zemřelého a odhad doby smrti. In: Kriminalistický sborník. 3. Praha: Kriminalistický ústav Praha Policie ČR, 2005, s. 52-55.

²² TESÁŘ, Jaromír. Soudní lékařství. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

²³ KVAPILOVÁ, Helena. Soudní lékařství pro právníky. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 41.

²⁴ HIRT, Miroslav. Soudní lékařství. 1. díl. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6

Tento lékař formuloval tzv. Nystenovo pravidlo, které popisuje, že posmrtná ztuhlost se obvykle šíří ve směru shora dolů, tedy kraniokaudálně.²⁵ Nejprve se ztuhlost projeví v drobných svazech obličeje (oční víčka, čelist), následně v svalstvu krku, trupu, horních končetin a nakonec postihne svaly dolních končetin.

Podle stejného pořadí – tedy obráceně – dochází i k ústupu ztuhlosti, jakmile se tělo začne rozkládat. Tato znalost je pro forenzního lékaře velmi důležitá, protože umožňuje časově orientačně určit fázi rigor mortis, a tím i přibližný čas smrti. Odchytky od Nystenova schématu mohou navíc upozornit na neobvyklé okolnosti – například na předčasné přerušení ztuhlosti kvůli manipulaci s tělem, nebo na změny způsobené patologickými stavy.

Rigor mortis se může ve výjimečných případech vyskytnout i předčasně – například po náhlé, silně traumatizující smrti (např. elektrický proud, úraz, udušení) dochází k tzv. kataleptické ztuhlosti, která nastupuje téměř okamžitě po úmrtí. Naopak při vysokých teplotách, těžké svalové vyčerpanosti nebo onemocněních ovlivňujících metabolismus může být nástup ztuhlosti opožděn, nebo dokonce výrazně redukován.

Rigor mortis má pro forenzní analýzu také praktický význam při manipulaci s tělem – například znemožňuje některé pohyby během přepravy a ohýbání končetin. Pokud se posmrtná ztuhlost mechanicky naruší pohybem částí těla, může se po určité době opět obnovit. To ale neplatí pro svalová vlákna, která byla ve stavu mrtvolné ztuhlosti zvratně natažena. V praxi to znamená, že na horních končetinách se ztuhlost může obnovit, pokud byla narušena do 7 hodin po smrti, došlo-li však k narušení po 9 hodinách, k obnovení již nedochází.²⁶

Z odborného hlediska tedy ztuhlost představuje nejen indikátor fyziologických změn po smrti, ale i významný nástroj pro vyšetřovatele a soudní lékaře. Přesné pozorování průběhu rigor mortis, spolu s dalšími posmrtnými jevy, umožňuje sestavit časovou osu událostí a často přispívá k rekonstrukci okolností smrti.

²⁵ PILIN, Alexander a kolektiv. Soudní lékařství. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 60

²⁶ 6 HIRT, Miroslav. Soudní lékařství. 1. díl. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5680-6.

3.1.3 Posmrtné skvrny (*livores mortis*)

Vznik posmrtných skvrn má trojí charakter:

1. Účinek gravitace – vytváří se klesáním krve na nejnižše uložené části těla, tam, kde nejsou stlačeny podkožní cévy naléháním těla na podložku nebo oděvem;
2. Prosakování – krevní tekutina proniká z cév cévní stěnou mimo cévy, což má za následek zahušťování krve v cévách;
3. Hemolýza – uvolňování krevního barviva z rozpadajících se červených krvinek.

27

Podle toho, který z uvedených faktorů se v určitém časovém úseku na vývoji podílí, rozlišujeme tři stadia mrtvolných skvrn.

3.1.3.1 Stadium hypostázy

Vzniká při pokojové teplotě už za půl hodiny od úmrtí. V tomto stadiu se uplatní gravitační účinky a jsou patrné velice brzy. U člověka, který zemřel vleže jsou obvykle k vidění na bočních plochách krku a v oblasti beder. Po 3-6 hodinách po smrti je nalézáme v oblasti trupu, zadních plochách končetin.²⁸ Při otočení mrtvolky v prvních hodinách se skvrny přestěhují. Jsou zpravidla mapovitého charakteru. Později začínají splývat a jsou výraznější. Tyto mrtvolné skvrny lze zpočátku poměrně malým úsilím vytlačit prsty, snadno se poté obnovují.²⁹

3.1.3.2 Stadium posmrtné stázy

Toto stádium představuje pokročilou fázi vývoje posmrtných skvrn (*livores mortis*), které jsou důležitým indikátorem v odhadu doby smrti a orientačně také v identifikaci polohy těla po úmrtí. V tomto stádiu, typicky nastupujícím mezi 12. až 24. hodinou po smrti, dochází ke zvyšování stálosti posmrtného livoru, a to především v důsledku postupného zahušťování krve a prosakování krevních složek skrze cévní stěny do okolních tkání.³⁰

²⁷ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 61.

²⁸ TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

²⁹ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 61.

³⁰ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 62.

Na rozdíl od předchozí fáze fixace skvrn, kdy bylo možné je do určité míry stlačit či částečně přesunout například při změně polohy těla, v tomto stádiu již skvrny vykazují výrazně vyšší rezistenci vůči mechanickému tlaku. To znamená, že i když lze některé skvrny ještě částečně vytlačit, vyžaduje to mnohem větší sílu než v dřívější fázi. Skvrny se tak stávají téměř „ukotvené“ ve tkáni a běžný tlak prstu nestačí k jejich rozrušení.

Po uplynutí přibližně 24 hodin od smrti jsou již posmrtné skvrny natolik ustálené, že je nelze vytlačit vůbec, nebo pouze pomocí tvrdého předmětu, a i to pouze částečně. Tato trvalost je dána nejen sedimentací krevních elementů, ale především tím, že krevní plazma a další tekutiny se prosakují mimo cévní řečiště, což zanechává zbarvení v samotných tkáních. Tento jev se označuje jako hemolytický imbibitus, tedy prosáknutí tkáně barvivem uvolněným z rozpadlých červených krvinek.³¹

Z forenzního hlediska je stadium posmrtné stázy důležité nejen pro odhad stáří mrtvol, ale i pro posouzení možné manipulace s tělem po smrti. Pokud se například tělo nachází v poloze, která nekoresponduje s lokalizací a charakterem posmrtných skvrn, může to naznačovat, že s ním bylo po smrti hýbáno v době, kdy skvrny ještě nebyly fixovány – tedy před dosažením stáze.

Zároveň je třeba připomenout, že rozvoj posmrtné stázy může být ovlivněn vnějšími faktory, jako je například teplota prostředí, stav cévního systému zemřelého nebo přítomnost krevních chorob, které ovlivňují rychlost srážení a rozklad erytrocytů. V některých případech tak může dojít ke zrychlené nebo naopak zpomalené fixaci skvrn.

³¹ KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. Soudní lékařství pro právníky a policisty. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8, s. 62-63.

Obr.2: Posmrtné skvrny na zádech³²



3.1.3.3 Stádium posmrtné imbibice

Toto je poslední stádium vývoje mrtvolných skvrn. Vzniká po uplynutí 3 až 4 dnů po smrti člověka. V této fázi se uplatňuje faktor hemolýzy. Mrtvolné skvrny se stávají trvalými a dochází k prosvítání podkožních žil, které jsou nahnědle zbarvené. Skvrny mívají stromkovitě rozvětvené obrazce, jsou fixované a již nestlačitelné.³³

Při změně polohy těla v prvních 10-12 hodinách vymizí skvrny částečně, nebo úplně na původním místě a vytvoří se na novém – nejnižše položeném místě. Barva posmrtných skvrn je nejčastěji červenofialová. Při selhání oběhového systému nebo udušení mají skvrny modrofialovou až tmavě modrou barvu.³⁴ Pro tento typ úmrtí je také typické zamodrávání obličeje. Třešňově červené zabarvení je charakteristické pro otravu kyslíčnickem uhelnatým nebo morfinem, šedohnědá barva zase pro otravu nitrosloučeninami.³⁵

3.1.4 Zasychání kůže a sliznic

Jedná se o poslední typ časných posmrtných změn a vzniká ztrátou vody odpařující se z povrchu těla. Kůže zasychá nejdříve tam, kde je pokožka tenká anebo tam, kde došlo k poškození rohové vrstvy kůže. Zasychání lze nejlépe pozorovat na rtech, spojivkách a genitálu. Na rtech se tvoří žlutohnědý až temnohnědý proužek.

³² Zdroj vlastní; se souhlasem autorizované osoby.

³³ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 41.

³⁴ TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

³⁵ PILIN, Alexander a kolektiv. *Soudní lékařství*. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 62.

Podobný jev můžeme nalézt na šourku, stydkých pyscích, kolem řitního otvoru, v podpaží a pod ženskými řadry.

Na očních bulvách se zasychání projevuje v oblasti spojivky jen tehdy, pokud zůstaly oči po smrti otevřeny. Spojivka zasychá hnědě v podobě trojúhelníků směřujících základnou k rohovce. První známky takového zaschnutí je možné pozorovat již tři hodiny po smrti.³⁶

Obr. 3: Zasychání na spojovce a na rtu³⁷



Poškození rohové vrstvy kůže nemusí být patrné, pokud se provádí prohlídka těla těsně po smrti. Z toho důvodu může lékař při prohlídce přehlédnout stopy po rdoušení, strangulační rýhu apod. Poškození rohové vrstvy se projevuje právě až po vyschnutí pokožky, proto se také doporučuje na podezřelých místech použít vysoušeč vlasů k urychlení výskytu stop. Z tohoto důvodu se za 24 až 48 hodin po smrti může na těle zemřelého objevit více povrchných poranění kůže nežli hned po smrti.³⁸

3.2 Pozdní posmrtné změny

Vzhledem k tématu této bakalářské práce jsou přínosnější informace týkající se pozdních posmrtných změn, protože nastupují později po smrti a můžeme během nich spatřovat hmyzí zástupce. Pozdní posmrtné změny jsou procesy, které probíhají v těle po smrti, a to obvykle po několika hodinách až dnech.³⁹

³⁶ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 42.

³⁷ In: PILIN, Alexander a kolektiv. *Soudní lékařství*. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 58.

³⁸ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 42.

³⁹ TESAR, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

Tyto změny jsou důležité pro kriminalistiku, protože mohou poskytnout informace o příčině úmrtí, čase smrti, podmínkách, za kterých byla smrt způsobena, a dalších okolnostech. Pozdní posmrtné změny zahrnují především procesy hniloby, ale také další změny, které se objevují s postupujícím časem po smrti.

Tyto změny navazují, případně překrývají autolytické rozkladné procesy probíhající již od okamžiku smrti. Charakteristickým znakem je, že se na nich podílejí bakterie a jiné mikroorganismy.⁴⁰

3.2.1 Hniloba

Tento děj se počítá zpravidla v řádech měsíců a jde o anaerobní chemicky redukční děj, při němž jsou za účasti hnilobných bakterií rozrušovány organické substance těla. Hnilobný rozklad zprvu ovlivňuje střevní flóra, která se po smrti rychle pomnoží a pronikne do cévního systému. Bakteriálním rozkladem se z počátku vytváří hnilobné plyny, především metan, sirovodík, methylmerkaptan, amoniak a oxid uhličitý.⁴¹ Difuzí plynů dochází k nazelenalému zbarvení kůže hlavně v oblasti břicha. K tomu dochází obvykle 2-3 dny po smrti (v oblasti pravého podbřišku). Hnilobnými plyny se mrtvola může změnit k nepoznání. Kůže se stává slizkou, tvoří se v ní hnilobné puchýře vyplněné hnědočervenou tekutinou. Pokožka se později začíná odlučovat a postupem času odpadají vlasy, chlupy i nehty.⁴²⁴³

Obr. 4: Hnilobné vzednutí břicha a skorta, zelené mramorování podkožních cév⁴⁴



⁴⁰ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 43.

⁴¹ TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

⁴² DEKEIRSSCHIE, Jessica; STEFANUTO, Pierre-Hugues; BRASSEUR, Catherine a FOCANT, Jean-François. Enhanced Characterization of the Smell of Death by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry. Online. 2012. Dostupné z: National Library of Medicine, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039005>. [cit. 2025-01-12].

⁴³ PROKEŠ, Lubomír. *Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního rituálu ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami*. ÚAM FF MU Brno, 2007. ISBN 9789788095996, s.4

⁴⁴ In: PILIN, Alexander a kolektiv. *Soudní lékařství*. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 59.

Výrazné hnilobné změny jsou na těle zemřelého patrný v pokojové teplotě již po jednom týdnu⁴⁵, proto se po tomto období nedoporučuje rekognice blízkými pozůstalými v případě nejasné identifikace.

Přibližný časový postup hniloby ukazuje níže vytvořená tabulka. Doba postupu hniloby je pouze přibližná a záleží na vnějších okolnostech. Orientační pomůckou rozlišující dobu jednoho měsíce je přítomnost bílých krystalků aminokyselin na jaterním pouzdře, nebo přítomnost prázdných kulek hmyzu⁴⁶, což je relevantní právě při zkoumání v rámci forenzní entomologie.

⁴⁵ KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Dobrá Voda: A. Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2, s. 42.

⁴⁶ DEKEIRSSCHIETER, Jessica; STEFANUTO, Pierre-Hugues; BRASSEUR, Catherine a FOCANT, Jean-François. Enhanced Characterization of the Smell of Death by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry. Online. 2012. Dostupné z: National Library of Medicine, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039005>. [cit. 2025-01-12].

Tab. 1: Postup hniloby⁴⁷

POSMRTNÁ ZMĚNA	DOBA OD SMRTI
Zelené zbarvení podbřišku	2-3 dny
Přítomnost vajíček hmyzu	V létě hodiny
Larvy hmyzu	Dny
Prázdné kukly hmyzu	3-4 týdny
Hnilobné mramorování	3-5 dnů
Hnilobné zbarvení kůže celého těla	7 dnů
Hnilobný emfyzém podkoží	Týden
Hnilobný emfyzém tělesných orgánů	Týden
Difuze tekutin	Týden
Tvorba hnilobných puchýřů	Týden
Přítomnost krystalků aminokyselin	Měsíc
Zkapalnění tkání	Více než měsíc
plísně	2-3 měsíce

3.2.2 Tlení

Tlení je druhou fází dekompozice mrtvého těla, ta už se nepočítá na měsíce ale až na léta. Podstatou tohoto procesu jsou oxidační pochody, na kterých se podílí některé bakterie. Tyto pochody probíhají pomaleji, avšak rozrušují tkáň úplně do hloubky. Tlení vede k úplnému rozkladu těla obvykle 20 let po smrti.⁴⁸ Dobu smrti lze u zemřelého ve stavu pozdních posmrtných změn odhadnout velice těžko a možná proto také často s velkou nepřesností, právě zde mohou pomoci poznatky z forenzní entomologie. Za

⁴⁷ In: PILIN, Alexander a kolektiv. *Soudní lékařství*. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 61.

⁴⁸ TESÁŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 1985.

jeden až dva roky po smrti u mrtvoly pohřbené v zemi nacházíme otevřenou dutinu břišní s rozpadlými tkáněmi a orgány. Za delší dobu (7-10 let) zbydou z mrtvoly jen kosti, které jsou zcela rozvolněné a pokryté sypkou hmotou. V teplých měsících může být rozklad urychlen právě hmyzem nebo jinou zvěří.⁴⁹

⁴⁹ PROKEŠ, Lubomír. *Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního rituálu ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami*. ÚAM FF MU Brno, 2007. ISBN 9789788095996, s. 5.

4 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie představuje specializovaný obor kriminalistiky, který se zaměřuje na využití znalostí o hmyzu a dalších bezobratlých organismech při objasňování kriminálních případů a ověřování důkazů, zejména v rámci trestního a občanského práva. Ačkoliv její uplatnění sahá do více oblastí, nejčastěji se používá k odhadu doby úmrtí (tzv. post mortem interval, PMI), především u těl nalezených po delší době – typicky více než 72 hodin po smrti – kdy tradiční soudně-lékařské metody již neposkytují dostatečně přesné výsledky.⁵⁰ Mezi další praktické aplikace patří například analýza případů myiázy, tedy napadení lidského těla larvami much, často v důsledku zanedbané hygieny nebo při podezření na týrání zranitelných osob.⁵¹ Forenzní entomologii lze využít i při vyšetřování kontaminace potravin a krmiv hmyzími škůdci, což může mít důsledky jak zdravotní, tak právní.

Klíčovým prvkem entomologické analýzy je stanovení doby kolonizace mrtvoly tzv. nekrofágním hmyzem – ten napadá tělo v určitých časových fázích rozkladu, což umožňuje přibližně odhadnout dobu smrti. Dále může forenzní entomologie přispět k odhalení manipulace s tělem, jako je jeho přemístění, zakopání nebo naopak odkrytí. To se určuje například na základě rozdílů v druzích hmyzu nalezených na místě nálezu a na těle. Je třeba zdůraznit, že forenzní entomolog nestanovuje příčinu smrti ani nezkoumá samotné tělo. Jeho úkolem je analyzovat biologický materiál – hmyz – odebraný z těla či jeho okolí. Na základě druhového složení a vývojových stádií lze například usuzovat, zda bylo tělo transportováno z jiného prostředí, nebo zda došlo ke kontaminaci důkazů.⁵²

Zajímavým rozšířením forenzní entomologie je využití chemických analýz – například detekce přítomnosti drog, jedů či jejich metabolitů v těle pomocí hmyzu, který se živil rozkládající se tkání. To je velmi cenné zejména v případech, kdy je tělo již silně rozložené nebo se jedná pouze o kosterní pozůstatky.

⁵⁰ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 292.

⁵¹ 50 HUGO, Jan a VOKURKA, Martin. Velký lékařský slovník. 10. Praha: Maxdorf, 2015.

⁵² STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 292.

