

Využití 3D měřicího makroskopu v průmyslu komerční bezpečnosti

David Pazderka

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Pazderka**
Osobní číslo: **A16049**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití 3D měřicího makroskopu v průmyslu komerční bezpečnosti**

Téma anglicky: **A 3D Measuring Macroscopic Application in the Commercial Security Industry**

Zásady pro vypracování:

1. Nastudujte manuály k 3D měřicímu makroskopu.
2. Popište princip makroskopu a jeho funkcí.
3. Navrhněte oblasti průmyslu komerční bezpečnosti vhodné k aplikaci 3D makroskopu.
4. Otestujte vybrané vzorky z průmyslu komerční bezpečnosti.
5. Analyzujte přínos 3D makroskopu v průmyslu komerční bezpečnosti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. PAGE, Lisa. Scanning electron microscopy. New York: NY Research Press, [2015], vi, 282. ISBN 978-1-63238-406-5.
2. LEE, Sangjoon a Jaeyoung PARK. A study of microscope structure and algorithm for 3D image implementation. In: 4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology. IEEE, 2017. DOI: 10.1109/CAIPT.2017.8320683.
3. DIXON, A. E., S. DAMASKINOS, A. RIBES a K. M. BEESLEY. A new confocal scanning beam laser MACROscope using a telecentric, f-theta laser scan lens. Journal of Microscopy. 1995, 178(3). DOI: 10.1111/j.1365-2818.1995.tb03603.x.
4. PRICE, Robert L a W. Gray JEROME. Basic confocal microscopy: Robert L. Price, W. Gray (Jay) Jerome, editors. New York: Springer, [2011], xi, 302. ISBN 978-0-387-78174-7.
5. THOMAS, M. G., I. MONTILLA, J. G. MARICHAL-HERNANDEZ, J. J. FERNANDEZ-VALDIVIA, J. M. TRUJILLO-SEVILLA a J. M. RODRIGUEZ-RAMOS. Depth map extraction from light field microscopes. In: 12th Workshop on Information Optics. IEEE, 2013. DOI: 10.1109/WIO.2013.6601269.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Kovář

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

20. prosince 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 20. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne

podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na 3D měřicí makroskop a jeho využití v průmyslu komerční bezpečnosti. V práci je popsána mikroskopie, dále jsou v práci popsány jednotlivé odvětví průmyslu komerční bezpečnosti, konkrétně kriminalistická balistika, kriminalistická mechanoskopie a forenzní antropologie.

Součástí práce je zkoumání jednotlivých vzorků vztahujících se k jednotlivým oblastem průmyslu komerční bezpečnosti pomocí 3D měřicího makroskopu. Díky mnoha funkcím by mohl nalézt 3D měřicí makroskop využití v odvětvích průmyslu komerční bezpečnosti, jako například kriminalistická balistika, kriminalistická mechanoskopie nebo kriminalistická defektoskopie. Za pomoci těchto funkcí je pomocí tohoto makroskopu možno podrobně analyzovat jednotlivé vzorky. V této práci jsou analyzovány vzorky z oblastí kriminalistické balistiky, kriminalistické mechanoskopie a forenzní antropologie.

Klíčová slova: 3D měřicí makroskop, průmysl komerční bezpečnosti, kriminalistická balistika, kriminalistická mechanoskopie, forenzní antropologie

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on 3D measuring macroscope and its application in the commercial security industry. The work describes microscopy as well as the various sectors of the commercial security industry, specifically forensic ballistics, forensic mechanoscopy, and forensic anthropology.

Part of the thesis is the examination of individual samples related to different areas of the commercial security industry using 3D measuring macroscope. Thanks to many functions, 3D measuring macroscope could find use in many sectors of the commercial security industry, such as forensic ballistics, forensic mechanoscopy, or forensic defectoscopy. Macroscopic functions help to analyse the individual samples in details. In this work are analysed samples from forensic ballistics, forensic mechanoscopy, and forensic anthropology.

Keywords: 3D measuring macroscope, commercial security industry, forensic ballistics, forensic mechanoscopy, forensic anthropology

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Stanislavu Kovářovi za jeho ochotu, vynaložený čas a cenné rady při konzultacích ohledně této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu a pomoc během mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MIKROSKOPIE	11
1.1 HISTORIE MIKROSKOPIE	11
1.2 LASEROVÁ RASTROVACÍ KONFOKÁLNÍ MIKROSKOPIE	14
2 KRIMINALISTICKÁ BALISTIKA	18
2.1 PRENATÁLNÍ BALISTIKA	18
2.2 VNITŘNÍ BALISTIKA	18
2.3 PŘECHODOVÁ BALISTIKA	19
2.4 VNĚJŠÍ BALISTIKA	20
2.5 TERMINÁLNÍ BALISTIKA	20
2.5.1 Ranivá balistika	20
2.6 POSTTERMINÁLNÍ BALISTIKA	20
2.7 BALISTICKÉ STOPY	21
2.7.1 Mechanické stopy.....	21
2.7.2 Technologické stopy	21
2.7.3 Materiálové stopy	21
2.7.4 Datové stopy.....	21
2.7.5 Stopy destrukce	22
3 KRIMINALISTICKÁ MECHANOSKOPIE	23
3.1 INDIVIDUÁLNÍ IDENTIFIKACE NÁSTROJE	24
3.2 ZAŘAZENÍ NÁSTROJE DO PŘÍSLUŠNÉ SKUPINY	24
3.3 ZAJIŠŤOVÁNÍ MECHANOSKOPICKÝCH STOP	25
3.3.1 In natura	25
3.3.2 Fotografování	26
3.3.3 Odlítí	26
3.4 PŘEPRAVOVÁNÍ MECHANOSKOPICKÝCH STOP	26
3.5 ANALÝZA MECHANOSKOPICKÝCH STOP	27
4 FOREZNÍ ANTROPOLOGIE	28
4.1 OSTEOLOGICKÁ EXPERTÍZA	28
4.1.1 Druhová příslušnost	29
4.1.2 Určení množství jedinců v nálezu	30
4.1.3 Určení věku	30
4.2 FOTOKOMPARATIVNÍ ZKOUMÁNÍ.....	30
4.3 TRICHOLOGICKÁ EXPERTÍZA	31
5 MAKROSKOP VK-X1000	32
5.1 PRINCIP MAKROSKOPU	32
5.1.1 Princip měření pomocí změny ostření.....	32
5.1.2 Princip CLSM	33
5.1.2.1 Detekce intenzity a výšky pomocí laserového světla	33
5.1.2.2 Vytvoření barevného obrazu pomocí snímacího prvku CMOS.....	34
5.1.2.3 Proces získání dat.....	34

5.2	FUNKCE MAKROSKOPU KEYENCE VK-X1000	36
5.2.1	Měření profilu	37
5.2.2	Liniové měření drsnosti povrchu	37
5.2.3	Více liniové měření drsnosti povrchu	37
5.2.4	Plošné měření drsnosti povrchu	37
5.2.5	Funkce doporučení parametrů	38
5.2.6	Komparativní měření	38
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
6	ZKOUMÁNÍ BALISTICKÝCH STOP.....	41
6.1	NÁBOJKY	41
6.2	STŘELY	46
6.3	VYHODNOCENÍ.....	56
7	ZKOUMÁNÍ MECHANOSKOPICKÝCH STOP.....	57
7.1	NÁSTROJE A MATERIÁLY	57
7.2	ANALÝZA MECHANOSKOPICKÝCH STOP	59
7.3	VYHODNOCENÍ.....	70
8	ZKOUMÁNÍ STOP FORENZNÍ ANTROPOLOGIE	72
8.1	ZKOUMANÉ VZORKY	72
8.2	ANALÝZA ANTROPOLOGICKÝCH STOP	75
8.3	VYHODNOCENÍ.....	82
9	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU MAKROSKOPU V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH	84
	ZÁVĚR	88
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	89
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	96

ÚVOD

Mikroskopie je v kriminalistických vědách využívána již mnoho let. Nalézá využití v celé řadě oblastí průmyslu komerční bezpečnosti. Pomocí mikroskopie se lidskému oku odhalí i ty části, které jsou jinak pro oko samotné neviditelné.

V průběhu let se mikroskopie stala nedílnou součástí kriminalistických metod odhalování pachatelů trestných činů a prošla významným vývojem, aby usnadnila kriminalistům práci. Identifikace pachatele trestného činu je sofistikovaný proces, kdy je vyšetřovatel nucen využít mnoha kriminalistických metod a technologií. Při páchání těchto trestných činů po sobě člověk ale zanechává ať už vědomě či nevědomě stopy, na základě kterých mu může být účast na trestném činu prokázána.

Právě u těchto případů může nastat situace, kdy je potřeba využít mikroskopie v kriminalistické praxi. U některých stop je totiž nezbytně nutné jejich zvětšení k tomu, aby je bylo vůbec možné použít. Pomocí mikroskopie můžeme jednotlivé stopy porovnávat a jednoznačně je k sobě přiřazovat ať už na základě jejich podobnosti nebo jiných parametrů.