Tento obor tak nabízí jedinečné nástroje, které mohou zásadním způsobem přispět k objasnění případu. Podle profesora Grega Martina⁵³ lze díky výzkumům a rostoucí databázi případů považovat forenzní entomologii za mimořádně efektivní složku kriminalistické praxe. Využívá se nejen při objasňování vražd, ale také u sebevražd, nehod v přírodě a dalších nejasných úmrtí.⁵⁴ Uplatnění však najde i v případech zanedbání péče – jak u lidí, tak u zvířat.

Příkladem může být případ, který popisuje Madison Lee Goff⁵⁵: díky přítomnosti a identifikaci larev druhu *Chrysomya megacephala* ve špinavých plenkách bylo možné usvědčit matku batolete ze závažného zanedbání péče. Tento případ dokládá, že forenzní entomologie má potenciál sehrát klíčovou roli i v oblasti sociálně-právní ochrany.

4.1 Historie forenzní entomologie

Za jeden z prvních historicky doložených případů, kdy hmyz napomohl odhalení pachatele, je považováno vyšetřování vraždy na rýžovém poli v Číně. Tento případ, datovaný do 13. století, zaznamenal císařský vyšetřovatel Sung Cch' (Sung Tz'u) ve svém díle *Vymítání zla (Hsi Yuan Chi Lu)*⁵⁶, lze ho tak považovat za jeden z nejstarších pramenů užití této forenzní vědy.

Obětí byl místní rolník, jenž byl usmrcen srpem – běžným zemědělským nástrojem, který tehdy vlastnil prakticky každý obyvatel vesnice. Vzhledem k tomu, že bylo třeba určit konkrétní vražednou zbraň z velkého množství – jednalo se přibližně o 70 až 80 srpů – stála před vyšetřovatelem obtížná úloha: jak mezi vizuálně identickými a na první pohled čistými nástroji odhalit ten, který byl použit při činu.

⁵³ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. Forenzní entomologie a její využití v kriminalistické praxi the use forensic entomology in criminalistic practice. Online. Brno, 2015. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICKE_PRAXI THE USE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN CRIMINALISTIC PRACTICE.

⁵⁴ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 293.

⁵⁵ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. Forenzní entomologie a její využití v kriminalistické praxi the use forensic entomology in criminalistic practice. Online. Brno, 2015. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICKE_PRAXI THE USE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN CRIMINALISTIC PRACTICE.

⁵⁶ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 293.

Vyšetřovatel proto rozhodl, aby všichni podezřelí předložili své srpy ke kontrole. Přestože byly všechny důkladně očištěné, pouze na jeden z nich okamžitě začaly sedat mouchy. Ty byly přilákány nepatrnými zbytky zaschlé krve, které unikly lidské pozornosti, ale byly pro hmyz neklamným signálem. Tento moment sehrál klíčovou roli – majitel označeného srpu se nakonec pod tíhou nepřímého, avšak přesvědčivého důkazu přiznal k vraždě.⁵⁷

Z pohledu dnešní kriminalistiky působí tento případ až překvapivě moderně. Ve své podstatě šlo o využití biologického indikátoru ke zjištění přítomnosti biologické stopy – což dnes běžně provádíme s využitím chemických látek (např. luminolu) pro odhalení stop krve, nebo pokročilých metod DNA analýzy. Rozdíl je pouze v nástroji, ne v myšlenkovém postupu. Vyšetřovatel využil chování hmyzu jako prostředku k detekci neviditelné stopy – tedy principu, který je i v současnosti základem forenzní práce. Případ tak dokazuje, že některé kriminalistické přístupy mají své kořeny mnohem hlouběji v historii, než bychom možná čekali.

Rozšíření poznatků o forenzní entomologii lze následně zaznamenat při hromadných exhumacích, konkrétně v průběhu 18. a 19. století ve Francii a Německu. Například francouzští lékaři Mathieu Orfila a Octave Lesueur pozorovali vztah mezi červy a rozkládajícími se těly. V roce 1881 na tyto poznatky navázal německý lékař Hermann Reinhard. Ten popsál, že na rozkladu pohřbených těl se podílí různé druhy hmyzu. Jeho předmětem zájmu byla především čeleď hrbilkovití (*Phoridae*), protože tyto drobné mušky pravidelně kolonizovaly pohřbené mrtvoly.⁵⁸

První novodobý případ forenzní entomologie, který zahrnoval stanovení doby smrti, byl publikovaný francouzským lékařem Louisem Bergetem⁵⁹ v roce 1855. Jednalo se o případ, kdy se v bytě, v němž se postupně vystřídalo několik rodin, našlo tělíčko mrtvého novorozence. Berget při svém zkoumání puparií much a housenek molů dokázal zpětnou reprodukci vývojových cyklů určit přibližnou dobu smrti, a tak usvědčit rodinu, která v tu dobu v bytě bydlela.

⁵⁷ BASS, William M. a JEFFERSON, Jon. Kde mrtví promlouvají: pohled do zákulisí legendární forenzní laboratoře známé jako Umrličí farma. Praha: Volvox Globator, 2009, ISBN 978-80-7207-746-5, s. 103.

⁵⁸ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 293.

⁵⁹ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. *FORENZNÍ ENTOMOLOGIE A JEJÍ VYUŽITÍ V KRIMINALISTICKÉ PRAXI THE USE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN CRIMINALISTIC PRACTICE*. Online. Brno, 2015. Dostupné

z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNÍ_ENTOMOLOGIE_A_JEJÍ_VYUŽITÍ_V_KRIMINALISTICKÉ_PRAXI_THE_USE_OF_FORENSIC_ENTOMOLOGY_IN_CRIMINALISTIC_PRACTICE.

Obrovský zlom ovšem nastal v roce 1894, kdy francouzský lékař Jean Pierre Mégnin vydal svoji práci „Fauna mrtvolná“ (*La Faune des Cadavres*). V tomto díle popisoval, že mrtvoly jsou kolonizovány hmyzem v předvídatelném pořadí, které lze rozdělit do sukcesních vln.⁶⁰ Což v praxi znamená, že se dá (zpětně) určit alespoň přibližná doba smrti. Uváděl, že volně exponovaná těla se rozkládají v osmi vlnách a pro pohřbené mrtvoly jsou typické dvě.

Poznatky francouzského lékaře doplnili v roce 1895 ještě dva kanadští vědci – Wyatt Johnston a Geoffrey Villeneuve. Ti dokázali, že Mégninovy závěry nelze brát všeobecně, protože průběh rozkladu se liší v různých klimatických podmínkách, což byla také velice průlomová myšlenka.

Skutečný rozmach tohoto oboru nastal po druhé světové válce, kdy se jím začalo zabývat značné množství vědců, lékařů a kriminalistů. V současné době je v mnoha státech světa forenzní entomologie již běžnou součástí vyšetřování.⁶¹

Na území tehdejšího Československa se první doložené využití entomologických poznatků v kriminalistice objevilo až v roce 1953. Průkopníkem tohoto přístupu byl prof. Dr. Jan Obenberger, který ve své odborné práci s názvem *Hmyz a kriminalistika – Zjišťování doby smrti podle působení hmyzu na tělo* položil základy forenzní entomologie u nás. I když šlo zpočátku spíše o ojedinělé případy, v nichž byla metoda využita, zájem o ni postupně narůstal.⁶²

Výraznější rozmach nastal až v 70. letech 20. století, kdy se forenzní entomologie začala prosazovat ve větším měřítku. Hlavními osobnostmi této etapy byli JUDr. Ladislav Daněk, RNDr. Milan Laupy a prof. Dr. Ing. Dalibor Povolný – odborníci, kteří nejen systematicky rozvíjeli aplikaci entomologie v kriminalistické praxi, ale zároveň přispěli k jejímu zakotvení v odborném diskurzu.⁶³ Jejich poznatky jsou relevantní dodnes a tvoří základ, na kterém současná domácí forenzní entomologie staví.

⁶⁰ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 293.

⁶¹ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. *FORENZNÍ ENTOMOLOGIE A JEJÍ VYUŽITÍ V KRIMINALISTICKÉ PRAXI THE USE OF FORENSIC ENTOMOLOGY IN CRIMINALISTIC PRACTICE*. Online. Brno, 2015. Dostupné

z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICE_PRAXI_THE_USE_OF_FORENSIC_ENTOMOLOGY_IN_CRIMINALISTIC_PRACTICE.

⁶² STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 293-294.

⁶³ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 294.

Přesto však zůstává tento obor v České republice personálně velmi omezený. V současnosti je na našem území jediná plně kvalifikovaná forenzní entomoložka – paní Hana Šuláková z Kriminalistického ústavu Praha. Ročně vypracuje přibližně čtyřicet odborných posudků, čímž významně přispívá k objasňování vybraných trestných činů.

Tato situace ilustruje, jak náročné je udržet specializovaný obor v chodu při omezených personálních a institucionálních kapacitách. Ačkoli je forenzní entomologie ve světě respektovanou a běžně využívanou disciplínou, u nás zatím zůstává doménou jednotlivců. Právě to však ukazuje, jak velký potenciál má tento obor do budoucna – a jak důležité bude podpořit jeho rozvoj prostřednictvím systematické výuky, výzkumu a odborného zázemí.

4.2 Základní principy forenzní entomologie

Základním principem forenzní entomologie je stanovení minimální doby od smrti, známé jako PMI (Post Mortem Interval). Tento údaj má v rámci vyšetřování podezřelých nebo nevysvětlených úmrtí zásadní význam, protože může napomoci k ověření výpovědi svědků, vytvoření časové osy událostí nebo identifikaci momentu, kdy k úmrtí skutečně došlo.

Odhad PMI je založen především na analýze hmyzu, který kolonizuje lidské tělo krátce po smrti – zejména se jedná o larvální a kuklová stadia některých druhů dvoukřídlého hmyzu (Diptera). Nejčastěji se jedná o mouchy z čeledi *Calliphoridae*, mezi něž patří například rody *Calliphora* a *Lucilia*.⁶⁴ Tyto druhy patří k prvním, které na tělo přilétají, a kladou vajíčka do přirozených tělních otvorů nebo ran. Z vajíček se za určitých podmínek velmi rychle líhnou larvy, které se živí rozkládající se tkání.

Klíčovým faktorem ovlivňujícím vývoj těchto organismů je teplota okolního prostředí. Larvální vývoj je totiž přímo závislý na teplotě – čím je vyšší, tím rychleji probíhá. Právě díky znalosti teplotních nároků jednotlivých druhů a délky jejich vývoje je možné přibližně určit, jak dlouho se hmyz na těle nachází, a tedy i odhadnout, kdy k úmrtí došlo. Do výpočtu se dále zohledňují i další environmentální faktory, jako je vlhkost, přístup vzduchu, expozice slunci, nebo přítomnost oblečení.

⁶⁴ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. Forenzní entomologie a její využití v kriminalistické praxi the use of forensic entomology in criminalistic practice. Online. Brno, 2015. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICKE_PRAXI_THE_USE_OF_FORENSIC_ENTOMOLOGY_IN_CRIMINALISTIC_PRACTICE.

Z entomologického hlediska se tedy nejedná o přímé určení doby smrti, ale o biologický důkaz, který odráží časový průběh kolonizace těla hmyzem. Tento přístup představuje jeden z mála použitelných způsobů stanovení PMI ve chvíli, kdy tradiční metody – jako je posouzení tělesné teploty, ztuhlosti nebo rozkladu – již selhávají, typicky po 72 hodinách od smrti.

Pomocí analýzy přítomnosti specifických druhů hmyzu a vývojových stádií těchto organismů lze vyšetřovatelům poskytnout důležitý odhad o době smrti, což může být zásadní pro určení časového rámce událostí spojených s úmrtím. Nicméně forenzní entomologie neodpovídá pouze na otázku „kdy“ došlo k úmrtí, ale rovněž může odpovědět na další důležité otázky, které mohou vyvstat během vyšetřování.

Forenzní entomologie může také pomoci identifikovat přítomnost traumat na těle, což je obzvlášť důležité při posuzování příčin úmrtí.⁶⁵ Některé druhy hmyzu mohou být přitahovány k těm částem těla, které vykazují známky zranění, například otevřené rány, které mohou být způsobeny například bodnutím nebo řeznými ranami. Tato analýza hmyzu může také odhalit, zda byla zranění způsobena před smrtí nebo až po ní.

Využití bezobratlých (*Invertebrata*), kteří mj. tvoří cca 95% všech živočišných druhů, při upřesnění doby smrti a při zjišťování dalších okolností je založeno na několika principech, z nichž je nejvýznamnější zákonitost potravinových vztahů a předem definovaný průběh sukcese (postupná kolonizace) při rozkladu těl v jednotlivých prostředích.⁶⁶ Základní vazbu mezi mrtvým lidským tělem a nekrobiontními druhy bezobratlých představují potravní vztahy, protože bílkoviny z mrtvého těla jsou pro kolonizátory snadno dostupnou, lehce stravitelnou a kvalitní zásobou potravy. Postupné ožírání mrtvol má tak markantní význam na jejím rozkladu.

⁶⁵ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>. s. 250.

⁶⁶ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>. S. 250.

Souhrnně se bezobratlí živočichové vázaní na mrtvá těla označují jako nekrobionti. Ty lze dle Kennetha G. V. Smithe⁶⁷ rozdělit celkem do čtyř biologických skupin. První skupinu tvoří samotní nekrofágové a saprofágové, kteří se živí přímo tkáněmi mrtvého a jsou nejdůležitější skupinou živočichů využívanou ve forenzní entomologické praxi.⁶⁸ Nekrofág neboli mrchožrout je označení pro živočišný druh, který se živí uhynulými organismy (neloví je nebo je nedokáže ulovit), oproti tomu saprofág je heterotrofní organismus (často označovaný jako rozkladač), získává energii z organických látek odumřelých organismů nebo jejich částí. Jejich přítomnost, respektive vývoj je vázán na přítomnost mrtvého těla v dané lokalitě. Druhou skupinou jsou predátoři a parazitoidi nekrofágních a saprofágních druhů.⁶⁹

Predátor neboli dravec je živočich, který loví a usmrcuje jiné živočichy a živí se na nich. Za parazitoida se označuje organismus, který se vyvíjí v těle nebo buňkách jiného organismu a na konci tohoto vývoje svého hostitele usmrcuje a často i zkonsumuje.

Mívají velice často úzkou vazbu na mrtvá těla z důvodu přítomnosti jejich kořisti nebo hostitele. Třetí skupinou jsou omnivoři, kteří se živí jak tkáněmi mrtvého, tak hmyzími kolonizátory a jejich význam je vyšší jen tehdy, pokud se na mrtvole také rozmnožují. Poslední ekologická skupina zahrnuje spíše příležitostně zastoupené druhy bezobratlých, například chvostoskoky, pavouky a měkkýše, kteří se v daném prostředí vyvíjí bez ohledu na přítomnost mrtvého těla.⁷⁰ Jejich význam není tak velký, přesto mohou v některých případech do značné míry ovlivnit průběh sukcese, jedná se ale o ojedinělé případy.

⁶⁷ SMITH, Kenneth G. V. A Manual Of Forensic Entomology. London. British Museum. 1986, ISBN: 0-565-00990-7.

⁶⁸ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 294.

⁶⁹ SMITH, Kenneth G. V. A Manual Of Forensic Entomology. London. British Museum. 1986, ISBN: 0-565-00990-7, s.13.

⁷⁰ SMITH, Kenneth G. V. A Manual Of Forensic Entomology. London. British Museum. 1986, ISBN: 0-565-00990-7, s. 14.

Rozdělení do těchto skupin však není úplně přesné, protože jak sám Smith uvádí⁷¹, některé druhy představují tzv. přechodový stupeň mezi jednotlivými skupinami. Ukázkovým příkladem je bzučivka *Chrysomia Albiceps*, nebo mouchy rodu *Hydrotaea* (*Muscidae*). Larvy tohoto hmyzu se v první etapě mohou živit jako nekrofágové, případně saprofágové vytékající rozkladnou tekutinou, ale od druhé nebo třetí etapy vývoje se stávají dravými a loví larvy ostatních zástupců much. Vzájemný kanibalismus zde není výjimkou.⁷²

Další významnou skutečností je dlouhodobé zachování hmyzí kutikuly (exoskeletu) v přírodě. Součástí těchto kutikul u dospělců, larev, kukel a puparií hmyzu je chitin, který mu dává značnou odolnost vůči klimatickým podmínkám.⁷³ Chitin je netoxický polysacharid a hned po celulóze, které je svým složením velmi podobný, druhým nejrozšířenějším polysacharidem.⁷⁴ Jak již bylo zmíněno, kutikula členovců, je u některých živočichů zpevněna a přeměněna pomocí minerálních látek v exoskelet. Pro kriminalistickou praxi je významné, že při nálezů lidské mrtvoly v jakékoli fázi rozkladu, dokonce i při kosterním nálezů, je možné podle odolných fragmentů hmyzu získat informace o většině druhů, které se na rozkladu mrtvoly podílely, a tak zpětně zjistit celý průběh sukcese.

Poslední, ale neméně důležitou zásadou forenzní entomologie je, že nekrobionti se na mrtvole nevyskytují současně, ale tělo kolonizují postupně v závislosti na aktuálním stádiu rozkladu. Tento postupný nástup organismů probíhá ve formě tzv. sukcesních vln, kdy jednotlivé druhy a skupiny hmyzu přicházejí na tělo v přesně určeném časovém pořadí.⁷⁵ Tento jev představuje základní princip sukcese, který umožňuje forezním entomologům detailně mapovat časový průběh rozkladu a tím přesněji určit dobu smrti. Proto je tomuto fenoménu věnována samostatná kapitola, kde je sukcese včetně sukcesních vln popsána podrobněji.

⁷¹ SMITH, Kenneth G. V. A Manual Of Forensic Entomology. London. British Museum. 1986, ISBN: 0-565-00990-7, s. 14.

⁷² ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-když-smrt-je-zacatek.html>. S. 250.

⁷³ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-když-smrt-je-zacatek.html>. S. 251.

⁷⁴ SINICA, Andrej. Přírodní a modifikované polysacharidy. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2021. ISBN 978-80-7592-089-8.

⁷⁵ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 294.

5 Proces zvaný sukcese

Sukcese je nesezónní, směřovaný a kontinuální proces postupné kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů na určité lokalitě. Tento koncept popsal již v roce 1916 americký ekolog Frederic Edward Clements, který jej definoval jako přirozený sled změn v biologické skladbě společenstev.⁷⁶ V kontextu forenzní entomologie sukcese představuje zákonitý sled nástupu a ústupu různých druhů hmyzu a dalších organismů během jednotlivých fází rozkladu mrtvoly.

Tento vzorec je natolik charakteristický, že při dostatku teoretických znalostí a praktických zkušeností lze podle druhu a stádií přítomného hmyzu usuzovat na délku časového intervalu od úmrtí, respektive počátku rozkladu těla. Sukcese tak tvoří jeden z pilířů, na kterých je založeno přesné stanovení minimální doby po smrti (PMI).

Počátkem každé sukcese je prázdné místo, které může být obsazeno novými organismy – v našem případě lidská mrtvola, jež se stává součástí biotopu, ve kterém leží. Postupně je kolonizována jednotlivými skupinami hmyzu, které jsou typické pro dané prostředí a konkrétní stupeň rozkladu.⁷⁷

Znalost průběhu sukcese je proto klíčovým nástrojem při určování minimální doby od smrti (PMI), protože poskytuje cenné informace nejen o stavu těla, ale i o okolních podmínkách. Hmyz totiž následuje pevně danou časovou posloupnost kolonizace, která je úzce propojena s postupem rozkladu a změnami v prostředí. Tímto způsobem lze rekonstruovat průběh událostí po úmrtí a zpřesnit časovou osu celého případu.

Unikátním znakem sukcese lidského těla je její dočasné trvání a rychlý průběh. Zejména v počátečních fázích je přechod natolik rychlý, že každá vlna zahrnuje pouze jednu generaci jednoho daného druhu nebo skupiny druhů, kde nově vylíhlá imaga (dospělí jedinci) prvních kolonizátorů, která se na mrtvole vyvinula, ji často nalézají v pokročilém stádiu rozkladu, že pro ně není vhodná k opětovnému kladení. Z tohoto důvodu často odlétají kolonizovat jiný objekt.

⁷⁶ ŠULÁKOVÁ, Hana. Speciální biologie: Využití hmyzu při stanovení post mortem intervalu. Kriminalistický sborník. 2006. 3., s. 36-37.

⁷⁷ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 252.

V pozdějších fázích se rozklad zpomaluje, může se tak objevit i několik po sobě následujících generací téhož druhu, kdy nově vylíhlá imaga opětovně kladou na stejnou mrtvolu. I v takovém případě je počet na sebe navazujících generací stále relativně nízký a relativně přesně definovatelný. Výjimku představují těla ve specifických podmínkách, za ty můžeme považovat například těla pohřbená nebo mumifikovaná – v těch je proces rozkladu tak zpomalen, že určitý druh může setrvat na mrtvole až několik desítek generací.⁷⁸

Tyto specifické podmínky často znemožňují přístup jiným druhům, čímž se sukcese postupně zužuje na úzký okruh organismů schopných přežít v daném prostředí. Konečným stádiem sukcese je tzv. klimax – fáze, kdy na těle zůstávají již pouze kosterní pozůstatky, které pro nekrobionty ztrácejí atraktivitu.⁷⁹ V tomto stádiu je společenstvo hmyzu stabilní a neměnné, což odráží ukončení procesu rozkladu a přechod do dlouhodobé rovnováhy.

Ve forenzní praxi představuje klimax situaci, kdy je tělo tak rozložené, že již neprobíhá aktivní kolonizace hmyzem. Například při kosterních nálezech se objevují především specializovaní brouci a další organismy, kteří se živí suchými zbytky tkání či keratinem. Identifikace těchto druhů a jejich přítomnost může pomoci určit, že od úmrtí uplynul značný čas, a zároveň může poskytnout informace o podmínkách prostředí, ve kterém bylo tělo uloženo.

⁷⁸ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 252.

⁷⁹ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 252.

5.1 Sukcesní vlny

Prvním, kdo podrobně popsal proces rozkladu lidského těla prostřednictvím sukcese hmyzu, byl Jean-Pierre Mégnin. Ve své práci identifikoval, že celý tento proces může trvat až několik let, přičemž jej rozdělil do osmi jasně vymezených fází.⁸⁰ Tyto fáze, známé jako sukcesní vlny, představují postupný nástup a ústup různých druhů hmyzu a dalších organismů, které kolonizují tělo v průběhu rozkladu. Mégninovo rozdělení poskytuje základní rámec, na němž staví moderní forenzní entomologie při určování minimální doby po smrti (PMI) a analýze okolností úmrtí, a je následující:

- Čerstvé tělo
- Počátek rozkladu
- Zmýdelnění
- Sýrovatění
- Ztekucování zbytků
- Vysušené zbytky
- Trouchnivění

V pozdějších letech byla tato stupnice upravována a redukována. M. E. Fuller v roce 1934 navrhl pouze tři fáze: čerstvé tělo, hniloba a vysoušení zbytků. Z jednotlivých ekologických pozorování je však zjevné, že rozhodujícím faktorem, jestli celý proces proběhne ve 3 či v 5, 6, nebo až 8 vlnách, zůstává především oblast, v níž k rozkladu dochází (např. v jižní Evropě, kde obecně panují vyšší teploty, postupuje rychleji a sukcesních vln je méně). Kromě regionu mají vliv také roční období na počátku sukcese.⁸¹

Podle druhů hmyzu, které na mrtvých tělech nalezneme, a zároveň s ohledem na specifické podmínky prostředí a postup rozkladu, rozlišujeme několik základních typů nálezů: mrtvoly volně exponované na otevřeném prostranství, v uzavřených prostorách, pohřbené a ve vodním prostředí. Každý z těchto typů představuje odlišné podmínky rozkladu, což se významně odráží ve složení a zastoupení hmyzu na mrtvole.

⁸⁰ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 252.

⁸¹ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 253.

Průběh kolonizace těla je pro každý typ prostředí do značné míry předvídatelný a charakteristický. Proto jakékoli odchylky od běžného vzorce kolonizace často signalizují vnější zásah, například přesun těla, manipulaci nebo přítomnost chemických látek.⁸² Forenzní entomologie tak může kromě stanovení doby smrti rovněž poskytovat důležité informace o okolnostech úmrtí a dalších faktorech, které ovlivnily rozklad. Navíc lze do určité míry detekovat vliv chemikálií či fyzikálních faktorů na rozklad těla v počátečních fázích procesu.

V oblastech mírného pásu, tedy i v ČR, zpravidla rozlišujeme 6 stadií, jejichž základem je stupnice, kterou navrhli J. A. Payne a D. A. Crossley v r. 1966. Jednotlivé fáze definuje stupeň rozkladu těla, na nějž reagují specifické druhy. Níže popisované fáze budou spjaty k pozorování na mrtvolách volně exponovaných v terénu.⁸³ Tento typ je skvělým příkladem, protože jsou nastoleny ideální podmínky – volná příroda, zemský povrch, žádné překážky pro hmyz.

5.1.1 První sukcesní vlna

První sukcesní vlna představuje počátek sukcese, která nastává bezprostředně po smrti jedince, a v některých ojedinělých případech může začít ještě před samotnou smrtí nebo během umírání. V této fázi se na mrtvole objevují především dvě skupiny bezobratlých.

Do první skupiny patří zástupci blanokřídlých (*Hymenoptera*), zejména vosy a mravenci, kteří se živí přímo tkáněmi mrtvého organismu. Tito živočichové se na těle vyskytují pouze jako dospělci, a to jen po nezbytně nutnou dobu, kdy přijímají potravu. Z tohoto důvodu nemají z pohledu stanovení doby kolonizace výrazný význam. Klíčovou skupinou pro určení začátku kolonizace jsou mouchy z čeledi bzučivkovitých (*Calliphoridae*). Z 61 druhů této čeledi známých v České republice je z forenzního hlediska relevantních přibližně 13 druhů. Mezi nejčastější patří zelené bzučivky rodu *Lucilia*, zejména *Lucilia sericata* a *Lucilia caesar*, dále modré bzučivky rodu *Calliphora*, například *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitoria*, a také druhy *Protophormia terraenovae* a *Phormia regina*.⁸⁴

⁸² STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 295.

⁸³ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 253.

⁸⁴ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 296.

Přítomnost a vývoj larev těchto druhů je zásadní pro přesné stanovení minimální doby po smrti. Na jedné mrtvole se zpravidla současně vyvíjí dva až pět druhů bzučivek, jeden až dva druhy v dominantním postavení, zatímco ostatní pouze v omezeném počtu jedinců.

Zastoupení a vzájemný poměr druhů závisí také na ročním období, ve kterém rozklad započal. Významné však je, že dospělci much se samotnou mrtvolou neživí, jsou pouze nekrofilní. Zdroj jejich potravy tvoří nektar květů, medovice mšic, šťávy z přezrálého ovoce atd.⁸⁵

Na mrtvém těle sice mohou „lízat a sát“ krev a další tekutiny, jde však pouze o příležitostný zdroj potravy, jenž vyhledávají zejména samičky, aby získaly proteiny potřebné k dozrání vajíček v těle.⁸⁶ Atraktantem, který láká první kolonizátory je krev, zvratky, exkrementy, sperma, hnilobný zápach z ran, které vznikly ještě za života (gangrény – odumřelá tkáň modifikované druhotnými změnami⁸⁷ a infikované rány). Mouchy kladou vajíčka do těchto ran nebo do krví nasáklého oděvu a u intaktních mrtvol (bez krvácivého zranění) tam, kde je vlhko čili na přístupné sliznice očí, úst, nosu, uší, urogenitálního traktu a konečníku. Nejoblíbenější jsou nosní dírký a ústa, protože se z nich linou různé pachy.⁸⁸ U intaktních mrtvol může nastat situace, že hmyz na přítomnost mrtvého zpočátku nereaguje a v těle probíhá pouze bakteriální rozklad.⁸⁹

⁸⁵ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 253.

⁸⁶ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 253.

⁸⁷ HUGO, Jan a VOKURKA, Martin. *Velký lékařský slovník*. 10. Praha: Maxdorf, 2015. ISBN 978-80-7345-456-2.

⁸⁸ FERLLINI, Roxana. *Němý svědek*. Přeložil Karel KOPIČKA. Praha: Mladá fronta, 2007. ISBN 978-80-204-1652-0, s. 77.

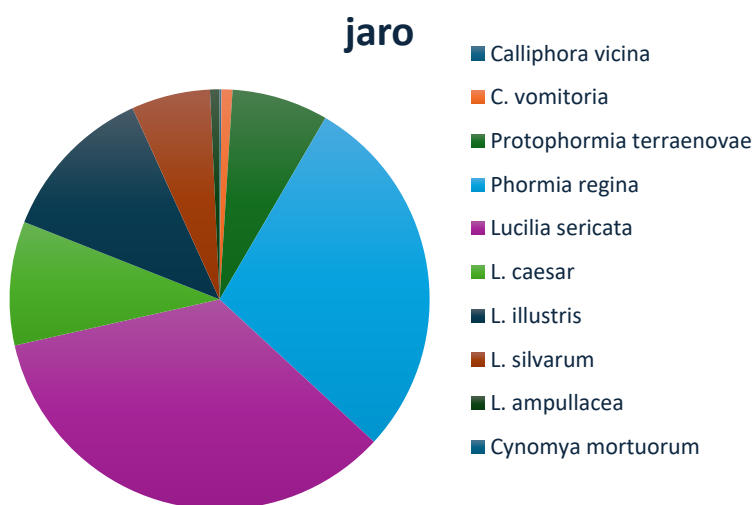
⁸⁹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 297.

obr. 5: Mrtvola s nakladenými vajíčky v dutině ústní⁹⁰



Druhová skladba bzučivek (Calliphoridae) při počátku kolonizace volně přístupného mrtvého těla na jaře (1) a v létě (2).⁹¹

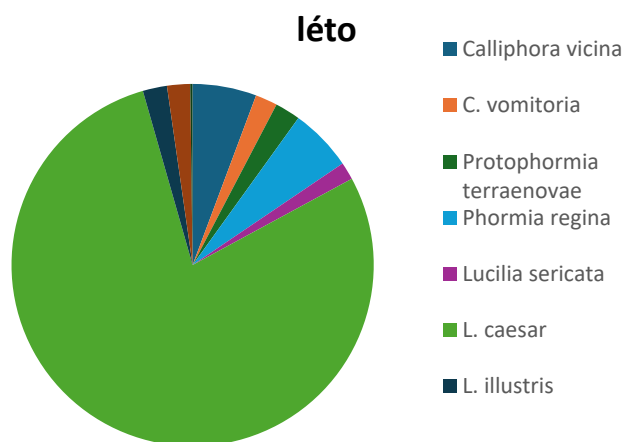
Graf 1



⁹⁰ Zdroj vlastní; se souhlasem autorizované osoby

⁹¹ Upraveno dle OLEKSAKOVA, Tereza; KLIMESOVA, Vanda; SULAKOVA, Hana a BARTAK, Miroslav. *Sepsidae (diptera) associated with animal and human decomposition in the czech republic*. Online. Praha: Department of Zoology and Fisheries Czech University of Life Sciences Prague, 2016.

Graf 2



5.1.2 Druhá sukcesní vlna – nadmuté tělo

Ve druhé sukcesní vlně dochází k výrazným fyziologickým změnám těla, které souvisejí s činností mikroorganismů, především bakterií střevní mikroflóry. Ty začínají po smrti intenzivně rozkládat měkké tkáně a přitom produkují hnilobné plyny, jako je sirovodík, metan či amoniak, které se hromadí v tělesných dutinách a způsobují nadmutí těla.⁹² Za teplého letního počasí může tento proces nastat již během několika hodin po úmrtí. Hnilobné plyny zároveň působí jako silné chemické atraktanty pro další druhy hmyzu, čímž přitahují nové kolonizátory.

K již přítomným bzučivkám (*Calliphoridae*), které dominovaly v první vlně, se nyní přidávají další forenzně významné čeledi. Nejvýrazněji se objevují zástupci čeledi masařkovitých (*Sarcophagidae*), kteří často kladou již vyvinuté larvy přímo na tělo, čímž zkracují dobu potřebnou k zahájení rozkladu. Nově se zde vyskytují také zástupci čeledi moučovitých (*Muscidae*)⁹³, jejichž larvy se rovněž podílejí na spotřebovávání tělesných tkání.

⁹² PILIN, Alexander a kolektiv. Soudní lékařství. Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5013-5, s. 54.

⁹³ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 298.

Tato fáze bývá z hlediska aktivity hmyzu velmi dynamická, a právě kombinace různých čeledí a stádií jejich vývoje představuje důležitý ukazatel postupu rozkladu a zároveň nástroj pro přesnější odhad PMI.

V oblastech mírného pásu nepředstavují běžné zástupce na lidských mrtvolách, proto se nejen v České republice, ale také v sousedním Slovensku, Polsku a Německu, setkáváme s jejich larvami na těle volně exponovaných mrtvol, zcela výjimečně. Konkrétně masařky můžeme najít nejčastěji na tělech nalezených v bytech a jiných uzavřených prostorech. Šuláková uvádí⁹⁴, že za forenzně relevantní lze považovat až 25 druhů masařek. Nejběžnějším druhem je *Sarcophaga argyrostoma*, která může činit až drtivých 95 % nálezů masařek v bytech. Z ostatních druhů můžeme okrajově zmínit třeba *S. africa*, *S. albiceps*, *S. canaria*. Larvy masařek jsou omnivorní, proto se živí nekrofágní tkáněmi mrtvého, ale také dravě, kdy loví larvy bzučivek.⁹⁵

Z moučovitých je typickým druhem pro druhou fázi rod *Muscina*. Z tohoto rodu pak zástupci druhu *M. levida*, *M. pascuorum*, *M. stabulans*. Navzdory tomu, že se v literatuře často setkáváme i s mouchou domácí (*Musca domestica*), její výskyt na mrtvolách je velice ojedinělý. Larvy se přirozeně vyvíjejí v chlévském hnoji, proto samičky, když mají možnost výběru, primárně kladou zde, i když je k dispozici lidské tělo. Ve volné přírodě se s ní za těchto okolností prakticky nesetkáme, ojedinělé nálezy pocházejí z urbanizovaných oblastí, respektive z blízkosti chlévů a stájí anebo domácností.⁹⁶ Tato informace může být pro soustavu lidí překvapivá. Většina lidí si při pojmu „moucha“ představila typickou mouchu domácí a fakt, že tento druh se vlastně na mrtvolách vyskytuje jen zřídka, byl velmi překvapující.

V této vlně už začínají mrtvolu kolonizovat první brouci – konkrétně jako první zpravidla reagují mrchožroutovití (*Silphidae*), díky reakci na rozkladový plyn. Jsou to pak zejména *Necrodes littoralis*, jehož larvy se na mrtvolách vyvíjí často a ve velkém počtu.⁹⁷

⁹⁴ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

⁹⁵ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 298.

⁹⁶ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

⁹⁷ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 298.