Jako téměř všechny oblasti, také mikroskopie se stále vyvíjí. Od nejjednodušších mikroskopů, které zvládaly pouze klasické optické zvětšení obrazu vzorku se dostáváme až k těm, co jsou schopny zvětšit obraz do dříve nepředstavitelného zvětšení, ale také zvládají analýzu různých parametrů samotného zkoumaného vzorku.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat přínos makroskopu Keyence VK-X1000 v průmyslu komerční bezpečnosti. Přínos práce spočívá v analýze různorodých vzorků z oblasti průmyslu komerční bezpečnosti a následné vyhodnocení aplikace makroskopu. Hlavní důraz je kladen na vhodné analyzování vzorků a určení přínosu makroskopu v daných oblastech.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MIKROSKOPIE

Člověk byl již od dávných dob tvorem zvědavým. Díky své zvědavosti také rád pozoroval různé předměty, ať už větší či menší. Jenže díky rozlišovací schopnosti lidského oka mu unikaly spousty informací, které lidské oko kvůli jejich malým rozměrům nebylo schopno rozpoznat. Tuto skutečnost narušilo až objevení optických vlastností různých předmětů a látek, díky kterým se lidskému oku odhalily spousty nových dosud nepoznaných informací. Postupem času, kdy člověk tyto optické pomůcky zdokonaloval, byl učiněn průlomový vynález v této oblasti, a to sestavení prvního mikroskopu. Na těchto základech vznikl vědní obor mikroskopie, což je obor, zabývající se využitím mikroskopů k pozorování vzorků a objektů, které nejsou samotným okem pozorovatelné. [1]

1.1 Historie mikroskopie

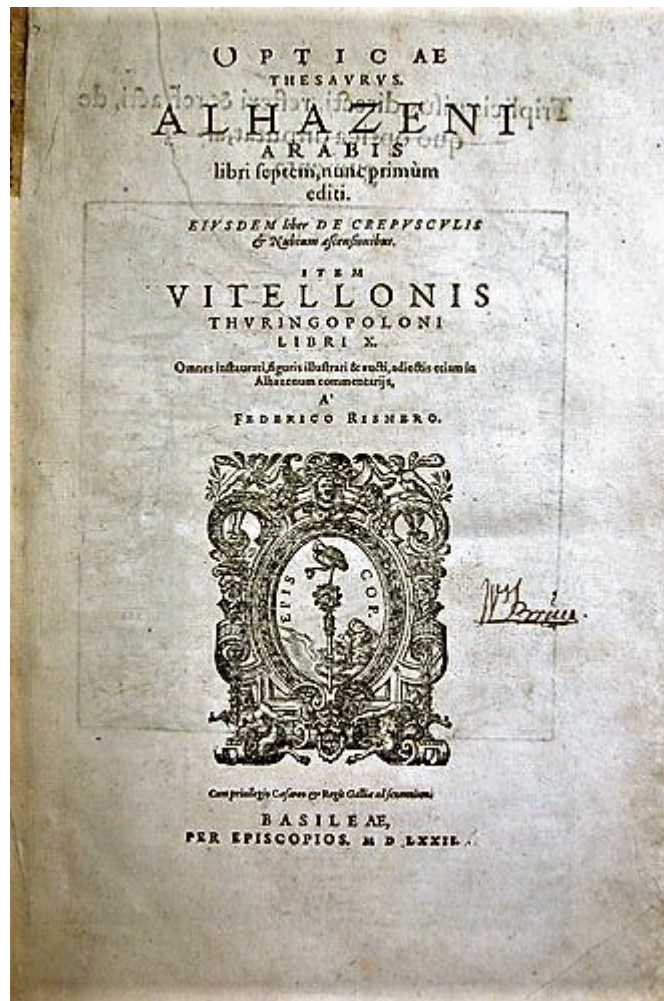
Již před mnoha lety člověk odhalil optické vlastnosti různých látek, jako např. kolem roku 4 před naším letopočtem římský filosof Seneca údajně přečetl všechny knihy v Římě s pomocí koule naplněné vodou, která mu poskytla dostatečné zvětšení psaného textu, aby ho dokázal číst. [2]

Dalším velkým milníkem v oblasti mikroskopie bylo vynalezení skleněných čoček. První zmínky o takzvaných čtecích kamenech jsou datovány do doby kolem roku 1000 našeho letopočtu. Ve skutečnosti těmito čtecími kameny bylo sférické sklo, které po položení na psaný text tento text opticky zvětšilo. Dnes je tento vynález známý především pod jménem lupa. [2]



Obr. 1. Čtecí kámen. [2]

Mezi lety 1010 - 1021 arabský vzdělanec Abu Ali al-Hassan Ibn al-Haytham vydává významnou knihu pod názvem „Kniha optiky“. V této sedmidílné knize Ibn al-Haytham popisuje své vlastní experimenty, pomocí kterých si ověřoval své vlastní teorie. Mezi nejvýznamnější teorie, které se Ibn al-Haythamovi podařilo ve své knize potvrdit, patří např. že světlo se v různých látkách šíří různou rychlostí nebo také to, že světlo se ve skutečnosti odráží od předmětů do lidského oka, nikoliv naopak, jak se v té době předpokládalo. [3]



Obr. 2. Titulní stránka Ibn al-Haythamovi *Knihy optiky*. [4]

Vynález prvních brýlí je připisován Salvino D'Armatemu, kterého jako vynálezce prvních brýlí označuje ve své knize Leopoldo del Migliore. Tento vynález měl být uskutečněn roku 1284, del Migliore své tvrzení odůvodňuje tím, že v kostele Santa Maria Maggiore měl být nápis „Zde leží Salvino degl 'Armati, syn Armata z Florencie, vynálezce brýlí. Nechť mu

Bůh odpustí jeho hříchy.“. Nicméně kostel byl již od té doby několikrát přestavěn, a uvedený nápis se v něm již nenachází, proto někteří historici Salvino D'Armato jako vynálezce prvních brýlí zpochybňují. [5]

První mikroskop sestrojili v roce 1590 v Nizozemsku výrobci brýlí Zacharias Janssen se svým synem Hansem. Při jednom ze svých experimentů vložili do trubice několik čoček a zjistili, že předměty blízké se jeví jako zvětšené, tím vytvořili první prototyp mikroskopu. Na tento objev navázal v roce 1609 Galileo Galilei, který vytvořil první skutečný složený mikroskop, který obsahoval konvexní i konkávní čočky.



Obr. 3. Mikroskop, který navrhl Galileo Galilei a sestrojil Giuseppe Campani. [6]

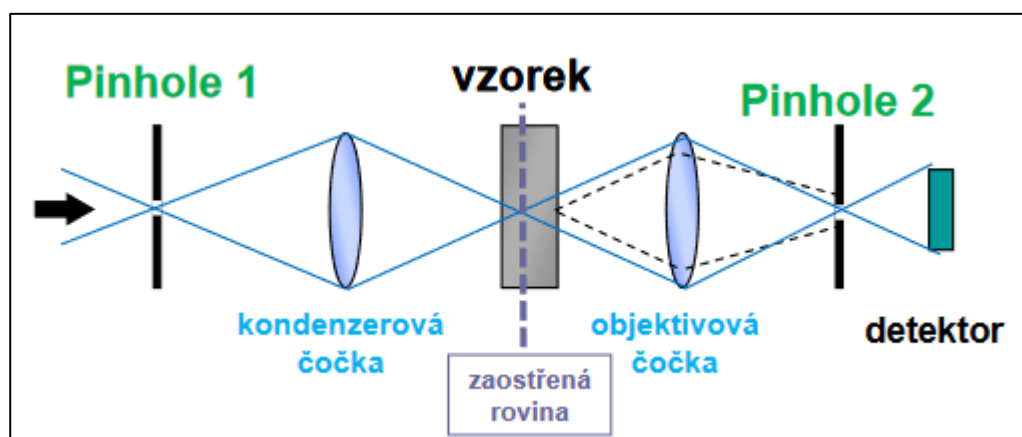
Nicméně ani z jednoho z těchto mikroskopů nebyla publikována žádná pozorování. První veřejně publikované pozorování pomocí mikroskopu má na svědomí Robert Hooke, který ve svém díle *Micrographia* zveřejnil svá pozorování semen, rostlin a dalších vzorků. Skutečně kvalitní čočky začal vyrábět na přelomu 17. a 18. století Antonj van Leeuwenhoek, jeho čočky dokázaly zvětšovat až 270x, van Leeuwenhoek tyto čočky používal ve svých vlastních mikroskopech, nicméně pouze jednočočkových. V 19. století zažívá mikroskopie obrovský vývoj, a to hlavně díky spolupráci tří mužů, kterými byli Carl Zeiss, Ernst Abbe a Otto Schott. Carl Zeiss 17. listopadu 1846 otevřel svou dílnu v Jeně. Později se pro firmu stala nejvíce zisková výroba mikroskopů, nicméně tato výroba byla založena na metodě pokus omyl, kdy se čočky neustále měnily a měnila se také jejich vzdálenost, a to až do

doby kdy bylo dosaženo použitelného optického systému. Poté, co Zeiss spojil své síly s Ernstem Abbem, začali spolu pracovat na mikroskopu, který po svém představení v roce 1872 překonal všechny do té doby známé mikroskopy. V roce 1879 se k týmu připojil Otto Schott, který se specializoval na vývoj speciálního optického skla, takzvaného lithiového skla. [7; 8; 9]

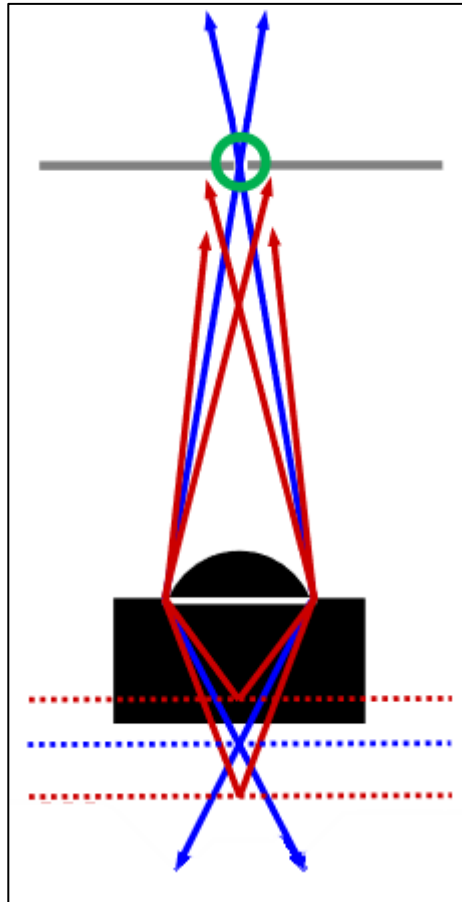
Vynález prvního konfokálního mikroskopu je připisován Marvinu Minskymu, který ve svém patentu z roku 1957 popsal princip konfokálního mikroskopu tak, jak je znám dnes. [10]

1.2 Laserová rastrovací konfokální mikroskopie

Laserový rastrovací konfokální mikroskop, označovaný jako CLSM podle anglického názvu confocal laser scanning microscope, je druhem optického mikroskopu. Stejně jako všechny mikroskopy moderních typů, také CLSM je ovládán pomocí softwaru a mají digitální zpracování obrazu. Jeho výhodou spočívá v tom, že díky detekci světla pouze z ohniskové roviny mikroskopu dosahuje vyšší rozlišovací. Pojem konfokální vznikl složením dvou anglických slov, těmito slovy jsou conjugate (sbíhat) a focal (ohniskový). Tento pojem tedy znamená mít stejné ohnisko/zaostření, neboli že obě clonky jsou umístěny v ohniscích. Tohoto stejného ohniska/zaostření je docíleno tím, že kondenzorové čočky se zaostří do stejné ohniskové roviny jako čočky objektivu. [11; 12]