Z uvedeného je zřejmé, že pro stanovení počátku kolonizace znamenají brouci méně přesný indikátor, protože se objevují později než mouchy – vzniká u nich delší časový rozdíl mezi smrtí člověka a začátkem kolonizace. Nižší vypovídající hodnota vychází také ze skutečnosti, že zatímco mouchy vyhledávají tělo s cílem naklást vajíčka či larvy, dospělec brouka může na mrtvole setrvat i několik dnů, než dojde ke kladení. Přítomnost nebo absence dospělé brouka indikuje sukcesní fázi, ale přesný výpočet doby kolonizace je možný pouze zhodnocením vývojových cyklů. Často zmiňovaní hrobařici rodu *Nicrophorus* mají v praxi minimální využití, protože se na lidském těle zdržují pouze dospělci. Poslední typickou skupinou pro tuto vlnu jsou parazitoidní druhy prvních kolonizátorů z řádu blanokřídlí (*Hymenoptera*). Největší význam mají chalcidky (*Chalcidoidea*), případně lumci a lumčící (*Ichneumonoidea*). Samičky kladou vajíčka do larev i kukel ostatního hmyzu a vylíhlé larvy parazitují uvnitř hostitele, kterým se současně živí a následně se v něm i kuklí. Vzhledem k pevné vazbě vývojového cyklu na přítomnost mrtvého těla, lze tyto blanokřídlé využít při výpočtu doby kolonizace.⁹⁸

5.1.3 Třetí sukcesní vlna – biochemicky aktivní rozklad

Tato fáze je charakteristická ztekucováním substrátu (tkaní mrtvého) a zahrnuje dvě fáze: zmýdelnění tuků a fermentaci bílkovin. Při zmýdelnění lipidů vznikají těkavé mastné kyseliny a atraktantem se stává především kyselina máselná, na kterou reaguje další skupina hmyzu. Konkrétně to jsou mouchy rodu *Hydrotaea*, v České republice je nejčastěji na mrtvolách zastoupena moucha lesklá (*H. ignava*).⁹⁹

První samičky mohou přiletět již v prvních dnech po smrti jedince, v době, kdy se na těle vyskytují tisíce larev bzučivek. Nekladou proto přímo na tělo, ale pod něj do tzv. lože mrtvoly. Vylíhlé larvy prvního instaru se živí rozkladnou tekutinou prosakující do půdy. Od druhého instaru jsou dravé a začnou kolonizovat vlastní mrtvolu. Přesto teprve až ji většina bzučivek opustí, aby se mohly zakuklit, mouchovití tělo obsadí a plně využijí. Z brouků reagují na mastné kyseliny drabčíkovití (*Staphylinidae*). Při výpočtu doby kolonizace hraje významnou úlohu drabčík páskovaný (*Creophilus maxillosus*), který se na mrtvolách pravidelně rozmnožuje.

⁹⁸ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

⁹⁹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 298.

Současně nalézáme i první mršníkovic (Histeridae), zejména *Margarinotus brunneus* a *Saprinus semistriatus*, a lesknáčkovité (Nitidulidae), především *Omosita discoidea* a *Glischrochilus quadrisignatus*.¹⁰⁰

Obr. 6: *Hydrotaea ignava*¹⁰¹



Fermentace proteinů, též označována jako sýrová fermentace, je proces, kdy se vytváří tzv. kaseózní látky, které svým zápachem připomínají přezrálý plísňový sýr. Na tento zápach nejčastěji reagují mušky z čeledi sýrohlodkovití (*Piophilidae*), kmitalkovití (*Sepsidae*) a slunilkovití (*Fanniidae*).¹⁰²

Larvy sýrohlodek jsou známy schopností skákat. Larva se stočí a ústními háčky skeletu se zachytí v zadečkové části těla. Náhlým uvolněním úchopu a prudkým narovnáním těla dojde k uvolnění energie a vymrštění do vzduchu. Takto může larva překonat až několik desítek centimetrů do výšky i do dálky. Ze sýrohlodek na mrtvolách jednoznačně dominuje druh *Stearibia nigriceps* (viz graf 3). Pro zajímavost můžeme zmínit i sýrohlodku drobnou (*Piophila casei*), která bývá citována také v naší literatuře. Avšak na rozdíl od jižních evropských států, např. Portugalska, Španělska a Itálie, kde se opravdu řadí mezi typické zástupce, u nás ve volné přírodě prakticky nežije.¹⁰³

¹⁰⁰ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

¹⁰¹ [fly – *Hydrotaea ignava*]. In: <https://bugguide.net/node/view/15740> [online] Dostupné z: <https://bugguide.net/node/view/951007/bgpage>

¹⁰² STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 299.

¹⁰³ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

Objevují se i zástupci dalších čeledí – slunkovití (*Fanniidae*) a kmitalkovití (*Sepsidae*), z té především *Nemopoda nitidula*. Z brouků nalézáme zástupce čeledí kožojedovi (*Dermestidae*) a pestrokrovečnickovití (*Cleridae*). Typickými zástupci kožojedů jsou u nás *Dermestes frischii*, *D. undulatus* a *D. murinus*.

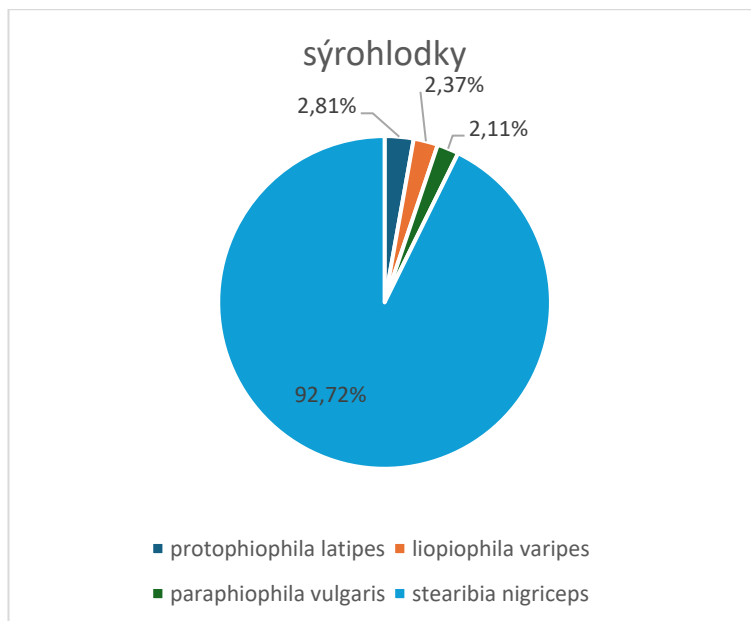
V literatuře často citovaný kožojed obecný (*D. lardarius*) se objevuje pouze ojediněle na mrtvých v bytech, na půdách, případně ve sklepech. Z pestrokrovečníků to jsou všechny tři naše druhy rodu *Necrobia*, zejména však *N. violacea* a *N. rufipes* a zcela vzácně *N. ruficollis*. Kožojedi i pestrokrovečníci preferují sušší substrát, proto jejich kolonizace zpravidla začíná od okrajových, nebo již skeletovaných částí těla (s odkrytými kostmi).¹⁰⁴

Je však důležité poznamenat, že na aktivní biochemický rozklad nelze vždy nahlížet jako na striktně oddělenou fázi sukcese. Procesy, jako je zmýdelnění tuků (saponifikace) a sýrová fermentace, mohou na různých částech těla probíhat souběžně, zejména v teplých letních měsících, kdy je rozklad urychlen vysokými teplotami. V důsledku toho se druhy typické pro tuto sukcesní vlnu nemusí na těle objevovat v přesně daném pořadí, ale mohou se překrývat s druhy z předchozí či následující fáze.¹⁰⁵ Tato proměnlivost je dalším důvodem, proč musí forenzní entomolog při vyhodnocení kolonizačního vzorce vždy zohlednit konkrétní podmínky prostředí a fázi rozkladu jednotlivých částí těla zvlášť.

¹⁰⁴ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 299.

¹⁰⁵ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezní-entomologie-když-smrt-je-zacatek.html>, s. 254.

graf 3: Zastoupení sýrohlodek na lidském těle v ČR¹⁰⁶



5.1.4 Čtvrtá sukcesní vlna – pokročilý rozklad

Pro toto stadium je typická čpavková fermentace zbytků měkkých tkání zbylých na těle. Atraktantem zde jsou amoniakální páry a také nakyslý zápach kaseózních látek, který láká drobné mušky z čeledi hrbilkovití (*Phoridae*). Pro pokročilý rozklad je dále typické, že zbytky těla dále okupují další generace much sýrohlodek, kmitalek a slunilek, z brouků to jsou larvy kožojedů a pestrokrovečníků. Z dospělců jsou hojně zastoupeni drabčící, mršníci a lesknáci.¹⁰⁷

5.1.5 Pátá sukcesní vlna

Z měkkých tkání zbývají poslední části, které postupně vysychají. Na těchto zbytcích jsou nalezeny larvy sýrohlodek, hrbílek, kožojedů a pestrokrovečníků. Nově se vyskytují brouci z čeledi hlodáčovití (*Trogidae*), nejčastěji druhy *Trox scaber* a *Trox sabulosus*. Navyšuje se také počet roztočů (*Acari*).

¹⁰⁶ Graf vlastní, data in: OLEKSAKOVÁ, Tereza; KLIMESOVÁ, Vanda; SULAKOVÁ, Hana a BARTAK, Miroslav. *SEPSIDAE (DIPTERA) ASSOCIATED WITH ANIMAL AND HUMAN DECOMPOSITION IN THE CZECH REPUBLIC*. Online. Praha: Department of Zoology and Fisheries Czech University of Life Sciences Prague, 2016.

¹⁰⁷ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 299.

Ti se na mrtvole nachází už od začátku, resp. od okamžiku, kdy se na mrtvém objeví první hmyz, protože mnoho roztočů se sem dostává pomocí forezie – přichycení se na těle hmyzu. Roztoči po nějakou dobu setrvávají a rozmnožují se, a když se vylihnou noví jedinci much a brouků, přichytí se na ně a nechají se přenést na další mrtvolu.¹⁰⁸

5.1.6 Šestá sukcesní vlna – kosterní zbytky

V této fázi rozkladu z původního těla zůstávají již pouze kosterní pozůstatky. Ojedinele mohou být zachovány zbytky vyschlých chrupavek, šlach, vaziva, vlasů nebo tělního ochlupení. Organický materiál je v této fázi natolik redukován, že pro většinu nekrobiontních druhů přestává být atraktivní.¹⁰⁹

Na rozkladu těchto zbytků se podílejí především mikroskopičtí rozkladači, jako jsou různé druhy roztočů, kteří mohou přežívat v drobných zbytcích tkání nebo v okolním substrátu. Zřídka se vyskytují i zástupci brouků z čeledi kožojedovitých (*Dermestidae*), kteří dokážou využívat zbytky keratinových struktur. Výjimečně se mohou objevit i hlodavci, kteří okusují suché tkáně, kůži či chrupavky, především kvůli potřebě minerálů, zejména vápníku.¹¹⁰ Nově se v této sukcesní fázi mohou objevovat také zástupci podčeledi vrtavci (*Ptininae*), dříve řazení do čeledi červotočovití (*Anobiidae*), dnes často uváděni jako součást čeledi *Ptinidae*.¹¹¹ Tito brouci jsou známí schopností kolonizovat extrémně suché zbytky organického materiálu, a jejich přítomnost tak signalizuje velmi pokročilé stádium rozkladu.

Zajímavostí této fáze je i zapojení neživočišných organismů do procesu degradace. Například na povrchu kostí vystavených dlouhodobě působení světla a vlhkosti se mohou začít rozvíjet mikroskopické řasy (*Algae*), které narušují povrch kostní hmoty a přispívají k její biologické erozi.¹¹²

¹⁰⁸ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254-255.

¹⁰⁹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 300.

¹¹⁰ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 300.

¹¹¹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 301.

¹¹² STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 301.

Tato závěrečná sukcesní vlna často přechází v dlouhodobé stabilní stádium, kdy již nedochází k výrazným změnám ve složení organismů. Pro forenzní entomologii má omezený význam, avšak v kombinaci s analýzou dalších faktorů může i zde poskytnout informace o době expozice těla v prostředí a případných environmentálních vlivech.

6 Faktory ovlivňující rychlost rozkladu

Na první pohled se jeví, že se sukcese skládá z jasně definovaných úseků, které se jeden od druhého zřetelně liší. Opak je ale pravdou, jelikož celý proces je plynulý, kontinuální a jednotlivé fáze nelze jednoznačně časově ohraničit. Jak již bylo řečeno, vývin každého druhu trvá několik dní až týdnů, proto na mrtvém můžeme téměř pokaždé najít zástupce několika sukcesních vln současně, a to ve formě samiček, vajíček, různě starých larev, případně již kukel, nebo nově vylíhlých dospělých jedinců. Stanovení délky jednotlivých vln a jejich fází je závislé na mnoha faktorech. Tím nejhlavnějším, který rozhoduje o délce rozkladu, je roční období a s ním spojené klimatické podmínky, nejdůležitější roli hraje teplota na začátku rozkladu. Vše výše zmíněné má vliv na to, jaké druhy, a v jakém počtu, se budou na degradaci mrtvol podílet. Avšak tím nejzásadnějším je, zda a v jakém počtu budou mrtvolu kolonizovat právě bzučivky.¹¹³

Nejrychleji rozklad probíhá v letním období, pro které jsou typické vyšší teploty a velký výskyt hmyzu v přírodě. Od počátku se na rozkladu podílí desítky až stovky bzučivek, u kterých může samička naklást až tisíce vajíček. Při takto vysokém počtu larev dochází k odbourání většiny měkkých tkání během několika dnů. Rozklad v těchto podmínkách je tak rychlý, že když se v měkkých tkáních nachází stále plně aktivní bzučivky a zástupci mouchovitých z první a druhé fáze, na odhalených částech můžeme nalézt vyvíjející se druhy třetí fáze. Za velkých veder se prakticky celý řetězec, který normálně probíhá rok, koncentruje do měsíce. Souběžně probíhá několik sukcesních fází. Tělo je biochemicky aktivní, ale okrajové části už vysychají. Vedle sebe tak lze pozorovat druhy, z nichž jeden obvykle končí po čtrnácti dnech a druhý nastupuje po několika měsících. Můžeme tedy s naprostou jistotou říct, že sukcese s počátkem na konci jara a v létě trvá nejkratší dobu.¹¹⁴

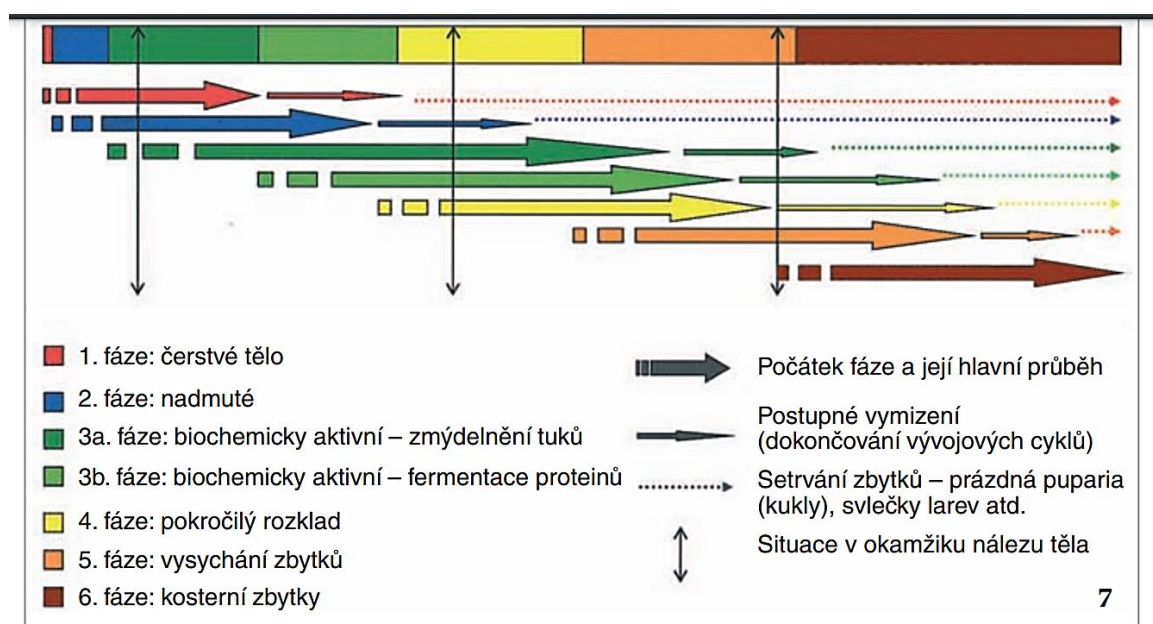
Nesmíme opomenout vliv prodlužující se délky světla během dne. Aktivita a četnost nekrobiontního hmyzu v tomto období závisí na způsobu přezimování a toleranci vůči nízkým teplotám. Bzučivky *Calliphora vicina* a *Calliphora vomitoria* přezimují jako dospělci a jejich larvy snáší relativně nízké teploty (nad 2-3°C), takže mohou být aktivní již koncem zimy.

¹¹³ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 254-255.

¹¹⁴ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 295-296.

Naproti tomu zástupci *Lucilia* se líhnou až na jaře, proto se na mrtvolách mohou objevit až koncem jara a v létě. Fakt, že četnost bzučivek na jaře je nižší než v létě, má vliv na celkové zpomalení odbourávání měkkých tkání, a tím se celý proces rozkladu prodlužuje. Vedlejším efektem je i to, že díky menšímu zastoupení bzučivek zbyde více měkkých tkání pro širší spektrum nekrobiontů.¹¹⁵

Obr. 7: Schematické znázornění průběhu sukcese při volné expozici mrtvého těla v podmínkách ČR¹¹⁶



Pro rozklad s počátkem na podzim a v zimě je typická rozdílná dynamika degračních procesů, které ovlivňují především měnící se teploty a srážky v tomto období. V zimě můžeme na mrtvole najít aktivní larvy sýrohlodek, slunílek, kmitalek, lanýžovek, drabčíků a dalších druhů, které využívají každého navýšení teplot nad 0°C. Vývin hmyzu v tomto chladném období ovlivňuje zimní diapauza (zpomalení životních pochodů organismu) a krátká světelná část dne. Důsledkem všech těchto faktorů sukcese s počátkem na konci podzimu a v zimě trvá nejdéle.¹¹⁷

¹¹⁵ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 296.

¹¹⁶ Převzato z ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 252.

¹¹⁷ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 256.

Důležitost teplot v rámci degradačních procesů je mimo jiné také zmíněna v knize „Kde mrtví promlouvají“¹¹⁸ od autorů Bass a Jefferson. Ti popisují, jak už v 18. století se dalo bez využití moderních technologií hrubě odhadnout, kdy člověk zemřel. Důkazem budiž krátká citace z tohoto díla „...v zimě chlad nedovolí mouchám létat; vlastně kdykoli teplota klesne pod deset stupňů Celsia, mouchy přestanou létat. Arikarské hroby, kde nebyly žádné obaly kukel, obsahovaly těla lidí, kteří zemřeli, nebo byli pohřbeni v chladném období roku. Tehdy mě fascinovalo, že o dvě stě let později můžeme určit, v jakém ročním období ten který arikarský bojovník padl v bitvě.“

¹¹⁸ BASS, William M. a JEFFERSON, Jon. *Kde mrtví promlouvají: pohled do zákulisí legendární forenzní laboratoře známé jako Umrličí farma*. Praha: Volvox Globator, 2009. ISBN 978-80-7207-746-5, s. 104-105.

7 Význam forenzní entomologie z hlediska určení doby smrti

7.1 Post mortem interval (PMI)

V rámci forenzně entomologických šetření rozlišujeme dva základní pojmy – dobu smrti a dobu kolonizace mrtvoly. Přestože mezi nimi existuje úzká souvislost, pro účely vyšetřování je klíčový tzv. post mortem interval (PMI), tedy časový úsek, který uplynul od smrti jedince až po nález jeho těla.

Doba smrti je ve většině případů pouze odborným odhadem, který vychází z analýzy časných nebo pozdních posmrtných změn – například chladnutí těla, ztuhlost (rigor mortis), livores mortis, hnilobné změny a další. Přesně ji lze určit jen ve výjimečných případech, například pokud je úmrtí svědkem spolehlivě doloženo přítomností relevantní osoby, zaznamenáno na kamerový záznam nebo podloženo lékařskou dokumentací.

Naopak PMI představuje měřitelný údaj, který lze ve forenzní entomologii odvodit z biologických důkazů – především na základě přítomnosti a vývojového stádia hmyzu, který kolonizoval tělo. Tento údaj má zásadní význam zejména při vyšetřování násilných trestných činů, u nichž je důležité přesné časové zařazení smrti do kontextu případu, například pro potvrzení nebo vyvrácení alibi podezřelého.

Vzhledem k tomu, že se rozklad i kolonizace hmyzem řídí určitými biologickými a environmentálními zákonitostmi, lze při správném odběru, identifikaci druhů a zohlednění okolních podmínek (např. teploty, vlhkosti, přístupu vzduchu) určit PMI s poměrně vysokou přesností.

Dobu smrti vždy bez výjimky určuje lékař. Do Listu o prohlídce zemřelého zapíše datum a čas a vyznačí, zda se jedná o určení přesné nebo odhadem. Pokud dobu smrti nelze určit, může tak učinit soud.¹¹⁹ Přesnost stanovení PMI může být ovlivněna z několika možných důvodů.

¹¹⁹ HIRT, Miroslav a VOREL, František. *Soudní lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 9788024756806

Lze mezi ně zařadit nedostatek znalostí specifik pro stanovení doby smrti pro lidské ostatky z v minulosti řešených případů, nedostatek validačních studií o vývoji forenzně důležitých členovců a samozřejmě působení biotických a abiotických faktorů, které ovlivňují počátek i průběh kolonizace.¹²⁰

Dle Laupyho¹²¹ rozlišujeme primárně tři faktory, které mohou stanovení PMI nějakým způsobem ovlivnit:

a) Faktory zkracující délku PMI

- vysoká průměrná denní teplota, malé teplotní výkyvy během dne (tyto okolnosti nastávají především v létě či u nálezů mrtvol v bytech)
- vzestup teploty konzumovaných tkání (příčinou může být expozice nálezu na slunci, přítomnost zdrojů tepla či uvolňování metabolického tepla)
- výskyt traumat na těle mrtvoly, její obnažení (tato situace má za následek vyšší intenzitu nástupu nekrofilních much)

b) Faktory prodlužující délku PMI

- omezení přístupu nekrofilního hmyzu (tento faktor se uplatňuje při nálezů mrtvol v bytech, zabalených, zastíněných, částečně přikrytých nebo pohřbených apod.)
- nízká průměrná denní teplota, velké teplotní výkyvy během dne nebo dlouhodobé poklesy teplot na hodnoty pod 10 °C (nastává dočasné zastavení potravní a růstové aktivity či se může vyskytnout diapauza)
- pokles obsahu vody (vyschnutím mrtvoly tzv. mumifikace, k této situace dochází zpravidla u nálezů mrtvol v bytech)
- časový posun (námi hodnocený materiál může patřit generacím, jejichž vývoj započal s časovým zpožděním)
- balzamování, intoxikace těla mrtvoly

¹²⁰ ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. *Forenzní entomologie a její využití v kriminalistické praxi the use of forensic entomology in criminalistic practice*. Online. Brno, 2015. Dostupné: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICKE_PRAXI_THE_USE_OF_FORENSIC_ENTOMOLOGY_IN_CRIMINALISTIC_PRACTICE

¹²¹ LAUPY, Milan. Post mortem interval a nekrofilní mouchy. *Kriminalistika*. 1994. 27 (2). 121-135 s.

c) Faktory měnící délku PMI nekontrolovatelným způsobem

- změna lokalizace mrtvoly během PMI (nemusí se jednat pouze o přemístění z místa na místo, ale i o dodatečné pohřbení či odkrytí mrtvoly).

Do nástupu projevů hniloby se určení od doby smrti provádí podle časných posmrtných změn. Pokud je již tělo vychladlé a pominula posmrtná ztuhlost, je odhad doby smrti velmi nejistý a rozvoj hniloby k tomuto faktu jen přispívá. Dobrým vodítkem je právě přítomnost hmyzu a jeho vývojových stádií a druhu hmyzu, který je pro jednotlivá stadia hniloby typický. Pokud je zachována jen kostra, lze PMI určit jen velmi přibližně. Přestože patologem získané a vyhodnocené parametry jsou velmi důležité pro stanovení PMI, lze se na ně spolehnout v prvních 24 – 72 hodinách od smrti. Po uplynutí této doby je hmyz obvykle nejčastějším a často jediným prostředkem pro stanovení doby smrti.¹²² Soudní lékařství a forenzní entomologie představují obory, které nahlízejí na stejný objekt zájmu z rozdílných úhlů pohledu. Kombinací poznatků z těchto dvou oborů tak můžeme získat mnohem komplexnější přístup a pohled na věc, než kdybychom využívali jen informace přejaté z jedné disciplíny.

7.2 Doba kolonizace

Doba kolonizace mrtvoly nekrobiontním hmyzem je na druhé straně interval, po který se na mrtvole vyskytoval hmyz, popřípadě další živočichové. Forenzní entomologie, která se zabývá jen samotnou mrtvolou, v žádném případě neurčuje dobu smrti. Pouze dobu kolonizace. Pro správnou interpretaci výsledků získaných v tomto oboru je podstatné si uvědomit, že doba úmrtí člověka a začátek kolonizace hmyzem se nemusí vždy shodovat. V návaznosti na výše zmíněné faktory opět rozlišujeme tři možné situace:

- **Intaktní tělo** – příčina smrti může být například infarkt, mrtvice, uškrcení, udušení nebo otrava. U těchto mrtvol hmyz často nereaguje na přítomnost těla ihned po smrti, protože jim chybí „indicie“, které by je upozornily na potenciální zdroj potravy. Kolonizace začíná zpravidla tehdy, kdy se začínají uvolňovat rozkladné plyny z trávicí soustavy. Rychlost tvorby a uvolnění plynů, taktéž reakce hmyzu, záleží na teplotě okolí. Jak již bylo řečeno, vyšší teploty rozklad urychlují, nižší naopak zpomalují.

¹²² BYRD, Jason H. a CASTNER, James L. *Forensic Entomology The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Online. Second edition. CRC Press, 2009. ISBN 9780367805692. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/NOE0849392153>.

Časový rozestup mezi úmrtím a prvním kladením na mrtvolu tak může v závislosti na teplotě činit rozdíl několik hodin až dní. Při úmrtí na podzim a v zimě tento interval může být několik týdnů až měsíců. Podobně tomu bývá, pokud počátek kolonizace inhibují různé fyzikální a chemikálií faktory – použití chemikálií, zmrazení těla apod. V takových případech je vypočtená doba kolonizace kratší než skutečný PMI.¹²³

- **Tělo s otevřenými a krvácivými traumaty** jako bodná, řezná a střelná zranění. Hlavním antraktem je v těchto případech krev, a to v takové míře, že kolonizace začíná téměř okamžitě. Obdobně rychlá reakce je na sperma, exkrementy a zvratky. U těchto nálezů stanovená doba kolonizace řádově odpovídá době smrti, nebo je zde pouze minimální rozdíl.¹²⁴
- **Tělo kolonizované hmyzem již před smrtí jedince** v sobě stýká případy, kdy doba kolonizace hmyzu na těle je delší než skutečný PMI, řádově však v rámci minut až dnů. Dochází k tomu ve dvou případech, u těžce zraněných jedinců s otevřenými ranami, kteří jsou v bezvědomí, nebo nepohybliví. Samičky much reagující na aroma krve kladou na dotyčného již během umírání.

Delší rozdíl je v případě myiáz. K těm dochází u lidí, kteří žijí ve špatných hygienických podmínkách a mohou se vyskytovat i u nepohyblivých osob připoutaných na lůžko. Hnízdem pro vajíčka jsou neléčené a nekvalitně ošetřené otevřené rány, bércové vředy, opruzeniny, nekrotizující proleženiny, případně exkrementy na těle nebo oblečení. Při následném úmrtí mrtvolu kolonizují další, někdy ale i stejné druhy. Analýzou se může zpětně prokázat, že generační cyklus jednoho druhu nebo části jeho populace započal o několik dnů dříve než u ostatních. Jsou i případy, kdy nejde myiázu zcela rozpoznat.¹²⁵

¹²³ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 313.

¹²⁴ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 313.

¹²⁵ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 313-314.

Samotné stanovení doby kolonizace vychází z délky vývojových cyklů jednotlivých druhů bezobratlých a zákonitostí sukcese. Délka vývojového cyklu je zpravidla definována tzv. sumou efektivních teplot (dále jen SET), která představuje součet efektivních teplot určitého druhu za celé období vývoje, kdy efektivní teplota je aktuální teplota snížená o dolní teplotní hranici daného druhu, tedy teplotu, při níž se jeho vývoj zastavuje.¹²⁶ Ta se uvádí v denních, nebo hodinových stupních a je pro každý druh v určité oblasti konstantní. Při těchto výpočtech je třeba zohlednit několik faktorů, především vlhkost, délku fotoperiody, množství potravy a vlastně vše, co by mohlo ovlivnit generační cykly. Kromě SET se u vajíček, larev a kukel využívají různé růstové a vývojové diagramy zpracované speciálně pro jednotlivé druhy nebo skupiny hmyzu. V nich se stáří nalezeného entomologického vzorku hodnotí na základě dosaženého vývojového stádia v době nálezu, případně přítomnosti vajíček larev jiných instarů.¹²⁷

V našich podmínkách je během prvních cca 3-6 týdnů při volné expozici možný výpočet zpravidla s přesností na určitý den, výjimečně až na hodiny, což je fascinující. U starších nálezů, kdy už jsou přítomny prázdná puparia nebo kulky, je zcela nezbytné provést komplexní analýzu druhového spektra zajištěného hmyzu v návaznosti na fázi rozkladu. Hodnotí se jak přítomnost, tak i absence druhů, v jakém vývojovém stupni jsou zastoupeny. Prostřednictvím SET lze do jisté míry zjistit zpětnost reprodukce proběhlých generací u jednotlivých druhů. Avšak je zcela logické, že čím déle je mrtvola vystavována vnějším vlivům, tím hůře lze určit přesnou dobu kolonizace.

Tato doba se postupně rozšiřuje na týdny a měsíce. U nálezů odpovídajícím 1-2 rokům lze říci, zda se jedná o letošní, nebo loňskou mrtvolu, a ve které části roku rozklad započal. U nálezů starších dvou let, lze také určit, v jaké části roku rozklad započal, ale je problém určit počet uplynulých let.¹²⁸

Zajištěním druhového spektra lze kromě doby smrti zjistit i to, zda bylo s mrtvolou dodatečným způsobem manipulováno. Je tak možné poukázat na dodatečné pohřbení či odkrytí těla. U dodatečně odkrytých těl lze určit, jak dlouho před nálezem k tomuto odkrytí došlo.

¹²⁶ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 314.

¹²⁷ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 256.

¹²⁸ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 314.

Také nález suchozemských nekrobiontů na zcela ponořené mrtvole může indikovat dodatečný posun. V jisté míře je možné prokázat transport mrtvoly na delší vzdálenost. Konkrétně mezi biotopy na základě zhodnocení celého druhového spektra hmyzu zajištěného na mrtvole a jeho srovnání s hmyzem na místě těla nálezů.¹²⁹

¹²⁹ ŠULÁKOVÁ, Hana. Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning. Online. *Živa*. 2014, roč. 2014, č. 5, . ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forezni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>, s. 256.

8 Entomologické stopy a jejich zajišťování s ohledem na různé nálezové situace

Entomologické stopy představují specifickou kategorii důkazního materiálu, která se zásadně liší od běžných stop používaných v kriminalistické praxi. Jejich jedinečnost spočívá především v tom, že ve většině případů obsahují živé organismy – nejčastěji larvální nebo dospělá stadia hmyzu. Právě tato biologická povaha vyžaduje zcela odlišný přístup k jejich zajištění, uchovávání i transportu. Na rozdíl od klasických biologických stop, jako jsou krev, sliny nebo otěry pokožky, které jsou fixní a neměnné, entomologický materiál je dynamický – larvy se vyvíjejí, kuklí, a pokud nejsou správně ošetřeny, může během několika hodin dojít ke změnám ve vývojovém stadiu. Tyto změny mohou zásadně ovlivnit přesnost určení doby kolonizace, a tím i post mortem intervalu (PMI).¹³⁰

Proto by měly být entomologické stopy zajištěny co nejdříve po jejich nález, ideálně v místě činu, a co nejrychleji předány ke znaleckému zkoumání. K tomu je zapotřebí nejen odborná znalost forenzního entomologa, ale i spolupráce s pracovníky, kteří jsou přímo na místě nález – kriminalisté, technici, lékaři či patologové. Pokud se tak nestane, dochází buď ke zvýšené mortalitě jedinců (zejména larev), což snižuje pravděpodobnost jejich přesné identifikace, nebo k pokračujícímu vývoji, který může vést k mylnému závěru ohledně skutečného času kolonizace. Takové chyby pak mají přímý dopad na věrohodnost znaleckého posudku.

S ohledem na různé nálezové situace – těla nalezená ve volném terénu, v uzavřených prostorách, pohřbená nebo ve vodě – se způsoby zajištění entomologických stop liší, což bude podrobněji rozvedeno v následujících podkapitolách. Každé prostředí totiž ovlivňuje jak druhovou skladbu hmyzu, tak i tempo jeho vývoje, a tomu musí odpovídat i volba metod zajištění a dokumentace materiálu.

Stopami se zde myslí široká škála bezobratlých živočichů, z nichž je logicky nejčastěji zajišťován hmyz (*Insecta*). Nejčastějšími zástupci jsou mouchy z řádu dvoukřídlí (*Diptera*), brouci (*Coleoptera*), motýli (*Lepidoptera*), vosy, mravenci a parazitoidní vosičky z řádu blanokřídlí (*Hymenoptera*). Z ostatních bezobratlých jmenujme např. roztoče (*Acarina*), korýše (*Crustacea*) a měkkýše (*Mollusca*).

¹³⁰ ELIÁŠOVÁ, Hana, ŠULÁKOVÁ, Hana, 2012. Forenzní biologie. In: Štefan, J., Hladík, J., a kol., Soudní lékařství a jeho moderní trendy. Praha: Grada Publishing, ISBN: 978-80-247-3594-8, s. 317.

Entomologickou stopou jsou jak dospělí jedinci (mouchy, brouci, motýli), tak nižší vývojová stádia (vajíčka, larvy, puparia), popřípadě fragmenty těl. Nejdůležitějšími stopami pro stanovení doby smrti jsou právě ona nižší vývojová stádia.¹³¹ Vysvětlení je vcelku prosté, zatímco dospělý jedinec může přiletět, nebo odletět, kdy se mu zachce, avšak vajíčka (následně i larvy a kukly) se v dané lokalitě nevyskytují, dokud tam není mrtvola. Naklazením vajíček vzniká na mrtvole kriminalistická stopa, kterou lze časově analyzovat a hodnotit.¹³²

8.1 Volně exponovaná mrtvola

Vzorek z těla je entomologický materiál zajišťující se z přístupných sliznic (oči, uši, ústa, nosní dírky, urogenitální trakt, konečník), nebo traumat (oděrky, bodné rány, zejména krvácivé). Vajíčka však mohou být kladena i do podpaží, třísel a jiných tělních záhybů. V pozdějších fázích rozkladu už kdekoli na těle. Z těla se zajišťují veškeré nalezené druhy a vývojová stádia. Doporučuje se odebrat celkem minimálně 200-300ks vajíček, 200-300ks larev všech velikostí a tvarů a přibližně 200-300ks puparií much a další bezobratlé, zejména brouky. Pokud to situace dovolí, je nejlepší odběr provádět na více místech z důvodu podchycení co nejširšího druhového spektra.¹³³

Jak již bylo zmíněno, lože mrtvoly představuje podloží přímo pod tělem. Kvůli ztrátě chlorofylu v rostlinách se pod nimi v pozdější fázi rozkladu vytvoří „otisk“. Okolí mrtvoly tvoří okolí paprskovitě kolem lože. Odebrání vzorků z lože a okolí jsou důležité proto, že se v těchto místech kuklí první a následné generace much a často se zde vyskytují jiné druhy než přímo na těle. Před zakuklením se totiž larvy ukrývají pod vegetací nebo se zahrabávají do půdy.¹³⁴

¹³¹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 314.

¹³² BYRD, Jason H. a CASTNER, James L. *Forensic Entomology The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Online. Second edition. CRC Press, 2009. ISBN 9780367805692. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/NOE0849392153>.