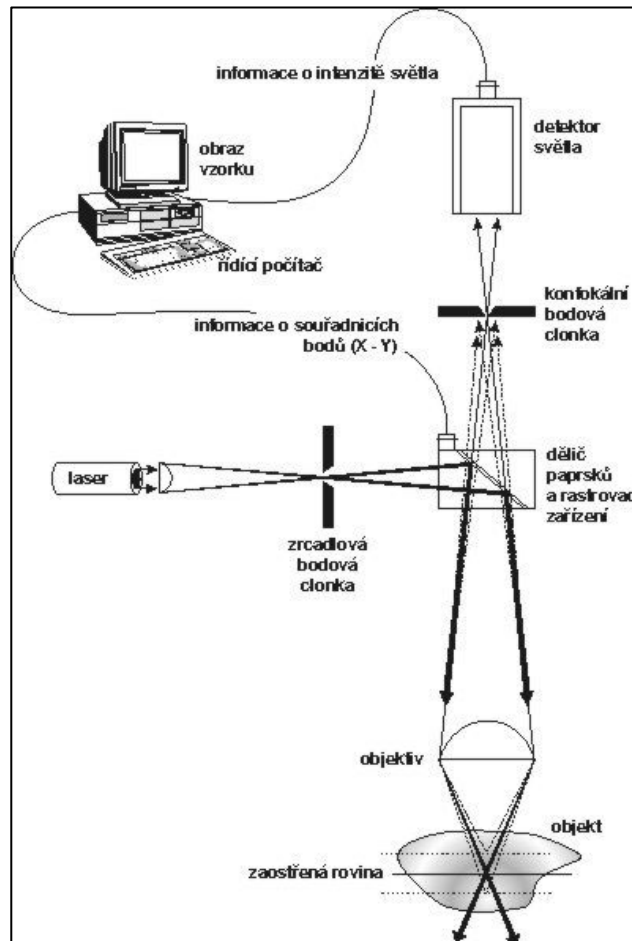
Obr. 4. Dosažení stejného ohniska pomocí zaostření kondenzorové a objektivové čočky do stejné ohniskové roviny. [11]



Obr. 5. Odstranění „nezaostřené“ části obrazu pomocí optiky, na detektor dopadá pouze obraz řezu objektu v rovině fokusace. [11]

Principem CLSM je, že zkoumaný předmět je osvětlován bodovým zdrojem světla, tímto zdrojem u CLSM je laserový paprsek, který je fokusovaný na clonku. Tato je poté objektivem mikroskopu zobrazena na zkoumaný předmět, konkrétně do bodu o průměru rovnajícímu se rozlišovací schopnosti daného objektivu (tzv. difrakční mez). Ten stejný objektiv poté shromažďuje světlo, které se od zkoumaného předmětu odrazilo, rozptýlilo, nebo jeho fluorescenci. Poté, co toto takzvané sekundární záření projde zpět objektivem, vznikne další obraz téže bodové clonky. Tento obraz je následně pomocí děliče paprsků lokalizován před fotonásobič. Zde světlo putuje k druhé, takzvané konfokální bodové clonce, která slouží k blokaci detekce záření, které nepochází z místa zkoumaného předmětu, které je v rovině, do které je mikroskop právě zaostřen. Finální obraz celé této zaostřené roviny je poté získán rastrováním této roviny bod po bodu. Toto rastrování pracuje na podobném způsobu, jako svazek elektronů vytvářející obraz na TV obrazovce. Jsou známy tři základní

metody rastrování, prvním je rozmítání laserového paprsku, druhým příčné posouvání zkoumaného předmětu před objektivem mikroskopu a třetím je posouvání objektivu nad zkoumaným předmětem. [13; 14; 15]



Obr. 6. Princip laserového rastrovacího konfokálního mikroskopu s rastrováním pomocí rozmítání laserového paprsku. [13]

Hlavní výhoda CLSM oproti klasické optické mikroskopii spočívá v tom, že díky konfokální bodové clonce, umístěné před detektorem světla, nejsou vůbec zobrazeny mimoohniskové roviny. Zobrazena je pouze zaostřená rovina, díky čemuž není obraz rozostřen. Metodou CLSM můžeme získat také kvalitní 3D obraz zkoumaného předmětu s velkou hloubkou ostroty. Další výhodou je také to, že pomocí této metody získáme obraz s vysokým kontrastem. Díky tomu, že výstup měření je v digitální formě, je možno si v zobrazovacím programu zkoumaný předmět různě otáčet a získat tak o něm zcela jinou perspektivu. Povrch zkoumaného předmětu můžeme pozorovat také ve skutečných barvách, tohoto lze dosáhnout díky kombinaci laserového svazku v kombinaci s jiným zdrojem světla. Toto

odražené světlo od zkoumaného předmětu poté dopadá na snímací prvek charge-coupled device (CCD) nebo complementary Metal–Oxide–Semiconductor (CMOS), který nám z tohoto odraženého světla ze zaostřené roviny určí informace o barvě zkoumaného předmětu. [16; 17]

2 KRIMINALISTICKÁ BALISTIKA

Kriminalistická balistika patří mezi nejstarší kriminalistické vědy. Obor kriminalistická balistika se zabývá mimo jiné průběhem děje výstřelu, pohybem střely ve zbrani, letem této střely na cíl, ale také následnými účinky střely v cíli. V rámci tohoto oboru se používá mnoho vlastních vědeckých metod, které pomáhají řešit specifické otázky z této oblasti. [18]

2.1 Prenatální balistika

V rámci prenatální balistiky jsou popsány děje probíhající před výstřelem samotným. Při těchto dějích na náboji nebo na zbrani vznikají jisté stopy, které jsou pro kriminalistickou balistiku významné. Mezi tyto stopy mohou patřit například:

- stopy vývodek zásobníku,
- stopy od přeběhu závěru na nábojnici,
- změny na zbrani, které pachatel úmyslně vytvoří a chce jejich pomocí zabránit její individuální identifikaci.

Mezi další podstatné informace zjišťované v části prenatální balistiky patří také identifikace jednotlivých metod a jejich technologií, které slouží k výrobě nejen komerčních, ale také podomácku vyrobených či nelegálně upravených zbraní. Další úlohou prenatální balistiky je také zjištění historie střelby ze zbraně, která proběhla před kriminalisticky relevantním výstřelem. [18]

2.2 Vnitřní balistika

Vnitřní balistika se zabývá ději, které při výstřelu probíhají v důsledku vyvinuté rány. Do vnitřní balistiky spadají ty děje, které se stanou do doby, než střela opustí hlaveň. Pro kriminalistickou balistiku má v této části velký význam vznik stop na nábojnici a střele, které později slouží k individuální identifikaci nebo také určení skupinové a podskupinové příslušnosti. [18]



Obr. 7. Stopy drážkovaného vývrtnu zanechané na střele. [19]

2.3 Přejíhová balistika

Přejíhová balistika se zabývá ději, které probíhají před ústím hlavně po opuštění střely v důsledku působení povýstřelových spalných plynů, které střelu dodatečně urychlují. Pro kriminalistiku je v části přejíhová balistika zajímavé také zkoumání toho, jak se v prostoru šíří povýstřelové zplodiny a také to, jak tyto ulpívají na povrchu překážek, případně vnikají do cíle střelby nebo povrch tohoto cíle očazují při střelbě z bezprostřední blízkosti. Také se zde zkoumají účinky a stopy úst'ových zařízení. [18]



Obr. 8. Střela opouštějící hlavěň. [20]

2.4 Vnější balistika

Tato část kriminalistické balistiky popisuje pohyb střely prostorem, a to až do okamžiku, kdy střela zasáhne cíl. Tento pohyb může být buďto stabilizovaný nebo nestabilizovaný. Vnější balistika se v kriminalistice využívá často v případech, kdy je potřeba provést rekonstrukci střely na místě činu. V rámci kriminalistické rekonstrukce se může být zkoumáno převýšení a derivace dráhy střely, vzdálenost, kterou střela od svého výstřelu urazila, také může být zkoumáno místo, ze kterého byla střela vystřelena a mnoho dalších poznatků, které při kriminalistickém vyšetřování mohou přinést relevantní informace, které mohou být pro kriminalisty jakkoliv přínosné. [18]

2.5 Terminální balistika

V rámci terminální balistiky se zkoumají účinky střely v cíli střelby, a to jak živém, tak i neživém. [18]

2.5.1 Ranivá balistika

Ranivá balistika je částí terminální balistiky, která se zabývá účinky střely, která zasáhne živý biologický cíl. K tomu, aby se odlišily různé specifiky používaných zbraní, střel a požadovaných účinků v cíli, se mohou dávat ranivé balistice různé přívlastky, jako např. vojenská, lovecká a další. V kriminalistické balistice se tato oblast využívá zvláště ke studiu otázek, které navazují na soudně lékařskou praxi týkající se střelných účinků a hodnocení jejich účinků. [18]

2.6 Postterminální balistika

Cílem postterminální balistiky je zkoumání dějů, které nastanou po prostřelení cíle. Tato část nalézá své uplatnění především v kriminalistice. Zkoumány mohou být např. účinky střely:

- po prostřelení okna,
- po prostřelení karoserie vozidla
- která zasáhne dvě osoby jednou střelou.