¹³³ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 309.

¹³⁴ ELIÁŠOVÁ, Hana, ŠULÁKOVÁ, Hana, 2012. Forenzní biologie. In: Štefan, J., Hladík, J., a kol., *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Praha: Grada Publishing, ISBN: 978-80-247-3594-8, s. 315

Zpravidla se hloubka pohybuje mezi 0,5-5 cm v závislosti na typu půdy. Zajištění vzorků se provádí odběrem zeminy i s vegetací a hmyzem. Maximální odebraná hloubka je 5-10 cm, větší hloubka už bývá zpravidla bezpředmětná. Vzorek z lože se odebírá lopatkou na 4 až 6 místech pod tělem. V součtu je ideální nasbírat 10 až 15 vzorků v celkové hmotnosti minimálně 2 kg. Optimální váha je 3 až 5 kg.¹³⁵

Pokud se volně exponovaná mrtvola nachází v interiéru, je nezbytné ohledat okolí mrtvoly, protože larvy much se před kuklením rády shromažďují pod nábytkem, pod koberci, podél stěn, v rozích atd.

8.2 Nález oběšeného

Specifickou nálezovou situací představuje případ oběšeného těla, zejména pokud se nachází ve visu, tedy bez přímého kontaktu se zemí, nebo se jí dotýká pouze částečně. V těchto případech se mění dynamika pohybu a vývoje nekrofágního hmyzu – larvy, které po určité době vývoje přirozeně opouštějí tělo ve snaze zakuklit se v substrátu, často padají přímo pod místo zavěšení. Vzhledem k výškové bariéře se už většinou nedokážou vrátit zpět na tělo, a další vývoj pak probíhá výhradně mimo tělo oběti.

Typickým znakem tohoto typu nálezu je vytvoření takzvaného *larválního lože* – tedy shluku larev a hnilobných tekutin, které se akumulují v místě pod tělem. Právě toto lože představuje důležitý zdroj entomologických informací. Larvy v něm se často nacházejí v různých vývojových stádiích a umožňují tak poměrně přesně stanovit časový průběh kolonizace.

Z tohoto důvodu se doporučuje z místa pod tělem odebrat větší vzorek substrátu, obvykle v množství 5–10 kg, pokud to podmínky místa nálezu umožňují.¹³⁶ Tento vzorek by měl být odebrán opatrně, ideálně z několika bodů pod tělem a kolem něj, včetně všech viditelných larev, kukel, případně mrtvých nebo dospělých jedinců. Odběr se následně rozdělí – část materiálu se uchová v konzervačním roztoku (např. 70% etanol) pro pozdější druhové určení, zatímco část živého materiálu může být ponechána k dalšímu vývoji v kontrolovaných laboratorních podmínkách.

¹³⁵ ELIÁŠOVÁ, Hana, ŠULÁKOVÁ, Hana, 2012. Forenzní biologie. In: Štefan, J., Hladík, J., a kol., Soudní lékařství a jeho moderní trendy. Praha: Grada Publishing, ISBN: 978-80-247-3594-8, s. 309 – 310.

¹³⁶ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. Teorie, metody a metodologie kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 311.

Dále je důležité pečlivě zdokumentovat okolnosti nálezu – výšku těla nad zemí, teplotu okolí, stínění místa, druh substrátu pod tělem, případnou přítomnost tekutin a zvířecí aktivity. Tyto faktory totiž významně ovlivňují vývoj hmyzu i jeho druhovou skladbu, což je zásadní pro přesnost výsledné entomologické analýzy.

8.3 Pohřbená mrtvola

K pohřbeným mrtvolám nebo zakrytým malou vrstvou zeminy, případně vegetací, proniká nekrobiontí hmyz z povrchu původu profilu. K tělu se tímto způsobem mohou dostat larvy nebo samotné samičky. Některé druhy se mohou kuklit přímo na mrtvole. Proto u pohřbených a zahrabaných mrtvol nalézáme nekrobiontní hmyz v zemině nad tělem, na samostatné mrtvole a v jejím bezprostředním okolí, nikoli však pod tělem, jako tomu bylo v předchozích případech. Ke zkoumání se zajišťuje vegetace a zemina odebraná při odkrývání mrtvoly. Relevantní hmyz se odděluje až ve znalecké laboratoři. Entomologické stopy z mrtvoly, oděvu, popř. obalů, se odebírají až při pitvě.¹³⁷

8.4 Mrtvola ve vodním prostředí

Z forenzně entomologického hlediska představují mrtvoly nalezené ve vodním prostředí jednu z nejnáročnějších situací pro zajištění a vyhodnocení entomologických stop. Důvodem je specifické složení vodního ekosystému a omezená kolonizace suchozemskými nekrofágními druhy hmyzu, které jsou pro stanovení post mortem intervalu (PMI) nejvíce relevantní.

Zajišťování entomologických stop u mrtvol ve vodě vyžaduje zvláštní opatrnost – je důležité dokumentovat stupeň ponoření těla, okolní teplotu vody, její proudění, chemické složení a přítomnost sedimentů. Odběr vodních organismů by měl být proveden spolu s odebráním vzorku vody a sedimentu pro laboratorní analýzu. Pokud je to možné, doporučuje se tělo ponechat několik hodin po vyzvednutí v klidném prostředí za stálé teploty, aby případní skrytí hmyzí jedinci (např. larvy ve vnitřních dutinách) mohli opustit tělo a být zachyceni.

¹³⁷ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 311.

Závěrem lze říci, že ačkoli entomologické důkazy z vodního prostředí často neposkytují tak jednoznačné výsledky jako z prostředí suchozemského, mohou být v kombinaci s dalšími forenzními metodami (např. hydrobiologií, taphonomií nebo toxikologií) cenným doplňkem vyšetřovacího procesu.

8.5 Pravidla pro zajišťování entomologických stop

Benecke¹³⁸ vytvořil seznam velmi důležitých postupů a zásad při zajišťování entomologické materiálu, které by se měly striktně dodržovat a shrnul je do následujících deseti „zlatých a jednoduchých“ pravidlech:

1. Vytvořit důkladnou fotodokumentaci všech míst, ze kterých je materiál odebírán. Stav hmyzu se může velmi rychle změnit, zejména v chladných podmínkách (při uložení vzorků nebo těla do chladicího boxu).
2. Fotodokumentaci pořizovat bez použití blesku, larvy světlo odrazí a budou pouze bílé, což ztíží determinaci.
3. Na fotografiích používat měřítko.
4. Sebrat vždy jednu plnou lžici hmyzu z minimálně třech míst na těle a na místě činu a uložit je do označených nádob.
5. Polovinu vzorku umístit do 98 % ethanolu, nepoužívat isopropyl-alkohol nebo formalin.
6. Vzorky nejprve usmrtit horkou vodou před uložení do ethanolu.
7. Zbylou polovinu vzorků umístit do lednice (ne mrazáku), zajistit větrací otvory a předat hmyz pověřené osobě (vývoj může probíhat i na nízkých teplot). Oddělovat dospělce od larev, pokud to bude možné.
8. Vše popisovat – lokace, přesný čas, datum, iniciály.
9. V případě nejasností a otázek při sběru neváhat kontaktovat forenzního entomologa.
10. Determinaci ponechat zkušenému entomologovi.

¹³⁸ Benecke, M. 2004. Forensic Entomology: Arthropods and Corpses. In: Tsokos M (ed.) Forensic Path Rev Vol II, Humana Press, Totowa (NJ, USA), s. 223.

9 Využití forenzní entomologie v praxi

Praktická část této bakalářské práce se zaměřuje na výzkum aktuálních výzev, limitů a možností uplatnění forenzní entomologie v rámci současné kriminalistické praxe v České republice. Jejím hlavním cílem je zjistit, jak je tento specifický forenzní obor vnímán odborníky z praxe, a zda je skutečně využíván při vyšetřování násilných trestných činů, především vražd a nejasných úmrtí.

Za tímto účelem byly provedeny dva polostrukturované rozhovory s kriminalistickými vyšetřovateli, kteří se v rámci své profese mohli setkat s aplikací forenzních entomologických metod. Tyto rozhovory se zaměřily nejen na mapování konkrétních zkušeností a vnímání účinnosti této metody, ale rovněž na identifikaci překážek, které její širší uplatnění v reálné kriminalistické praxi ztěžují. Dále byly položeny otázky týkající se spolupráce s odborníky, dostupnosti znaleckých posudků, včasného zajištění entomologických stop či obecného povědomí o metodě mezi vyšetřovateli.

Druhou část praktické části tvoří dvě kazuistiky, které dokumentují reálné případy, v nichž byla forenzní entomologie aplikována v různých podmínkách. Záměrně byly vybrány dvě rozdílné nálezové situace – případ těla pohřbeného a případ těla ponechaného na volném prostranství. Tento výběr umožnil demonstraci praktického využití Casperova pravidla, které popisuje rozdílnou rychlost rozkladu lidského těla v závislosti na prostředí (vzduch – voda – země = 1:2:8). Pravidlo slouží jako užitečný nástroj pro orientační posouzení doby rozkladu těla a pomáhá v kombinaci s entomologickými nálezy odhadnout časový rámec smrti, zejména v případech, kdy jiné metody (např. patologie) selhávají kvůli pokročilému stadiu dekompozice.

Obě kazuistiky tak nejen ilustrují praktickou hodnotu entomologických důkazů, ale také upozorňují na faktory, které mohou jejich interpretaci komplikovat – například teplotní výkyvy, vlhkost, mechanická manipulace s tělem, dostupnost substrátu pro larvy nebo stupeň pohřbení. Zvláštní pozornost byla věnována okolnostem zajištění hmyzu a roli forenzního entomologa při vyhodnocování nálezové situace.

Výstupem praktické části je syntéza poznatků získaných z rozhovorů a kazuistik, která přináší ucelený obraz o současném postavení forenzní entomologie v české kriminalistické praxi. Analýza se zaměřuje na reálnou použitelnost metody, úroveň spolupráce mezi kriminalistickými orgány a entomology, a zároveň pojmenovává oblasti, kde je prostor pro zlepšení – například ve vzdělávání pracovníků, zajištění specializovaných odborníků nebo ve včasném odběru a zabezpečení biologického materiálu.

Vzhledem k citlivé povaze zpracovávaných případů a s ohledem na ochranu osobních údajů byly veškeré údaje anonymizovány. To se týká jak identity vyšetřovatelů, tak konkrétních lokalit, kde byly případy vyšetřovány. Anonymizace byla provedena tak, aby nedošlo ke ztrátě odborné hodnoty, avšak byla zachována plná ochrana soukromí všech zúčastněných osob.

9.1 Výsledky rozhovorů

V obou rozhovorech s kriminalisty se ukazuje, že forenzní entomologie není běžně využívanou metodou v české kriminalistické praxi. Oslovení odborníci však nejsou začínajícími pracovníky, ale zkušení vyšetřovatelé s dlouholetou praxí v oblasti trestního práva a kriminalistiky. Působí v rámci Krajského ředitelství policie Středočeského kraje. Jejich profesní zkušenosti čítají více než dvě desetiletí aktivní služby, během níž se opakovaně setkávali s případy násilných trestných činů, nálezů těl v různých stádiích rozkladu i se situacemi vyžadujícími mezioborovou spolupráci s odborníky z různých oblastí forenzních věd. Oba vyšetřovatelé se s metodou forenzní entomologie setkali pouze okrajově – v jednom z případů došlo k jejímu praktickému využití při dokumentaci nálezů těla ve značném stádiu rozkladu, kde byla přítomnost hmyzu vyhodnocena jako jeden z možných zdrojů informací o době úmrtí.

Přestože se tedy jedná o metodu, která je v tuzemském prostředí spíše výjimečně aplikovaná, rozhovory byly koncipovány tak, aby měly výpovědní hodnotu i v případě, že respondenti nemají s jejím využitím přímou zkušenost. Otázky se zaměřovaly nejen na obecné povědomí o entomologii v kriminalistickém kontextu, ale také na ochotu spolupracovat s odborníky z této oblasti a na vnímání jejího potenciálu v praxi (viz příloha A).

9.1.1 První rozhovor

Vyšetřovatel A, který má za sebou dlouholetou praxi v oblasti trestního řízení, uvedl, že se během své profesní kariéry osobně nesetkal s případy, v nichž by byla forenzní entomologie přímo aplikována. Přestože má o existenci této metody základní povědomí, její využití ve své praxi dosud nezažil. Podle jeho názoru není forenzní entomologie běžnou součástí kriminalistického šetření v České republice, a to především z důvodu dostupnosti a větší rozšířenosti jiných metod, které jsou v praxi považovány za spolehlivější a efektivnější. Mezi ně patří zejména genetické analýzy, daktyloskopie či další formy identifikace, které jsou standardní součástí vyšetřovacích postupů.

Kriminalista rovněž poznamenal, že v případě přítomnosti hmyzu na místě činu dochází ke standardnímu zajištění těchto biologických stop, avšak jejich následné zpracování je plně v kompetenci specializovaných pracovišť, jako je Kriminalistický ústav, který vyhotovuje znalecké posudky. Sám vyšetřovatel vnímá forenzní entomologii jako potenciálně přínosnou metodu především pro odhad postmortálního intervalu, avšak z jeho pohledu se její přímé využití ve vyšetřování vyskytuje spíše výjimečně. Zdůraznil rovněž, že v běžné kriminalistické praxi se vyšetřovatelé často zaměřují na jednodušší a dostupnější způsoby identifikace oběti i stanovení příčiny smrti, které poskytují dostatečně relevantní důkazní materiál bez nutnosti sahát po méně konvenčních přístupech.

9.1.2 Druhý rozhovor

Vyšetřovatel B se v průběhu své praxe setkal s případem, kdy byla forenzní entomologie úspěšně využita v rámci vyšetřování. Jednalo se o případ z roku 2021, kdy bylo nalezeno tělo ve značném stádiu rozkladu, přičemž část ostatků byla zahrabána pod zemí. Vzhledem ke stavu těla nebylo možné přesně určit čas úmrtí běžnými metodami, a proto byla přizvána odborná expertiza z oblasti forenzní entomologie. Analýza hmyzích vývojových stádií, která byla provedena specializovanými znalci, umožnila stanovit přibližný postmortální interval na dobu zhruba 12 měsíců před nálezem ostatků.

Tento časový údaj se ukázal jako zásadní pro následné pátrání, protože pomohl zúžit okruh potenciálních totožností oběti pomocí databáze pohřešovaných osob. Na základě tohoto odhadu se podařilo oběť identifikovat a posunout vyšetřování významně kupředu. Vyšetřovatel zdůrazňuje, že bez přispění forenzní entomologie by bylo časové určení smrti značně komplikované, ne-li nemožné, a tedy i identifikace oběti výrazně ztížena.

Přestože má osobní pozitivní zkušenost s touto metodou, vyjadřuje jisté pochybnosti o jejím dalším širším uplatnění v praxi. Podle jeho názoru zůstává forenzní entomologie okrajovou disciplínou, a to jak z hlediska zájmu odborné veřejnosti, tak i kriminalistických pracovníků. Vzhledem k rychlému vývoji jiných forenzních odvětví, jako jsou genetické analýzy, IT technologie a digitální forenzika, panuje obava, že entomologie bude v budoucnosti využívána spíše výjimečně. I přes svůj praktický přínos zůstává tedy vnímána jako doplňkový nástroj, nikoli jako standardní součást vyšetřovacího procesu.

9.1.3 Závěry vycházející z rozhovorů

Z rozhovorů s oběma vyšetřovateli vyplynulo, že forenzní entomologie není běžně aplikovanou metodou v rámci české kriminalistické praxe. Přestože oba respondenti uznávají její teoretický přínos, ve své každodenní činnosti se s ní setkávají spíše okrajově, případně vůbec. Společným bodem jejich vyjádření je vnímání forenzní entomologie jako doplňkové, nikoli standardní vyšetřovací metody, která nachází své uplatnění především v případech, kdy selhávají běžně dostupné postupy – zejména při stanovení postmortálního intervalu u těl ve značném stádiu rozkladu.

Vyšetřovatel A se s využitím této metody nesetkal osobně, zatímco vyšetřovatel B popsal konkrétní případ z roku 2021, v němž byla forenzní entomologie klíčová pro úspěšné stanovení doby úmrtí a následnou identifikaci oběti. Tento rozdíl ukazuje na individuální charakter zkušeností s touto metodou, jež je často závislý na povaze konkrétního případu a spolupráci s externími odborníky.

Oba respondenti se shodují na tom, že jednou z hlavních překážek širšího využívání forenzní entomologie je nízké povědomí o jejím praktickém uplatnění mezi kriminalisty a relativně omezená dostupnost specializovaných odborníků.

Vzhledem k rychlému rozvoji jiných forenzních disciplín, jako jsou genetika, digitální forenzika či daktyloskopie, vyjadřují oba vyšetřovatelé určitou skepsi vůči širšímu rozšíření entomologie v budoucnosti. Přesto její přínos v konkrétních případech nezpochybňují a shodují se, že v určitých situacích může poskytnout klíčové důkazy, které jiné metody nejsou schopny nabídnout.

Tento závěr reflektuje i zkušenosti z autorčina profesního okolí. V rámci konzultací s kolegy, z nichž většina má za sebou dlouholetou praxi v oblasti kriminalistiky, se ukazuje, že osobní zkušenosti s forenzní entomologií jsou v české praxi výjimečné. Většina kolegů uvedla, že se s touto metodou ve své činnosti dosud nesetkala, a to ani okrajově. Tento poznatek dále podtrhuje skutečnost, že forenzní entomologie zatím není pevně zakotvena v praktickém uplatnění kriminalistických metod, a její využití zůstává spíše výjimečné a závislé na specifickém charakteru případu i dostupnosti odborných kapacit.