Postterminální balistika se také zabývá otázkami, které probíhají poté, co střela nebo její část, jako např. úlomek pláště, nebo olověné/ocelové jádro opustí cíl, zpravidla nestabilizovaně. [18]

2.7 Balistické stopy

Pod pojmem balistická stopa jsou myšleny ty kriminalistické stopy, které jsou odrazem podrobnosti děje, který proběhl při užití střelné zbraně nebo tomuto ději předcházel. Tyto stopy jsou v kriminalistické praxi zkoumány znalcem v tomto oboru. Balistické stopy je možno pro větší přehlednost rozdělit do těchto skupin: mechanické stopy, technologické stopy, materiálové stopy, datové stopy a stopy destrukce. [21]

2.7.1 Mechanické stopy

Mezi mechanické stopy mohou patřit různé rýhy, vtisky nebo zhmožděniny. Tyto identifikátory mohou být zřetelné i jednoduchým ohledáním, například může jít o okem rozeznatelné otisky úderníku/zápalníku na dně nábojnice, ale naopak může jít jen a pouze o drobné oděrky, které lidským okem zřejmě nejsou a jsou viditelné pouze pod mikroskopem. Mechanické stopy vznikají typicky při výstřelu jak na nábojnici, tak na střele. Patří sem takzvané markanty, což jsou znaky, podle kterých je možno určit jak skupinovou příslušnost zbraně, tak provést její individuální identifikaci. [21]

2.7.2 Technologické stopy

Tyto stopy vznikají zpravidla při tom typu manipulace s předmětem, kdy je účelem dosáhnout změny tohoto předmětu, nebo také mohou vznikat při samotné výrobě předmětů. Rozlišujeme stopy technologické na zbraních, mezi které patří zpravidla úprava nebo výměna součástí, například za účelem ztížení identifikace této zbraně, a technologické stopy na střelivu, kam patří zejména podomácku přebíjené náboje. [21]

2.7.3 Materiálové stopy

Materiálové stopy zahrnují velkou skupinu balistických stop. Patří sem např. různé otěry, kousky kovů, ale mohou sem patřit také částice organických i anorganických látek. Materiálové stopy můžeme pozorovat jak na střelných zbraních, tak i na střelivu, překážkách ale i cílech střelby. [21]

2.7.4 Datové stopy

Datové stopy lze chápat jako souhrn informací, které se týkají použití střelných zbraní, střeliva ale také další relevantní data. Mohou sem patřit např. audiovizuální stopy střelby, zvukové stopy střelby nebo také svědectví střelby. Analýza těchto stop má jistý potenciál, kterým mohou přispět hlavně ke skupinové identifikaci použité střelné zbraně. Znalec ale musí brát ohled

na to, zda se jedná o stopy objektivní, jako např. videozáznam, nebo o stopy subjektivní, kam může patřit např. výpověď očitého svědka střelby, který může svým popisem situaci zkreslit oproti tomu, jak se ve skutečnosti stala. [21]

2.7.5 Stopy destrukce

Tyto stopy vznikají poté, co střela zasáhne cíl. Nejčastěji se tyto stopy vyskytují na zasažených předmětech, tedy na překážkách střely a jejích cílech. O stopy destrukce se ale jedná také v tom případě, kdy např. vadná munice způsobí selhání a zničení zbraně zevnitř. [21]

3 KRIMINALISTICKÁ MECHANOSKOPIE

Kriminalistická mechanoskopie je jednou z částí kriminalistické praxe, která se zabývá zkoumáním mechanoskopických stop. Mezi hlavní cíle mechanoskopie patří zkoumání zákonitostí vzniku, zániku a metodika vyhledávání, zajišťování a zkoumání stop nástrojů a jiných technických prostředků za účelem jejich identifikace a zjišťování způsobu jejich použití. Mechanoskopické stopy jsou po jejich zajištění podrobeny analýze jednou z mnoha analytických metod, které jsou v rámci kriminalistické mechanoskopie využívány. Tato analýza se neustále rozvíjí s tím, jak se mění celý tento obor s novými trendy. [22]

Asi nejvýznamnějším cílem tohoto oboru je získání, pokud možno co největšího množství, informací o nástroji, který pachatel využil, jako je typ tohoto nástroje, jeho tvar, jeho unikátní znaky umožňující individuální identifikaci a mnoho dalších užitečných informací. [22]

Z pohledu mechanoskopie je za nástroj považován každý předmět, s jehož pomocí lze překážku překonat. V této souvislosti se nástroje mohou dělit na tyto skupiny:

- nástroje, které jsou vyráběny sériově a nejsou nijak neupravovány. Tyto nástroje jsou běžně prodávány – šroubováky, pily, kleště, sekáče, hasáky apod.,
- nástroje, které jsou vyráběny sériově, ale následně jsou upraveny k páčání trestné činnosti – zkrácení, ohýbání apod.,
- nástroje, které jsou individuálně zhotovené samotným pachatelem, nebo jinou osobou na základě požadavku pachatele. Nález tohoto druhu nástrojů většinou svědčí o páčání trestné činnosti nebo přípravě k trestné činnosti – planžety, kasařské nářadí, nástroje k roztahování zárubní apod.,
- předměty, které jsou pachatelem náhodně nalezeny. Tyto předměty jsou využity zejména v případech nepřipravené trestné činnosti, které sice nemají charakter nástrojů, ale slouží k překonání překážek – kovové a dřevěné tyče, trubky, cihly, kameny apod. [22]

Mezi obecné cíle kriminalistické mechanoskopie patří:

- zjišťování, jakým způsobem se kriminalisticky relevantní událost stala,
- zjišťování, jakým způsobem pachatel postupoval,
- zařazení použitého nástroje do příslušné skupiny,

- individuální identifikace použitého nástroje,
- zjištění mechanismu vzniku mechanoskopických stop. [23]

3.1 Individuální identifikace nástroje

Pod pojmem identifikace nástroje je myšleno určení, zda byla daná konkrétní zajištěná stopa vytvořena konkrétním nástrojem. K tomu, aby byl nástroj takto identifikovatelný, je nutné, aby tento nástroj obsahoval individuální stopy, tedy to, aby tento nástroj nesl jisté unikátní znaky. Zde jsou uvedeny příklady těchto znaků:

- znaky polotovaru – tyto znaky vznikají v počátečních fázích výroby tohoto nástroje, při dalším výrobní zpracování zpravidla zmizí. Znaky polotovaru mohou vzniknout např. lisováním, kováním a podobně. Tyto znaky jsou dosti výrazné,
- znaky opracování – vznikají při dalším opracování nástroje a jeho dokončování ve výrobě. Tyto znaky většinou překryjí znaky polotovaru. Vznikají nejčastěji soustružením, broušením a podobnými způsoby,
- znaky opotřebení – vznikají používáním nástroje, při kterém je tento nástroj opotřebováván a opravován. Tyto znaky se tvoří a mění buďto postupně, kde může být příkladem vliv prostředí, nebo skokově, typicky při opravě či úpravě těchto nástrojů. [24]

3.2 Zařazení nástroje do příslušné skupiny

Díky mechanoskopickým stopám lze určit, pomocí jakého nástroje, případně jakou skupinou nástrojů, byl spáchán trestný čin. Pro zařazení nástroje do jedné ze skupin je dobré dělit znaky na:

- znaky obecné – tyto znaky slouží k zjištění toho, jakou příslušnou skupinou nástroje nebo přímo jakým typem nástroje byla stopa vytvořena, například jestli stopa byla vytvořena hrotem šroubováku, páčidlem a podobně,
- znaky zvláštní – pomocí těchto znaků, které jsou pro daný nástroj jedinečné, lze určit konkrétní nástroj, kterým byl trestný čin spáchán. Tyto znaky tedy umožňují individuální identifikaci nástroje. [24]

3.3 Zajišťování mechanoskopických stop

S vyhledáváním mechanoskopických stop na místě činu není většinou větší problém. Velice často jsou viditelné pouhým lidským okem při prohlídce napadeného objektu, jelikož jsou většinou nápadné a dostatečně velké. Občas ale může být zapotřebí použít při hledání malých stop různé pomůcky, jako např. lupu. Tyto pomůcky se využívají zejména při hledání malých částí, hlavně drobných úlomků. U určité části trestných činů lze již v této fázi vyšetřování velice rychle určit, jakým typem nástrojem byl konkrétní trestný čin spáchán, jelikož ze stopy samotné je zcela zřejmé, pomocí jakého nástroje tato vznikla. [23]

Roli hraje také charakteristika trestného činu – jako příklad můžeme uvést vypáčení okna, u tohoto trestného činu se budou mechanoskopické stopy vyhledávat na zcela jiných místech, než např. při jeho rozbití nebo odvrtání. Kriminalisté podle svých zkušeností a podle charakteristiky trestného činu už velice často poznají, na jaké konkrétní mechanoskopické stopy se mají zaměřit a kde je vyhledávat. Každá, na místě činu nalezená, mechanoskopická stopa se před tím, než u ní proběhne další zkoumání musí důkladně popsat, vyfotografovat a zapsat do dokumentace z místa činu. [23]

Podle charakteru jednotlivých mechanoskopických stop je potřeba zvolit takovou metodu, která bude vhodná k jejich zajištění. Mechanoskopickou stopu můžeme zajistit:

- in natura (celá stopa),
- fotografováním,
- odlitím do vhodné hmoty. [23]

3.3.1 In natura

In natura znamená „v originále“, neboli v původní podobě stopy. Způsob in natura je u zajišťování mechanoskopický stop upřednostňovaný před ostatními, pokud je možné jej využít. Menší předměty, u kterých je možné je zajistit v celku, jsou také v celku zajištěny. Naopak u předmětů, které jsou pro další zkoumání příliš velké, se oddělí jen ta část obsahující stopu – uříznutím, odmontováním nebo jiný způsob, hlavně kvůli dalšímu zpracování této stopy. Při oddělování nesmí dojít k znehodnocení mechanoskopické stopy. [23]

I když je způsob in natura nejvhodnější, nelze jej použít ve všech případech. Zpravidla se nepoužívá tehdy, pokud by oddělením té části, která obsahuje stopu vznikla větší materiální škoda než ta, kterou způsobil pachatel trestného činu. V těchto případech je stopa označena a zajištěna jiným, vhodnějším, způsobem. [23]

3.3.2 Fotografování

Fotografování mechanoskopických stop se provádí s měřítkem. Fotografuje se vždy několik snímků za, pokud možno, stejných okolních podmínek a další série snímků za jiných okolních podmínek, například při jiném úhlu dopadu světla. Alespoň na jednom ze snímků ale musí vždy být vyobrazena vzájemná poloha stop, zpravidla se tato situace řeší tak, že je vždy pořízena fotografie z větší vzdálenosti. Fotografie malých a špatně viditelných mechanoskopických stop se fotografuje způsobem makro – tedy ve velkém měřítku. [23]

3.3.3 Odlití

Tato metoda není z praktických důvodů v kriminalistické praxi často používána, někdy se ale odlitím stopy nevyhneme. Pro vytvoření odlitku se používají většinou tyto materiály:

- silikonový kaučuk,
- polymerové pasty,
- sádra,
- speciální plastické hmoty. [23]

U volby vhodného materiálu k odlití hraje roli hlavně velikost mechanoskopické stopy, její povrch, okolní vlhkost, okolní teplota ale také mnoho dalších vlivů. [23]

3.4 Převrání mechanoskopických stop

Mechanoskopické stopy, které byly zajištěny na místě činu, je třeba přepravit k jejich dalšímu zkoumání a analýze. K samotné zajištěné stopě se musí přiložit dokumentace o místě činu. Tato dokumentace obsahuje mimo jiné také čas vzniku a zajištění stopy, podmínky, za kterých byla stopa nalezena a zajištěna ale také další podstatné informace. Zajištěné stopy jsou přepravovány vždy ve vhodných obalech nejlépe v pevném a nepropustném obalu, který zajistí, že se stopa během přepravy nepoškodí. Stopa se v obalu nesmí hýbat, křehké stopy je potřeba zabalit každou zvlášť do látky, papíru, nebo jiného měkkého materiálu. Velmi křehké stopy jako např. nátěry překážek obsahující stopu, které se oddělily od objektu, se přepravují za pomoci fólie či lepicí pásky, na kterou se stopa nalepí. Po naložení se stopa přepravuje přímo na místo zkoumání, aby se snížilo riziko jejího poškození při transportu. [25]

3.5 Analýza mechanoskopických stop

Z hlediska mechanoskopického zkoumání jsou nejlepší mechanoskopické stopy, které jsou zanechány v tvrdých, odolných, časově stálých materiálech, jako např. kov. Stopy zanechané v měkkých materiálech nejsou tak vhodné jako stopy v tvrdých materiálech, jelikož relativně často neumožňují identifikaci nástroje a jsou časově méně stálé. Díky moderním technologiím ale i tyto stopy mohou být velmi užitečné. [24]

V rámci kriminalistické mechanoskopie jsou většinou analyzovány stopy po činných částech jednotlivých nástrojů, jelikož pachatelé zanechávají na místě činu ve většině případů právě stopy těchto částí nástrojů. Je tomu tak ale také proto, že se na těchto částech často nachází unikátní znaky, ze kterých je možné získat největší množství informací o nástroji. V neposlední řadě jsou tyto stopy také nejvhodnější pro individuální identifikaci. [24]

Mezi nejpoužívanější způsoby analýzy mechanoskopických stop patří:

- vizuální metoda,
- optická metoda,
- optoelektronická metoda,
- mechanická metoda,
- fyzikálně chemická metoda. [24]

4 FORENZNÍ ANTROPOLOGIE

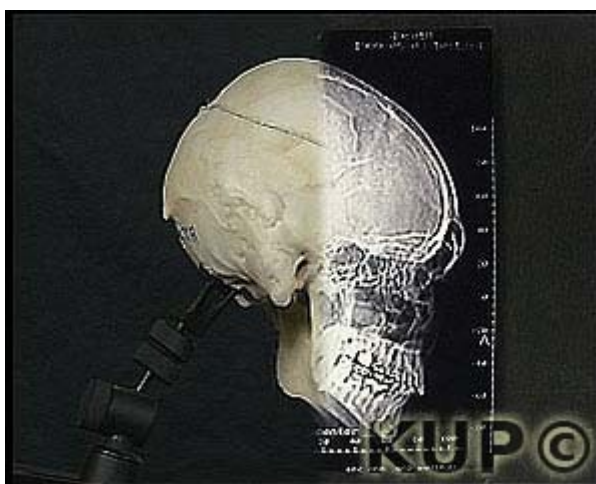
V rámci této kapitoly bude pojednáváno především o částech antropologické expertízy, jelikož se k této práci nejvíce vztahuje. Antropologie jako taková je věda o člověku v nejširším slova smyslu. Pokud se ale budeme bavit o forenzní antropologii, tak mezi její hlavní úkoly patří rozpoznávání lidských ostatků a identifikace biologického materiálu. [26]

Samotnou problematiku forenzní antropologie lze dále dělit do tří samostatných oblastí:

- osteologická expertiza,
- fotokomparativní zkoumání,
- trichologická expertiza. [27]

4.1 Osteologická expertíza

Tato oblast forenzní antropologie se zaměřuje na zkoumání a identifikaci lidských pozůstatků. Hlavního využití osteologická expertíza nabývá tehdy, kdy nelze využít k identifikaci buď rekognici, DNA analýzu nebo daktyloskopii, tedy některou z metod, u kterých se jejich výpovědní hodnota blíží vysokému stupni pravděpodobnosti až jistotě. Samotný identifikační proces v rámci forenzní antropologie obsahuje kompletní vyhodnocení kosterního nálezu, čili získání údajů post mortem, tedy po smrti, které jsou následně porovnány s údaji ante mortem, tedy před smrtí, o pohřešovaném jedinci. Pokud je u zajištěných stop zjištěna shoda, přistoupí se v závěrečné fázi expertízy k takzvané superprojekci, tedy promítnutí lebky do portrétu, popřípadě rentgenového snímku hlavy pohřešované osoby. [27]



Obr. 9. Ukázka superprojekce. [27]

4.1.1 Druhov prslunost

Pokud jsou nalezeny neznm kosti, je potřeba určit, jestli jsou tyto kosti lidsk nebo zvre. Nkter kosti jz na prv pohled vykazují urit charakteristické znaky, dle kterých i laik pozná, že se jedná o kosti lidsk. Tyto charakteristické znaky jednotlivých nalezených kostí mohou spoivat ve tvaru a velikosti této kosti, nebo v mikroskopických vlastnostech jednotlivých kostí. Jak jsem se jz zmnil, u některých kostí není nron určit pouhým okem, že se jedná o kosti lidsk, naopak v některých prpadech mue být toto určení dosti nron a bez podrobných znalostí v oblasti lidsk anatomie tme nemon. Velkou roli hraje také to, zda byl nalezen cel skelet dospělého člověka, kdy není určení druhov príslušnosti nic sloitho, nebo pouze ast skeletu či dětského skeletu, v těchto prpadech mue být toto určování znan složitější. [28]

Tab. 1. Nejvyraznj rozdíly ve skeletu zvrete a člověka [28]

lovk		Zvre	
Lebka	klenut čelo	Lebka	ustupující mozkovna za očnicemi
	obl tln krajina		zalomen tl
	tln otvor smeuje dolů		tln otvor smeuje vzad
	velk upina spnkov kosti s oblm zakonenm		upina mal s rovnm zakonenm
	ptmnost bradavtho vbeku		absence bradavtho vbeku
	obličej orientován vertikln		obliejov ast prognátní
	horní okraj nosho otvoru pře-sahuje spojnicí dolních okrajů onic		horní okraj nosho otvoru leží pod okrajů onic
	ptmnost zevního nosho trnu		absence zevního nosho trnu
	parabolick zubní oblouk		zubní oblouk tvaru U nebo V
	zuby pravideln rozloženy v jedné rovině bez mezer, velikosti stoliček se distln zmenšuje		mezi zuby nepravideln mezery, pi-žáky vystupuj nad roveň ostatních zubů

	bradový výběžek a bradový trn v dolní čelisti		absence bradového výběžku a trnu
Tělo	předozaďní oploštění hrudníku	Tělo	stranové oploštění hrudníku
	výrazný velký sedací zářez		absence sedacího zářezu
	stehenní kost téměř rovná		stehenní kost silně prohnuta dopředu
	torze hlavic stehenní a pažní kosti		malá torze hlavic stehenní a pažní kosti
	přítomnost patního hrbolu na patní kosti		absence patního hrbolu

4.1.2 Určení množství jedinců v nálezů

Někdy se může stát, že je nalezeno na jednom místě několik kosterních pozůstatků od několika různých osob. Že se jedná o více jedinců můžeme poznat např. podle toho, že se na tomto místě nachází více kostí stejného druhu. V těchto případech je nutné určit minimální a maximální počet jedinců v tomto nálezů. [28]

4.1.3 Určení věku

Jedním z cílů při zkoumání kosterních pozůstatků je také přibližné určení věku osoby, které tyto pozůstatky patřily. Při tomto zkoumání ale nezjistíme skutečný věk jedince, nýbrž jeho biologický věk. Tyto dva typy věků se mohou lišit někdy až o roky. Určování věku je rozdílné u nálezů kosterních pozůstatků dospělého člověka a dítěte, u dítěte můžeme zkoumat např. prořezávání zubů či výskyt osifikčních center. U dětí a nedospělců lze věk jedince určit s přesností na roky, u dospělých jedinců tato přesnost z důvodu zpomalení změn na kostře ale klesá na desetiletí. Základní znaky, podle kterých můžeme poznat, že se jednalo o dospělého jedince, jsou především vytvoření pevného spojení kosti klínové a týlní, zvýrazněné svalové drsnatiny, ostřejší reliéfy kostí a vytvoření osteofických lemů. [28]

4.2 Fotokomparativní zkoumání

Portrétní komparace je významnou metodou, která nalézá své využití při ověřování totožnosti osob např. podle dokladů, identifikaci mrtvých jedinců, identifikaci pachatelů loupežných přepadení, osob realizujících neoprávněný výběr peněz v bankomatech... Princi-

pem fotokomparativního zkoumání je vyhodnocování a porovnávání vnějších identifikačních znaků jednotlivých obličejů zachycených ať už na statických, nebo také dynamických záznamech. [27]

4.3 Trichologická expertíza

Trichologická expertíza se zabývá zkoumáním lidského trichologického materiálu. Trichologickým materiálem mohou být např. lidské vlasy, chlupy a další podobné části, které byly zajištěny v souvislosti s vyšetřovanou trestní činností. Pomocí trichologických stop, zajištěných u mrtvého lidského těla, můžeme dospět až k identifikaci tohoto těla. [27]

5 MAKROSKOP VK-X1000

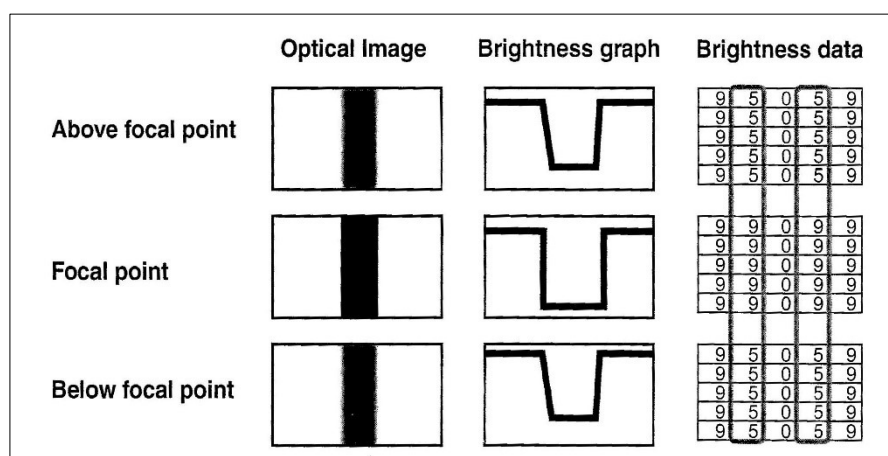
Laserový konfokální mikroskop VK-X1000 je schopen provádět bezkontaktní měření profilu, drsnosti a tloušťky filmu, a to s rozlišením nanometrů, nezáleží přitom na materiálu nebo tvaru měřeného objektu. Za pomoci kombinace bílého světla se zdrojem laserového světla může snímat povrch a shromáždit jak optický snímek, tak povrchové údaje s vysokým rozlišením. Pomocí analýzy vráceného světla z laseru je možno měřit výškové hladiny s rozlišením v nanometrech. [29]