9.2 Nález mrtvoly neznámé totožnosti a určení doby kolonizace

Jedním z nejnovějších případů, kdy byla využita forenzní entomologie při vyšetřování, byla vražda muže zahraničního původu na území Prahy. Z důvodu citlivosti případu není blíže specifikováno místo ani přesná doba činu. Oběť byla nalezena spoutaná a zakopaná zaživa v lesoparku. K nálezu došlo náhodou díky pejskaři, který při procházce se psem objevil nevšední místo s narušenou půdou.

Vzhledem k tomu, že šlo o kosterní nález (viz příloha B), bylo klasické určování doby smrti na základě pozdních posmrtných změn výrazně omezené. Proto se vyšetřovatelé rozhodli využít forenzní entomologii, která v takových případech představuje často jediný spolehlivý nástroj pro odhad doby úmrtí. Byly odebrány vzorky entomologického materiálu přímo z oblasti hrobu i okolí.

Hlavním cílem analýzy bylo provést taxonomickou determinaci nalezených druhů hmyzu, stanovit jejich vývojový stupeň a na základě těchto dat určit dobu kolonizace (PMI). Pro odhad bylo využito hodnocení sukcese nekrobiontního společenstva, tedy sledování postupného obsazování mrtvoly hmyzem v závislosti na stádiu rozkladu.

Výsledky prokázaly, že druhové složení hmyzu odpovídá fauně typické pro lokalitu nálezů, což potvrdilo, že s tělem nebylo nijak manipulováno po jeho zakopání. Nejzásadnější však bylo určení doby kolonizace, která se pohybovala přibližně kolem 7

měsíců před nálezem (viz příloha C). Tento odhad pomohl zpřesnit časové rozmezí úmrtí a výrazně usnadnil směřování dalšího vyšetřování.

Nástrahy a omezení:

Přestože forenzní entomologie v tomto případě sehrála klíčovou roli, nelze opomenout některé významné výzvy a omezení, které s sebou tento přístup nese. Především prostředí lesoparku a pohřbení mrtvoly v zemi ovlivnily přístupnost a skladbu hmyzu. Podzemní prostředí výrazně zpomalilo kolonizaci těla a omezilo druhovou rozmanitost entomofauny, což ztížilo jednoznačné určení PMI.

Dalším faktorem byla potenciální nepřesnost v určení teplotních podmínek v místě a čase pohřbu. Protože rychlost vývoje hmyzu je velmi závislá na teplotě, jakékoli nepřesné údaje nebo výkyvy v mikroklimatu mohou negativně ovlivnit přesnost časového odhadu. Dále nelze opomenout možnost ovlivnění kolonizace přítomností škůdců nebo predátorů, kteří mohli entomologický materiál narušit či částečně zničit. V terénních podmínkách také hrozí riziko kontaminace vzorků a chybných odběrů, což by mohlo vést k nesprávné interpretaci výsledků.

Nakonec je třeba zmínit i limitace samotné metody, kdy přesnost určení PMI výrazně klesá s prodlužujícím se časem od úmrtí, zvláště při pozdních fázích rozkladu, kdy entomologické stopy mohou být velmi fragmentární. Přes tyto nástrahy však forenzní entomologie poskytla klíčová data, která by bez ní nebyla dostupná, a její využití přineslo významný přínos pro objasnění tohoto složitého případu.

9.3 Rozklad lidského těla v uzavřeném prostoru

V rámci druhé kazuistiky se autorka rozhodla popsat případ, kdy byla nalezena mrtvola v domácím prostředí. Zde entomologie nehrála klíčovou roli ve vyšetřování, ale bylo možné pozorovat typické druhy hmyzu pro rozklad v uzavřených prostorech. Pro tyto prostory je typická absence dešťových srážek, které při volné expozici mohou významným způsobem ovlivnit rozklad mrtvoly. Dalším znakem je, že uzavřené prostory mohou mít specifické, „vlastní“ složení nekorbiontní fauny. Na rozkladu v těchto

podmínkách se podílejí druhy, které běžně řadíme do kategorie domácích a skladištních škůdců, eventuálně škůdců potravin.¹³⁹

V bytech se na dekompozici mrtvol podílejí druhy, které žijí celoročně v blízkosti člověka (synantropní) nebo ty, které v jeho blízkosti pouze přezimují (hemysinantropní). Mezi tyto zástupce řadíme například mola šatního (*Tineola bisselliella*), mouchu domácí (*Musca domestica*) či kožojeda obecného (*Dermestes lardarius*).¹⁴⁰

Jednalo se o nález mladého muže, na jehož těle už bylo možné pozorovat znaky částečné mumifikace (viz příloha D). Složení nekrobiontní fauny je typické pro nález v uzavřených prostorech. Avšak s ohledem na to, že se nejednalo o vraždu, nebyl důvod přibírat entomologa. Lékaři dokázali PMI interval určit na přibližně dva měsíce.

9.4 Porovnání rozkladu v odlišných prostředích

Porovnání obou případů s ohledem na rychlost rozkladu v různých prostředích vyžaduje zvážení několika faktorů, které ovlivňují časový rámec dekompozice a kolonizace mrtvého těla. Zde jsou klíčové rozdíly mezi těmito dvěma kazuistikami:

1. Případ zakopaného muže (lesopark, venkovní prostředí)

- **Podmínky prostředí:** Tento případ se odehrál v přírodním prostředí, konkrétně v lesoparku. Rozklad těla probíhá v otevřeném prostoru, kde se na něj podílejí různé environmentální faktory, jako je teplota, vlhkost, přítomnost dešťových srážek a přírodní fauna (např. hmyz). V tomto případě hmyz přišel k tělu přirozeně v okamžiku, kdy bylo tělo přístupné. To umožnilo provést analýzu entomologického materiálu k určení doby kolonizace.

¹³⁹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 300.

¹⁴⁰ HORÁKOVÁ, Jana. *Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních měsících*. Online, Diplomová, vedoucí prof. Ing. Tomáš Urban, Ph.D. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017. Dostupné z: <https://theses.cz/id/1n6eey/21556776>. [cit. 2025-03-17].

- **Doba kolonizace (PMI):** Podle analýzy entomologického materiálu byla doba kolonizace stanovena na přibližně 7 měsíců před nálezem mrtvoly. To znamená, že tělo bylo zakopané a začalo se rozkládat relativně brzy po smrti, přičemž hmyz měl dostatek času k příchodu a osídlení těla. Tento proces je ovlivněn teplotními a vlhkostními podmínkami v přírodním prostředí.
- **Rychlost rozkladu:** V otevřeném prostředí je rozklad těla rychlejší než v uzavřených prostorech, protože příroda poskytuje více příležitostí pro kolonizaci hmyzem, což urychluje dekompozici. Důležitou roli zde hrají také roční období a přítomnost predátorů.

2. Příklad nalezené mrtvoly v uzavřeném prostoru (byt)

- **Podmínky prostředí:** V tomto případě byl mrtvý muž nalezen v uzavřeném prostoru, konkrétně v bytě. Tento typ prostředí je výrazně odlišný, protože zde není přítomnost přírodního deště, což by ovlivnilo rychlost rozkladu. Dále uzavřený prostor znamená, že tělo není vystaveno přímému vlivu počasí, což zpomaluje některé rozkladné procesy. V tomto prostředí se na dekompozici podílejí druhy hmyzu, které žijí v blízkosti člověka.
- **Doba kolonizace (PMI):** U tohoto případu byla doba, kdy došlo k smrti, stanovena na přibližně 2 měsíce před nálezem. V uzavřeném prostředí rozklad probíhal pomaleji, a to i díky absenci dešťových srážek, což může zpomalit některé procesy spojené s dekompozicí, jako je například vysychání těla.¹⁴¹ To zároveň znamená, že hmyz měl méně času na kolonizaci.
- **Rychlost rozkladu:** V uzavřeném prostoru je rozklad obvykle pomalejší, což je dáno stabilními teplotními a vlhkostními podmínkami a nižší mírou expozice vnějším faktorům. To zpomaluje jak přístup hmyzu, tak i rychlost samotného rozkladu. K tomu přispívá i to, že zde žijí spíše druhy hmyzu, které jsou přizpůsobeny prostředí, kde se běžně nachází člověk, a jejich aktivita není tak intenzivní jako u druhů, které kolonizují těla v přírodě.

¹⁴¹ STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. ISBN 978-80-7380-666-8, s. 300.

Hlavním faktorem, který ovlivňuje rychlost rozkladu, je tedy prostředí: otevřený prostor s přístupem přírodních faktorů urychluje procesy rozkladu, zatímco uzavřený prostor tyto procesy zpomaluje.

Závěr praktické části – významný případ uznání forenzní entomologie jako důkazu

Na závěr praktické části je vhodné uvést významný případ z roku 2011, který představuje milník v české forenzní praxi, kdy bylo odborné vyjádření z oblasti forenzní entomologie poprvé soudem uznáno jako klíčový důkaz při stanovení doby smrti.¹⁴²

Tento případ se odehrál na území Českolipska, kde bylo v lesním porostu nalezeno tělo cizince v pokročilém stádiu rozkladu. Obviněnými byli muž a žena, kteří poškozeného brutálně napadli, věznili a nakonec ho uškrcovali kusem jeho vlastního trička. Přestože tělo bylo po třech týdnech v silně rozloženém stavu, na krku oběti zůstala pevně zauzlovaná tkanina, která jednoznačně potvrdila způsob smrti – uškrcení. Vyšetřování bylo komplikováno tím, že všichni účastníci, včetně oběti, byli uživateli drog, což značně znesnadnilo stanovení přesného časového rámce událostí. Soudní lékař mohl pouze stanovit přibližné období smrti mezi květnem a červnem 2011, což však neodpovídalo pozdějším zjištěním.

Konečný, přesnější odhad doby smrti poskytla až forenzní entomoložka na základě analýzy hmyzu nalezeného na těle. Využila nejen detailních znalostí o vývojových stádiích entomofauny, ale také meteorologických dat daného období. Její expertíza vedla k určení, že skutečný čas úmrtí nastal až v polovině srpna 2011, tedy mimo časové rozmezí, které stanovili ostatní vyšetřovatelé. Tento významný posun v časovém určení smrti sehrál klíčovou roli při soudním projednávání případu a napomohl přesněji načasovat okolnosti činu. Forenzní entomologické důkazy tak potvrdily časový rámec, který koreloval s dalšími materiálními důkazy, a výrazně přispěly k odsuzujícímu rozsudku.

¹⁴² 136 JAHŮDKOVÁ, Lenka. Forenzní entomologie a její využití v praxi. Online, Bakalářská, vedoucí Mgr. Šimon Bezvoda. Praha: VYSOKÁ ŠKOLA FINANČNÍ A SPRÁVNÍ, 2021. Dostupné z: https://is.vsf.s.cz/th/vtcqn/sablona_bakalarska_prace_final.pdf. [cit. 2025-03-13].

Tento případ je zásadním příkladem toho, jak může forenzní entomologie doplnit a často i překonat tradiční metody určení doby smrti, zejména v případech, kde klasické metody narážejí na své limity. Současně podtrhuje nutnost využívání interdisciplinárního přístupu a spolupráce mezi forenzními experty a vyšetřovateli.

Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na analýzu forenzní entomologie, jejího významu pro určení doby smrti a na faktory, které ovlivňují rozklad lidského těla v různých prostředích. Cílem práce bylo prozkoumat především to, jak může forenzní entomologie přispět k vyšetřování trestných činů a jaké jsou její limity a výzvy při aplikaci v praxi. Praktická část práce zahrnovala analýzu kazuistik a porovnání různých podmínek, v nichž rozklad lidského těla probíhá.

Autorka práce čelila několika výzvám, z nichž nejvýraznější byla skutečnost, že forenzní entomologie není v české kriminalistické praxi široce využívanou metodou. Tento fakt znamenal, že bylo poměrně obtížné získat konkrétní data pro praktickou část práce, přičemž nalezení konkrétního případu, kde by byla tato metoda skutečně aplikována, se ukázalo jako výjimečně složité. Forenzní entomologie je v České republice stále spíše okrajovou disciplínou, což se odráží i v absenci podrobných případových studií a odborných publikací zaměřených na její praktické využití v kriminalistice. Tento stav výrazně ztížil snahu autorky získat relevantní data, která by podpořila analýzu efektivity a aplikovatelnosti této metody v reálných vyšetřovacích procesech.

Vzhledem k omezené dostupnosti konkrétních případů, v nichž by forenzní entomologie byla využita, musela autorka práce čerpat hlavně z odborné literatury, která poskytuje teoretické základy metody, a z rozhovorů s odborníky, kteří se touto disciplínou zabývají. Tento přístup, i když hodnotný, představoval značnou výzvu při sběru dat, neboť rozhovory a literární zdroje často neumožňují podrobný a praktický pohled na aplikaci metody v české kriminalistické praxi. Vzhledem k tomu, že forenzní entomologie není běžně aplikovanou praxí v České republice, byla autorka nucena se spoléhat na teoretické přístupy a na názory odborníků, což bylo limitováno nejen specifickou odborností, ale i rozdílnými zkušenostmi a přístupy jednotlivých respondentů.

Tato skutečnost ukazuje na jednu z klíčových výzev spojených s výzkumem v této oblasti: i když forenzní entomologie představuje významný nástroj pro objasnění času smrti, její omezené uplatnění v praxi komplikuje nejen sběr konkrétních dat, ale i formování argumentace, která by dostatečně reflektovala její skutečný přínos v českém trestním řízení.

Autorka tedy čelila nejen výzvám spojeným s dostupností odborné literatury a konkrétních případových studií, ale i obtížnosti interpretovat a aplikovat získané informace v kontextu české kriminalistické praxe, kde forenzní entomologie zůstává spíše výjimečnou než běžně používanou metodou.

Navzdory těmto překážkám se práce zaměřila na význam forenzní entomologie v kriminalistice, přičemž bylo ukázáno, jak proces sukcese a faktory ovlivňující rozklad těla mohou pomoci při stanovení post mortem intervalu (PMI). I když metoda stále čelí výzvám v oblasti jejího širšího uplatnění, poskytuje cenné nástroje pro určování doby smrti, zejména v případech, kdy jiné metody nejsou dostatečně spolehlivé. Výsledky této práce ukazují, že i bez přímé kriminalistické praxe je možné přinést důležité poznatky o limitacích a výzvách, které se s aplikací forenzní entomologie pojí.

Závěrem lze tedy konstatovat, že forenzní entomologie má potenciál být užitečným nástrojem v kriminalistické praxi, přičemž její širší aplikace vyžaduje větší přístup k relevantním datům, kde by byla využita. Tento výzkum přispívá k lepšímu pochopení nejen teoretických aspektů této disciplíny, ale i výzev, které její implementace přináší do současné kriminalistické praxe.

Seznam použitých zdrojů

Literární zdroje

1. BASS, William M. a JEFFERSON, Jon. *Kde mrtví promlouvají: pohled do zákulisí legendární forenzní laboratoře známé jako Umlčí farma*. Praha: Volvox Globator., 2009, 320 s. ISBN 978-80-7207-746-5.
2. Benecke, M. 2004. *Forensic Entomology: Arthropods and Corpses*. In: Tsokos M (ed.) *Forensic Path Rev Vol II*, Humana Press, Totowa (NJ, USA).
3. ELIÁŠOVÁ, Hana, ŠULÁKOVÁ, Hana, 2012. *Forenzní biologie*. In: Štefan, J., Hladík, J., a kol., *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Praha: Grada Publishing, s. 281 – 325, ISBN: 978-80-247-3594-8.
4. FERLLINI, Roxana. *Němý svědek*. Přeložil Karel KOPIČKA. Praha: Mladá fronta, 2007, 192 s. ISBN 978-80-204-1652-0.
5. HENSSGE, Claus, KNIGHT, Bernard (ed.). *The estimation of the time since death in the early postmortem period*. [1st ed.]. London: Edward Arnold, 2002. ISBN 0-340-71960-5.
6. HIRT, Miroslav a VOREL, František. *Soudní lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2016, 272 s. ISBN 9788024756806.
7. HUGO, Jan a VOKURKA, Martin. *Velký lékařský slovník*. 10. Praha: Maxdorf, 2015. 1124 s. ISBN 978-80-7345-456-2.
8. KVAPILOVÁ, Helena a DOGOŠI, Michal. *Soudní lékařství pro právníky a policisty*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-059-8.
9. KVAPILOVÁ, Helena. *Soudní lékařství pro právníky*. Aleš Čeněk, 1999. ISBN 80-902627-3-2.
10. LAUPY, Milan. *Post mortem interval a nekrofilní mouchy*. Kriminalistika. 1994. 27 (2). 121-135 s.
11. PILIN, Alexander a kolektiv. *Soudní lékařství*. Karolinum, 2022. 480 s. ISBN 978-80-246-5013-5.
12. PROKEŠ, Lubomír. *Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního ritu (ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami)*. 1. vyd. Brno: ÚAM FF MU Brno, 2007, 50 s. Archaeol. mediaev. Moraviana et Silesiana, Suppl 1. ISBN 978-80-239-9599-2.

13. PROKEŠ, Lubomír. *Posmrtné změny a jejich význam při interpretaci pohřebního rituálu ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami*. ÚAM FF MU Brno, 2007. ISBN 9789788095996.
14. SINICA, Andrej. *Přírodní a modifikované polysacharidy*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2021. ISBN 978-80-7592-089-8.
15. SMITH, Kenneth G. V. *A Manual Of Forensic Entomology*. London. British Museum. 1986. 205 s. ISBN: 0-565-00990-7.
16. STRAUS, Jiří a PORADA, Viktor. *Teorie, metody a metodologie kriminalistiky*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2017. 420 s. ISBN 978-80-7380-666-8.
17. TESAŘ, Jaromír. *Soudní lékařství*. 3. vyd. Praha: Avicenum, 660 s. 1985.