5.1 Princip makroskopu

Makroskop VK-X1000 využívá dva principy měření, certifikované podle normy ISO, pro analýzu povrchů, a to změnu ostření (ISO25178-606) a laserovou konfokální mikroskopii (ISO25178-607). [29]

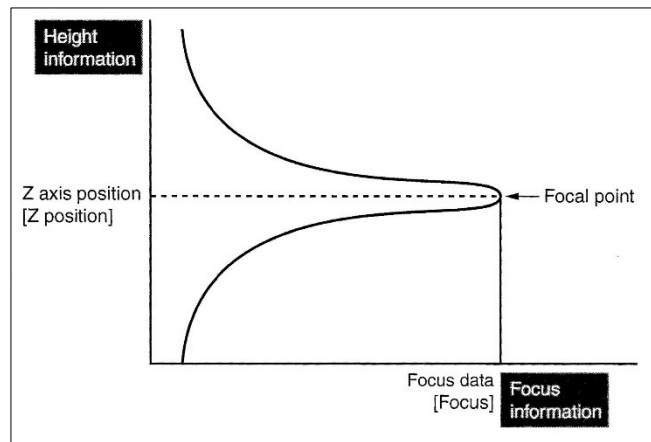
5.1.1 Princip měření pomocí změny ostření

Makroskop dokáže díky změně ostření změřit tvar pozorovaného objektu na základě nalezení ohniska u tohoto objektu. Tento princip využívá bílé světlo a kameru CMOS ke shromažďování informací o výšce povrchu 3D objektu. Zatímco se objektiv pohybuje nahoru a dolů, zaznamenává se rozdíl jasu mezi sousedními pixely. Při posunu směrem od ohniskové roviny se změní jas a kontrast obrazu tak, že hrany obrazu se rozmazávají a kontrast je nízký. Pomocí grafu kontrastu pixelu, vzhledem k jeho okolním pixelům ve vertikálním směru pohybu objektivu, je určen optimální ohniskový bod, který poskytuje výškovou hodnotu pro každý pixel. [29]



Obr. 10. Způsob nalezení optimálního ohniskového bodu. [29]

Čistý snímek s velkou hloubkou ostrosti získáme přenesením údajů o výšce pozorovaného objektu z nejvyšší Z hodnoty (tj. ohniskové vzdálenosti) ostření na grafu na obrázek. [29]



Obr. 11. Nalezení ohniskové vzdálenosti pomocí změny ostření a informací o ohnisku. [29]

5.1.2 Princip CLSM

Makroskop řady VK-X1000 používá dva zdroje světla, a to laser a bílé LED světlo. Laser se používá k vytvoření snímku s vysokým rozlišením a získání informací o výšce potřebné pro měření. Bílé LED světlo poskytuje přesné barevné informace pro kvalitativní analýzu. [29]

5.1.2.1 Detekce intenzity a výšky pomocí laserového světla

Světlo vyzařované ze zdroje laserového světla je zaměřeno na povrch snímaného vzorku pomocí skenovací optiky X-Y a objektivových čoček. Toto zaměřené bodové světlo skenuje oblast obrazu v zorném poli za pomoci již zmíněného X-Y skenovacího optického systému. Díky rozdělení zorného pole na 1024x768 pixelů v základním rozlišení, nebo 2048x1536 pixelů ve vysokém rozlišení, je odražené světlo na každém pixelu skenovaného objektu detekováno fotoreceptorem. Pomocí posunutí čoček objektivu po ose Z, k opakování snímání objektu, se získá intenzita každého pixelu v každé pozici na ose Z. Nyní pokud víme, že poloha osy Z s nejvyšší intenzitou je ohniskem, zaznamenají se informace o výšce a intenzitě laseru z tohoto bodu. [29]

Zařízení snímá intenzitu polohy osy Z pro každý z obrazových bodů 1024x768 pixelů a určuje polohu osy Z s maximální intenzitou, což je vlastně ohnisková vzdálenost, a zaznamenává intenzitu a informace o barvě pro tuto pozici. Na základě těchto informací jsou

vytvořeny tři typy obrazových dat, barevný obraz s velkou hloubkou ostrosti, černobílý snímek založený na intenzitě laseru a obraz s informací o výšce povrchu snímaného předmětu. [29]

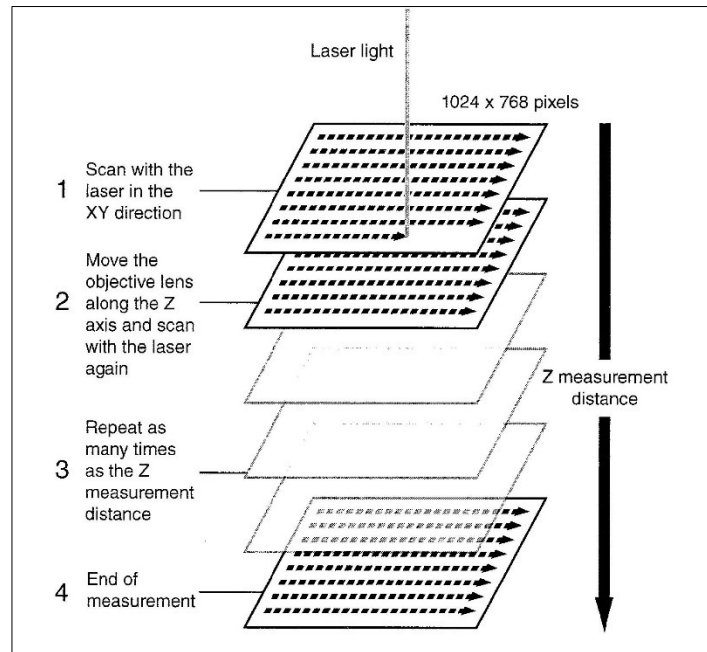
5.1.2.2 Vytvoření barevného obrazu pomocí snímacího prvku CMOS

Na rozdíl od laserového světla, které je snímáno fotoreceptorem, světlo produkované z bílého světelného zdroje LED je detekováno kamerou CMOS. Informace o barvě, která je přirozená jako by byla pozorována lidským okem, je dosaženo pomocí získání informací o barvě každého pixelu v jeho ohniskovém bodě, který je detekován laserem. [29]

5.1.2.3 Proces získání dat

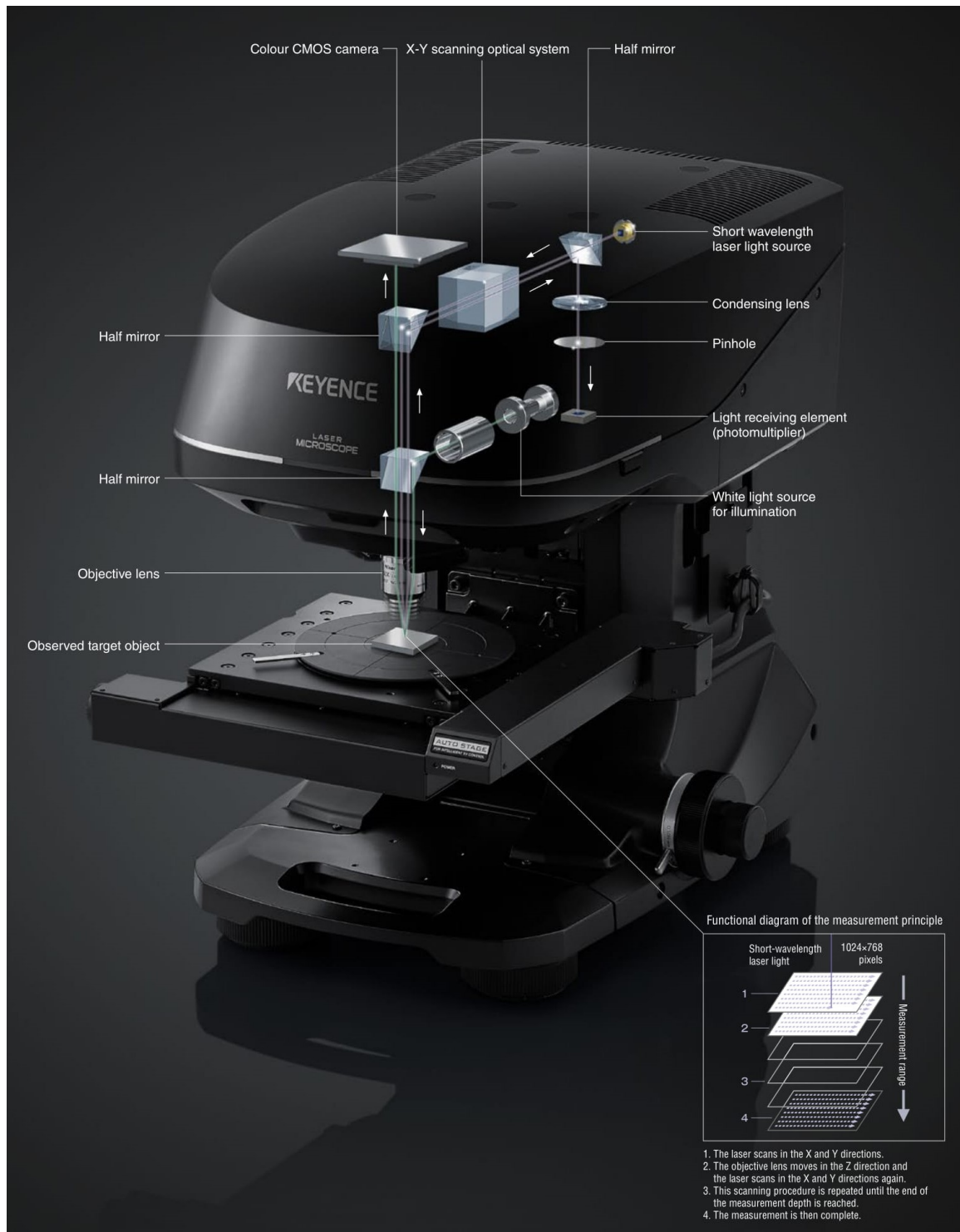
Zde je popsán proces, kterým jsou pomocí laserové konfokální mikroskopie získávána data o snímaném předmětu.