Elektronické zdroje

1. JAHŮDKOVÁ, Lenka. *Forenzní entomologie a její využití v praxi*. Online, Bakalářská, vedoucí Mgr. Šimon Bezvoda. Praha: VYSOKÁ ŠKOLA FINANČNÍ A SPRÁVNÍ, 2021. Dostupné z: https://is.vsfs.cz/th/vtcqn/sablona_bakalarska_prace_final.pdf. [cit. 2025-03-13].
2. HORÁKOVÁ, Jana. *Vliv klimatických podmínek na rozklad těl obratlovců v zimních měsících*. Online, Diplomová, vedoucí prof. Ing. Tomáš Urban, Ph.D. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017. Dostupné z: <https://theses.cz/id/1n6eey/21556776>. [cit. 2025-03-17].
3. ŠULÁKOVÁ, Hana. *Sukcese mrtvolý pro mne končí kostrou*. Online. 2020. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2020/cislo-9/sukcese-mrtvolý-pro-mne-konci-kostrou.html>.
4. BYRD, Jason H. a CASTNER, James L. *Forensic Entomology The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Online. Second edition. CRC Press, 2009. ISBN 9780367805692. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/NOE0849392153>.
5. ŠULÁKOVÁ, Hana. *Forenzní entomologie – když smrt je začátek / Forensic Entomology: when Death Is just the Beginning*. Online. Živa. 2014, roč. 2014, č. 5, s. 250-256. ISSN ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/2014-5/forenzni-entomologie-kdyz-smrt-je-zacatek.html>

6. ŠULÁKOVÁ, Hana; KLIMEŠOVÁ, Vanda a BARTAK, Miroslav. *Forenzní entomologie a její využití v kriminalistické praxi the use of forensic entomology in criminalistic practice*. Online. Brno, 2015. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294736954_FORENZNI_ENTOMOLOGIE_A_JEJI_VYUZITI_V_KRIMINALISTICKE_PRAXI_THE_USE_OF_FORENSIC_ENTOMOLOGY_IN_CRIMINALISTIC_PRACTICE

Seznam zkratek

AMP – adenosinmonofosfát

ATP – adenosintrifosfát

ČR – Česká republika

KÚ – Kriminalistický ústav

OV – odborné vyjádření

PMI – post mortem interval

SET – suma efektivních teplot

ZP – znalecký posudek

Seznam tabulek a grafů

Tab. 1: Postup hniloby	29
Graf 1: Druhová skladba bzučivek (Calliphoridae) při počátku kolonizace volně přístupného mrtvého těla na jaře.....	44
Graf 2: Druhová skladba bzučivek (Calliphoridae) při počátku kolonizace volně přístupného mrtvého těla v létě.....	45
Graf 3: Zastoupení sýrohlodků na lidském těle v ČR.....	50

Seznam příloh

Příloha A: Doslovný přepis rozhovorů s vyšetřovateli „A“ a „B“	85
Příloha B: Kosterní nález mrtvoly neznámé totožnosti	91
Příloha C: Odborné vyjádření z forenzní entomologie	92
Příloha D: Nález mrtvoly se znaky částečné mumifikace	93

Přílohy

Příloha A: Doslovný přepis rozhovorů s vyšetřovateli „A“ a „B“

Setkal jste se během své praxe s případy, kde byla využita forenzní entomologie?

Pokud ano, v jakých případech to bylo a jaké byly přínosy využití této vědy?

A: Ne. Já osobně jsem se s tím za svou, řekl bych poměrně dlouhou, kariéru nesetkal. Případy, kdy by se přibírali znalci z odvětví kriminalistika – forenzní entomologie, nejsou dle mého názoru časté.

Pokud jste se s touto metodou nesetkal vy osobně, měl jste v týmu někoho, kdo ano?

A: Domnívám se, že ne.

Proč si tedy myslíte, že se tento obor v praxi tolik nevyužívá?

A: Tak já si myslím, že je to hlavně z důvodu, jak jde doba dopředu, že se využívají jiné obory, např. biologie, hlavně tedy genetika v současné době, daktyloskopie a k té identifikaci se využívá jiných metod. Pokud my najdeme mrtvolu a má u sebe občanku, platební kartu nebo jiný doklad, tak dokážeme snáze člověka identifikovat a například dle pohybů na účtu a kamerových systémů, zmapovat jeho poslední pohyb a snáží třeba zjistíme příčinu a čas smrti. Nicméně pokud se najde ten hmyz, tak využíváme samozřejmě veškeré metody, ale není to až tak obvyklé.

Pokud je tedy hmyz na místě činu nalezen a má nějakou, pro vás vyšetřovatele, relevantní hodnotu, jak probíhá jeho zajištění a následná manipulace?

A: My se samozřejmě hned spojíme s odborníky z KÚ a popíšeme jim situaci, která je na místě a domluvíme se s nimi, jestli ten hmyz můžeme zajistit my, nebo jestli jsou oni schopni dojet na to místo a ten hmyz si už zajistit sami. Pokud si tedy dojedou na místo, tak si ten hmyz zajistí. Policista (vyšetřovatel) poté sepíše žádost o odborné vyjádření nebo znalecký posudek. To záleží, jak se daný policista rozhodne, samozřejmě běžnější forma je odborné vyjádření, nicméně u soudu můžeme předložit jako důkaz jak OV tak ZP. Ale je nutné počítat s tím, že čekáme nějakou dobu, než ten znalec posudek vypracuje. Pokud se tedy po domluvě s pracovníky z KÚ shodneme, že hmyz může zajistit technik,

tak je zajistí a ten postup je potom stejný. Do KÚ se samozřejmě pošle ten zajištěný materiál...

Můžete tyto stopy tedy zajistit i vy jako vyšetřovatel?

A: Ano, mohu. Teoreticky ano. V praxi to ale bývá tak, že na místo přijede výjezdová skupina, kde konkrétně v rámci našeho kraje, nemohu mluvit za ostatní kraje, ale myslím si, že to většina tak má, dojede druhá skupina, která se skládá z druhého vyšetřovatele a technika a ti se starají čistě o ohledání místa činu. Nestarají se o další procesní úkony, o ty se starám já, když jsem na místě, ale ti dva kolegové se zabývají čistě ohledáním.

Mají kolegové k dispozici entomologické odběrové sady? Je to běžná součást vybavení?

A: Ano.

Jaké jsou podle Vás hlavní výhody využití forenzní entomologie při vyšetřování?

A: Hlavní výhoda této metody je, že se může určit přibližná doba úmrtí té či oné konkrétní osoby.

A jaké vnímáte výzvy a limity při užití této metody?

A: Tak limity bych ani neřekl, že tam nějaké jsou... Možná problémy z toho hlediska, že moc policistů s tím nepříjde do praxe. Spousta policistů, nechci říct, že neví, že existuje forenzní entomologie, ale v praxi se s tím, včetně mě, nesetkali. Většinou se tedy hledají další metody, jak identifikovat osobu, či určit dobu smrti. Tím nechci říct, že by tato metoda byla až ta poslední, ale v praxi se to úplně často nevyužívá, pokud to není nezbytně nutné. Musím říct, že za svou praxi jsem mrtvol a vražd vyšetřoval mnoho, ale téměř asi nikde jsem se s užitím entomologie nesetkal. Možná asi jednou, když byly naklady mouchy v očích, ale tam nebyl problém s přesným určením způsobu a doby smrti, protože ta mrtvola byla nalezena v domě a my jsme poměrně přesně určili příčinu smrti už z ohledání těla soudním lékařem a samozřejmě s následnou soudní pitvou.

Myslíte si, že užití forenzní entomologie se bude v budoucnu v ČR rozšiřovat?

A: Těžko říct. Já osobně si myslím, že ne. Vývoj jde dopředu. Konkrétně obrovským tempem jde dopředu genetika a IT problematika – výzkum a analýza dat. Ale že bych řekl, že někdy zanikne forenzní entomologie, to si nemyslím. Ani bych si to sám nepřál.

Jaký je Váš názor na spolupráci mezi kriminalisty a entomology?

A: Já si myslím, že spolupráce funguje. Určitě, protože i z mých zkušeností, kdy spolupracujeme s KÚ nebo s OKTE, tak ty vztahy s těmi znalci jsou velice dobré. Nemám žádné vyloženě špatné zážitky nebo zkušenosti. Myslím si, že ani moc mých kolegů je nemá. Myslím, že máme všichni stejný cíl. Když máme mrtvolu neznámé totožnosti, která zemřela násilnou smrtí, tak chceme všichni hlavně co nejrychleji dopadnout pachatele.

Slyšel jste někdy o případu, kdy byla forenzní entomologie využita, ačkoli vy jste se s ní nesetkal? Ať už u nás nebo v zahraničí.

A: V zahraničí nevím. Ale u nás určitě použita byla. Slyšel jsem o tom, ale konkrétní případy si nevzpomenu.

Setkal jste se během své praxe s případy, kde byla využita forenzní entomologie? Pokud ano, v jakých případech to bylo a jaké byly přínosy využití této vědy?

B: Ano. Já osobně jsem se s využitím forenzní entomologie během celé své praxe setkal pouze jednou. Byl to případ, který jsme vyšetřovali, tuším, v roce 2021 na Nymbursku. Byli jsme přivoláni k nálezu mrtvoly, která již byla ve značném stádiu rozkladu – vlastně už to byly jenom kosterní zbytky. Nález byl specifický v tom, že část mrtvoly byla zahrabaná pod zemí a část byla volně exponovaná.

To je celkem netypický nález, jak sám uznáváte. Byli jste schopni získat alespoň nějaké informace vedoucí k identifikaci, či vzniku mechanismu vedoucímu k smrti oběti?

B: Přivolaný soudní lékař byl schopen určit pouze to, zda se jednalo o muže, nebo ženu a určit také přibližný věk. I když, co si vybavuji, dle zlomenin dolních končetin byl náš prvotní odhad na příčinu úmrtí ten, že onu osobu srazilo auto.

Vezměme to tedy popořadě. Pohlaví a věk se dá určit, předpokládám, dle kostí. Ale mohl byste prosím více rozvést to zkoumání mechanismu vzniku zranění vedoucímu k smrti?

B: Ano, přesně, jak říkáte. Pro určení pohlaví se využívá zkoumání primárně lebky a pánve. Pro určování věku se zkoumají dlouhé kosti, nejlepším ukazatelem je asi kost stehenní. A co se vzniku zranění týče, na první pohled to bylo celkem jasné – osoba měla zlomené obě holenní kosti v poměrně velké výšce, tím se dalo odhadnout, že to mohlo být vyšší auto, např. dodávka.

Jak konkrétně Vám tedy pomohly poznatky z forenzní entomologie?

B: Jak jsem řekl, tělo jsme našli ve značném stádiu rozkladu, některé části těla byly téměř mumifikované. Nebylo pro nás tak možné osobu ani identifikovat, protože v okolí nebyly nalezeny žádné důkazy, které by k tomu vedly... Bylo pro nás tedy klíčové zjistit alespoň to, kdy mohla osoba přibližně zemřít.

Čili ke stanovení doby smrti?

B: Ano, přesně tak.

Jak probíhalo zajištění entomologických stop a co se s nimi následně dělo?

B: Zajištění proběhlo tak, že na místo dorazila druhá výjezdová skupina, technik zajistil vzorky a ty se poslaly na kriminalistický ústav s žádostí o odborné vyjádření.

Jaké byly výsledky zkoumání a pomohly Vám nějak k objasnění případu?

Mohu Vám říci pouze to, že výsledky nám stanovily dobu smrti na cca 12 měsíců před nálezem ostatků čili jeden rok. Tato informace nám pomohla k identifikaci osoby. Dle získaných informací jsme projeli databázi pohřešovaných osob v tomto období. Poté nám po zadání kritérií (věk, pohlaví) vyšlo několik výsledků a na druhý pokus se nám povedlo osobu ztotožnit, bylo to celkem rychlé. To ztotožnění proběhlo na základě genetiky, jen pro ujasnění.

Pomohlo Vám to i k objasnění případu?

B: O tom bohužel nemohu hovořit, protože případ ještě není zcela uzavřen.

Dobře, to samozřejmě chápu. Jaké jsou tedy podle vás výhody a nevýhody užití této metody?

B: Výhoda je jednoznačně v tom, že díky forenzní entomologii můžeme určit přibližnou dobu smrti, když ostatní metody selžou, Tím nechci říct, že by to byla až ta poslední možnost, naopak je fascinující, jaké informace nám může hmyz dát. A nevýhody? Jedinou nevýhodu vidím v tom, že se tento obor málo využívá?

Proč si myslíte, že tomu tak je?

B: Těžko říct, opravdu nevím. Možná je to tím, že jak jde doba dopředu, tak lidé mají zájem o jiné obory. Teď je na vzestupu genetika a IT obory. Když pořádáme kurzy, tak většina lidí je tam z těchto oborů. Já si snad nepamatuji, že by tam byl někdy někdo, kdo by se alespoň okrajově zajímal o entomologii. Možná je ten obor pro lidi neatraktivní, s čímž se absolutně neztotožňuji, ba naopak, myslím si, že by si to zasloužilo více pozornosti.

Jaký je Váš názor na spolupráci mezi kriminalisty a entomology?

B: Jak jsem řekl, já jsem se s tím v praxi setkal jednou. Ale neměl jsem žádný problém, celkově se znalci z Kriminalistického ústavu vycházím dobře. Navíc entomologů u nás moc není, nejznámější je paní Šuláková, která nám mimo jiné zpracovávala vyjádření v případě, který jsem Vám popisoval. A to opět souvisí s tím, že ten obor u nás ani není moc známý. Troufnu si říct, že spousta dnešních mladých začínajících policistů ani neví, co to forenzní entomologie je.

Myslíte si, že užití forenzní entomologie se bude v budoucnu v ČR rozšiřovat?

B: Upřímně si myslím a obávám se, že ne. Vemte si, že já jsem u policie přes dvacet let a setkal jsem se s tím jednou. Kolegové, kteří jsou služebně starší než já, tak se s tím nesetkali třeba vůbec. Viděl jsem a slyšel o pár případech ze zahraničí, ale tam mají úplně jiné postupy a prostředky než my tady u nás. Kdyby se užití forenzní entomologie v České republice rozšířilo, byl bych jen mile překvapen, ale jsem realista a vím, jak to chodí...

Příloha B: Kosterní nález mrtvoly neznámé totožnosti



Fig. 1. 25/1/1 (MC 1070, ID)

Příloha C: Odborné vyjádření z forenzní entomologie

1. Provést taxonomickou determinaci a určit stupeň vývinu předložených entomologických stop.

Entomologický materiál odebraný z těla poškozeného při pitvě, včetně zjištěných vývojových stadií, taxonomického zařazení, ekologických, popř. populačních charakteristik, prezentuje tabulka č. 1.

Tab. 1: Entomologický materiál zajištěný z těla poškozeného při pitvě:

DRUH MATERIÁLU TAXONOMIE	POPIS NÁLEZU, EKOLOGIE, POPULAČNÍ DYNAMIKA	DOBA VÝVOJE NEBO VÝSKYTU
Diptera: Muscidae <i>Muscina levida</i> (Harris, 1780)	Předloženo 17 prázdných puparií (kukel po vylíhnutí dospělců) a 4 uhynulá imaturní imaga (nově vylíhlí dospělci much); druh vyvíjející se nejčastěji v exkrementech zvířat a lidí, příležitostně na tlejících rostlinách, zvířecích mřšinách a lidských mrtvolách; larvy III. instaru dravé; preferuje křovinaté až lesní biotopy; hemisynantropní; typický zástupce na tělech pohřbených v mělkých hrobech, zpravidla do hloubky 80 cm až 100 cm;	Výskyt: (I.) IV. - XI. (XII.); SET 240; dolní tepl. práh aktivity: 7,9 °C; (počáteční až) pokročilý rozklad

Mouchy druhu *Muscina levida* (Harris, 1780) tvoří **typické první kolonizátory u pohřbených těl**. Samičky reagují po pachovém ztraktivnění mrtvoly v hrobovém místě, resp. **poté, co se z těla začne uvolňovat plyn bakteriálního rozkladu**, přičemž jsou schopné zaznamenat i nepatrné množství rozkladných plynů pronikající přes jednotlivé vrstvy půdy a takto detekovat polohu těla. Následně přímo nad mrtvolou kladou na povrch půdy larvy I. instaru, které aktivně prolézají půdním profilem až k tělu. Zpravidla **pronikají minimálně do hloubek 40 cm až 60 cm**.

2. Stanovit dobu kolonizace (post mortem interval).

Stanovení doby kolonizace těla mrtvého muže nekrobiontním hmyzem je založeno na přítomnosti prázdných puparií (kukel) a uhynulých imaturních imág (much) druhu *Muscina levida* z čeledi mouchovití (Muscidae). Přítomnost uvedeného druhu na mrtvém těle, za současné absence dalších zástupců nekrofágního hmyzu je typické pro první rok rozkladného procesu v mělkém hrobovém místě. Přítomnost prázdných puparií a imaturních much indikuje dokončení minimálně jednoho vývojového cyklu daného druhu pod zemí. Vzhledem na bionomii druhu *Muscina levida* musel být vývojový cyklus předložených jedinců ukončen nejpozději na přelomu měsíců září a října *září a října*, před podzimním poklesem teplot s tím, že se pod zemí vyvíjí tři až pět měsíců dle hloubky pohřbení, složení půdy a celoročním průběhu teplot.

Na základě těchto skutečností lze ustanovit minimální **dobu kolonizace na řádově 7 měsíců před nálezem**, tj. **koncem měsíce května až první polovinou měsíce června**, **počínaje**. Na základě předloženého entomologického vzorku nelze uvedený interval více zpřesnit.

Ve vztahu stanovené doby kolonizace a skutečného post mortem intervalu lze konstatovat, že první samičky much reagují až po pachovém ztraktivnění mrtvého těla v hrobovém místě a uvolnění rozkladných plynů do okolí. Z uvedeného důvodu je u pohřbených těl časová prodleva mezi úmrtím, resp. jejich zakopáním a prvním výskytem hmyzu. U mělkých hrobů tato časová prodleva zpravidla představuje 2 až 6 týdnů, a to v závislosti na ročním období, složení půdy anebo biotopu, ve kterém je mrtvé tělo uloženo.

Příloha D: Nález mrtvoly se znaky částečné mumifikace