1. Laserové světlo z polovodičového laseru nejprve skenuje v horizontálním směru rezonančním (horizontálním) skenerem.
2. Poté je toto světlo skenováno vertikálním skenerem ve svislém směru produkujícím plošný skenovací paprsek.
3. Laserové světlo, které se odrazí od vzorku, poté prochází polarizovaným děličem paprsků před zdrojem laserového světla a poté putuje do zaostřovacího objektivu, bodové clony (pinhole) a fotoreceptoru.
4. Světlo, které procházelo zaostřovacím objektivem, je zaměřeno na bodovou clonu, a prochází pouze to dopadající na daný bod v cloně. Poté toto světlo dosáhne fotoreceptoru (laserové světlo, které je mimo ohnisko, fotoreceptoru nedosáhne).
5. Elektrický signál vysílaný fotoreceptorem po přijetí laserového světla se přemění na obrázek (oblastní informace), který je založený na vzorkování prováděném při svislém a vodorovném pohybu skeneru.
6. Po dokončení skenování jedné vrstvy snímků se objektiv posouvá o jeden krok ve směru Z a opakuje skenování.
7. Při každém pohybu objektivu se do paměti ohniskových bodů (1024 x 768 pixelů) zaznamenávají data o intenzitě laseru, data RGB ze snímacího prvku CMOS a hodnota lineárního měřítka v okamžiku ukládání dat.
8. Při pořizování dat je sledována intenzita laseru u každého jednoho pixelu. To znamená, že intenzity laseru vyšší než ty, které jsou uloženy v paměti nahradí předchozí data RGB ze snímacího prvku CMOS, intenzitu laseru, a hodnoty lineární stupnice.
9. Opakováním těchto kroků na konci shromažďování dat každý pixel obsahuje informace o hodnotách RGB, které jsou uloženy ze snímacího prvku CMOS, intenzitě laseru a hodnotě lineárního měřítka místa, kde je intenzita laseru nejvyšší. [29]



Obr. 12. Princip získávání dat o snímaném předmětu pomocí laserové konfokální mikroskopie. [29]

Kombinací těchto dat lze vytvořit barevný obraz, který je zcela ostrý, černobílé snímky založené na intenzitě laseru a výškovou mapu povrchu (kontrast) založený na hodnotě lineární stupnice. [29]



Obr. 13. Princip makroskopu Keyence VK-X1000. [30]

5.2 Funkce makroskopu Keyence VK-X1000

Makroskop Keyence VK-X1000 zvládá velké množství funkcí, které mohou být využity k různým účelům při zkoumání různých předmětů. V této kapitole jsou popsány vybrané základní funkce tohoto makroskopu. [31]

5.2.1 Měření profilu

Pomocí funkce měření profilu můžeme měřit výšku, vzdálenost (délku), plochu průřezu, úhel, poloměr oblouku a další parametry vzorku pomocí libovolné pomyslné přímky nebo křivky zvolené na tomto vzorku. Nejdříve ze všeho je potřeba vybrat naměřený vzorek, na kterém chceme aplikovat měření profilu. Tento vzorek si uživatel upraví podle potřeby. Když je vzorek upravený tak, jak jej uživatel potřebuje, je potřeba v programu zvolit linii nebo více linií profilu, případně kombinace linie a bodu, ze které chce získat informace. Poté co je zvolena tato linie se již automaticky zobrazí graf profilu průřezu touto linií, na grafu můžeme provést vyhlazení jeho průběhu pomocí přednastavených filtrů nebo eliminovat šum způsobený abnormální intenzitou vráceného světla u měřených profilů pomocí hodnoty intenzity vráceného světla. Linií profilu si může uživatel přizpůsobovat podle potřeby do různých tvarů a na této linii může dále vybírat jednotlivé intervaly, na kterých chce provádět detailní měření. [31]

5.2.2 Liniové měření drsnosti povrchu

Funkce liniového měření drsnosti povrchu slouží k měření drsnosti povrchu vzorku. Tento profil je měřen v oblasti, ve které uživatel zvolí pomocí přímky nebo křivky specifikované v programu, že chce provést měření. Kromě toho může uživatel nakreslit více těchto čar nezávisle na sobě a měřit drsnost povrchu na každé z nich podle volby uživatele. Po zvolení vzorku uživatelem a jeho následném upravení dle potřeby již uživatel zvolí linii, na které chce měření provést. Dále uživatel může zvolit, jestli chce zobrazit graf drsnosti profilu, primárního profilu nebo graf vlnitosti profilu. U získaného grafu můžeme opět provést od-filtrování šumu. Získané grafy může uživatel dále analyzovat pomocí mnoha funkcí programu a získat tak o vzorku velké množství informací. [31]

5.2.3 Více liniové měření drsnosti povrchu

Tato funkce vychází z funkce liniového měření drsnosti, stejně jako v této funkci se ve více liniovém měření drsnosti povrchu zvolí referenční linie, ale navíc zde může uživatel zvolit počet linií rovnoběžných s tou referenční a také rozestup mezi těmito liniemi. Tím může uživatel získat více informací o drsnosti povrchu v okolí referenční linie. [31]

5.2.4 Plošné měření drsnosti povrchu

V této části bude popsána funkce plošného měření drsnosti povrchu. Při měření drsností povrchu plochy se tato drsnost měří pouze v oblasti, kterou si uživatel zvolí. Uživatel si

nejdříve zvolí již naměřený vzorek z paměti zařízení a dále si tento vzorek zpracuje podle potřeby. Poté si uživatel zvolí oblast, ve které chce provést měření drsnosti povrchu. Následně musí uživatel nastavit hodnoty filtrů, volí se mezi Gaussovým filtrem, dvojitým Gaussovým filtrem a filtrem spline, dále se musí nastavit hodnoty horní a dolní propusti. Uživatel si může navíc upravit ještě další možnosti nastavení měření. Poté již stačí spustit měření a na obrazovce se zobrazí výsledky. Uživatel si může z měřené plochy zvolit několik dalších oblastí, pro které se zobrazí výsledky zvlášť. Konkrétně se pro každou oblast vypíše 7 výškových parametrů, 3 prostorové parametry, 4 hybridní parametry, 6 funkčních parametrů a 4 funkční objemové parametry. Výsledky měření si uživatel může exportovat do excelové podoby, kde může s těmito daty dále pracovat. [31]

5.2.5 Funkce doporučení parametrů

Funkce doporučení parametrů je funkcí pomocnou, která slouží k doporučení vhodných parametrů k porovnání rozdílů mezi daty ze dvou měření. Nejdříve z paměti zařízení vybereme vzorky k analyzování, následně si tyto vzorky rozdělíme do dvou skupin. Analýzu si můžeme ještě sami upravit podle potřeby, například můžeme zvolit, aby se nezobrazovali parametry, u kterých je rozdíl mezi vzorky menší než námi zvolená hodnota. Poté, co proběhne analýza, se již zobrazí doporučené parametry. Parametry jsou seřazeny podle toho, jak velká je v daném parametru odchylka mezi oběma skupinami. Tato hodnota se počítá pomocí rovnice 1.

$$\frac{\text{průměrná hodnota skupiny 1} - \text{průměrná hodnota skupiny 2}}{\text{směrodatná odchylka skupiny 1} + \text{směrodatná odchylka skupiny 2}} \quad (1)$$

Následně si již z nabízeného seznamu vhodných parametru stačí zvolit jen ty, které chceme v následné komparaci těchto vzorků dále použít. [31]

5.2.6 Komparativní měření

Tato funkce slouží k porovnání rozdílů mezi grafy profilu, kterými mohou být např. výškové rozdíly v předem zvolených bodech, u dvou různých měření. Nejdříve se vybere referenční naměřený objekt a poté naměřený objekt, se kterým se bude ten referenční porovnávat, následně se navzájem zarovnají tak, jak uživatel potřebuje. Poté se specifikují oblasti pro nastavení poloh, na kterých bude prováděna komparace. Dále se pomocí referenční měřicí linie vymezi linie, na kterých bude prováděna komparace mezi dvěma grafy profilů

ze dvou různých měření, tyto dva grafy se poté vzájemně proloží pro lepší přehlednost. [31]

Výsledné průběhy těchto grafů ještě můžeme upravit, aby byla komparace přesnější. Průběhy můžeme např. vyhladit nebo eliminovat šum způsobený abnormální hodnotou intenzity světla u profilových grafů měřených na základě intenzity vráceného světla. [31]

Funkce komparativního měření nám nabízí několik možných výstupů. Prvním výstupem je porovnání výškového rozdílu průběhu těchto grafů v jednom bodě, který se zvolí na libovolném místě referenční měřicí linie. Druhým je porovnání výškového rozdílu dvou profilů mezi předem zvolenými dvěma body, které se zvolí na libovolném místě referenční měřicí linie. Třetím výstupem je průměrný výškový rozdíl mezi dvěma body, zvolenými na libovolném místě referenční měřicí linie. Čtvrtým výstupem je obsah plochy mezi dvěma proloženými grafy, která se nachází mezi dvěma body na referenční měřicí linii. Pátý výstup je podobný výstupu třetímu, jenom s tím rozdílem, že místo průměrného výškového rozdílu se zde určuje výškový rozdíl maximální. Posledním výstupem u této funkce je změření vzdálenosti dvou bodů na referenční měřicí linii. [31]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ZKOUMÁNÍ BALISTICKÝCH STOP

Tato kapitola zkoumání balistických stop se zabývá zkoumáním stop zanechaných zbraní na střelách a nábojkách. Ke zkoumání byly vybrány střely ze dvou různých zbraní, konkrétně ze samonabíjecí pistole CZ 75 ráže 9 mm a samopalů CZ SCORPION EVO 3 S1 ráže 9 x 19 mm. Jako nábojky ke zkoumání byly vybrány nábojky Luger 9 mm vystřelené ze dvou různých zbraní stejného typu.

6.1 Nábojky

Jak je již zmíněno v úvodu této kapitoly, zkoumanými nábojkami jsou nábojky Luger 9 mm vystřelené ze dvou různých samonabíjecích pistolí CZ 75. Na nábojkách byly zkoumány stopy po zápalníku na jejich zápalkách. V této práci jsou vzhledem k rozsahu práce podrobněji rozebrány výsledky vždy pouze dvou nábojek vystřelených ze stejné pistole. Nábojky číslo 1 a číslo 2 byly vystřeleny jednou pistolí a nábojky číslo 3 a číslo 4 byly vystřeleny druhou pistolí.

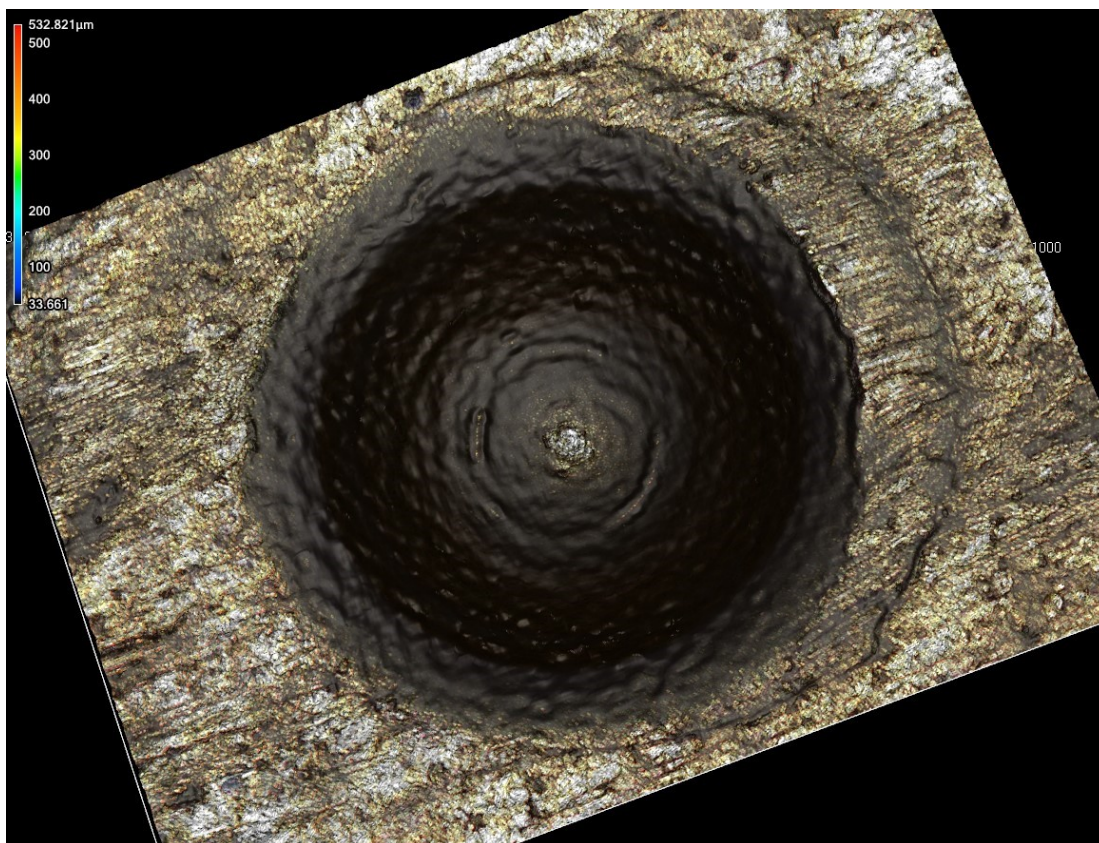


Obr. 14. Nábojka Luger 9 mm – pohled na dno zápalky.



Obr. 15. Nábojka Luger 9 mm – pohled z boku.

Při zkoumání bylo využito objektivových čoček se zvětšením 5x. Dále po naskenování každé ze zkoumaných nábojek byla využita funkce makroskopu plošného měření drsnosti povrchu. Jelikož je stopa po zápalníku kruhového tvaru, byl zvolen taktéž kruhový výběr zkoumané plochy. Na následujících Obr. 16 a 17 je vidět tato stopa po zápalníku na zápalce ve 3D zobrazení, konkrétně na Obr. 16 je stopa na nábojce číslo 3 a na Obr. 17 stopa na nábojce 4, které byly obě vystřeleny ze stejné zbraně.

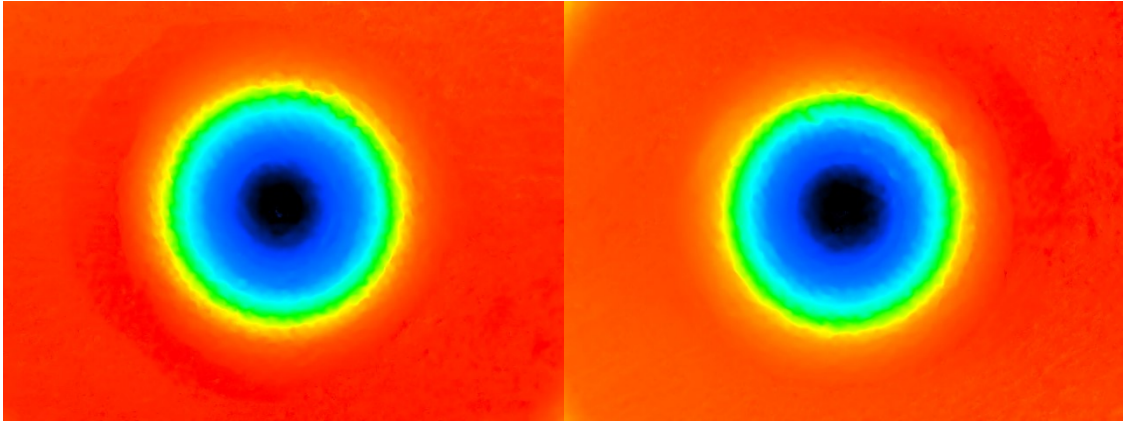


Obr. 16. Stopa po zápalníku na zápalce nábojky č. 3.



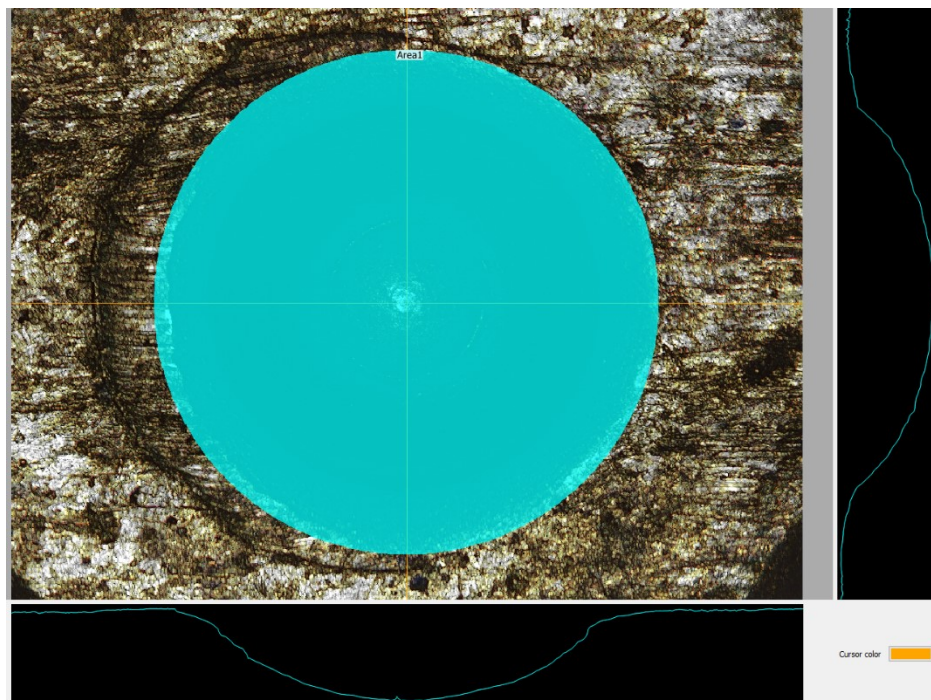
Obr. 17. Stopa po zápalníku na zápalce nábojky č. 4.

Již z tohoto pohledu je jasně zřejmá podobnost jednotlivých stop. Dále pro tyto dvě nábojky byly vygenerovány také výškové mapy jejich povrchu, tyto výškové mapy jsou zobrazeny na následujícím Obr. 18, nábojka číslo 3 je nalevo a nábojka číslo 4 je napravo.



Obr. 18. Výškové mapy povrchu nábojek č. 3 a č. 4.

Na Obr. 19 je zobrazena vybraná kruhová plocha na nábojce číslo 3, na které probíhalo plošné měření drsnosti povrchu.



Obr. 19. Výběr plochy, na které bylo prováděno plošné měření drsnosti povrchu.

Dále z těchto vybraných ploch byly pomocí programu tohoto makroskopu vygenerovány tabulky s parametry těchto ploch. Zde jsou vysvětleny jednotlivé parametry v těchto tabulkách:

- Sa – Průměrná aritmetická výška posuzované plochy, což je aritmetický průměr všech výškových změn měřeného povrchu
- Sz – Maximální hodnota výšky povrchu

Tab. 2. Naměřené hodnoty nábojky číslo 1.

Nábojka č. 1	Sa [μm]	Sz [μm]
Max.	132,929	479,385
Min.	132,929	479,385
Ave.	132,929	479,385
Areal	132,929	479,385

Tab. 3. Naměřené hodnoty nábojky číslo 2.

Nábojka č. 2	Sa [μm]	Sz [μm]
Max.	130,338	469,545
Min.	130,338	469,545
Ave.	130,338	469,545
Areal	130,338	469,545

Tab. 4. Naměřené hodnoty nábojky číslo 3.

Nábojka č. 3	Sa [μm]	Sz [μm]
Max.	149,399	547,325
Min.	149,399	547,325
Ave.	149,399	547,325
Areal	149,399	547,325

Tab. 5. Naměřené hodnoty nábojky číslo 4.

Nábojka č. 4	Sa [μm]	Sz [μm]
Max.	147.378	549.255
Min.	147.378	549.255
Ave.	147.378	549.255
Area1	147.378	549.255

Jak je z tabulek patrné, hodnota Sz je daleko více ovlivněna tím, jak přesně byla na jednotlivých nábojkách vybrána plocha k měření. U nábojek číslo 3 a číslo 4 byla tato plocha vybrána o něco přesněji, tudíž i jednotlivé výsledky jsou si bližší než výsledky měření u nábojek číslo 1 a číslo 2, které byly vystřeleny ze stejné pistole. U nábojek číslo 1 a číslo 2 je rozdíl v parametru Sa 2,591 μm a v parametru Sz 9,84 μm . Zde hlavně u parametru Sz je patrné, jak velký má správné zarovnání měřených ploch vliv na samotné měření. U nábojek číslo 3 a číslo 4 je rozdíl v parametru Sa 2,021 μm a v parametru Sz 1,93 μm . Výsledky stop na nábojkách vystřelených z první pistole se v parametru Sa liší od stop na nábojkách vystřelených z druhé pistole průměrně o 16,755 μm a v parametru Sz o 73,825 μm .

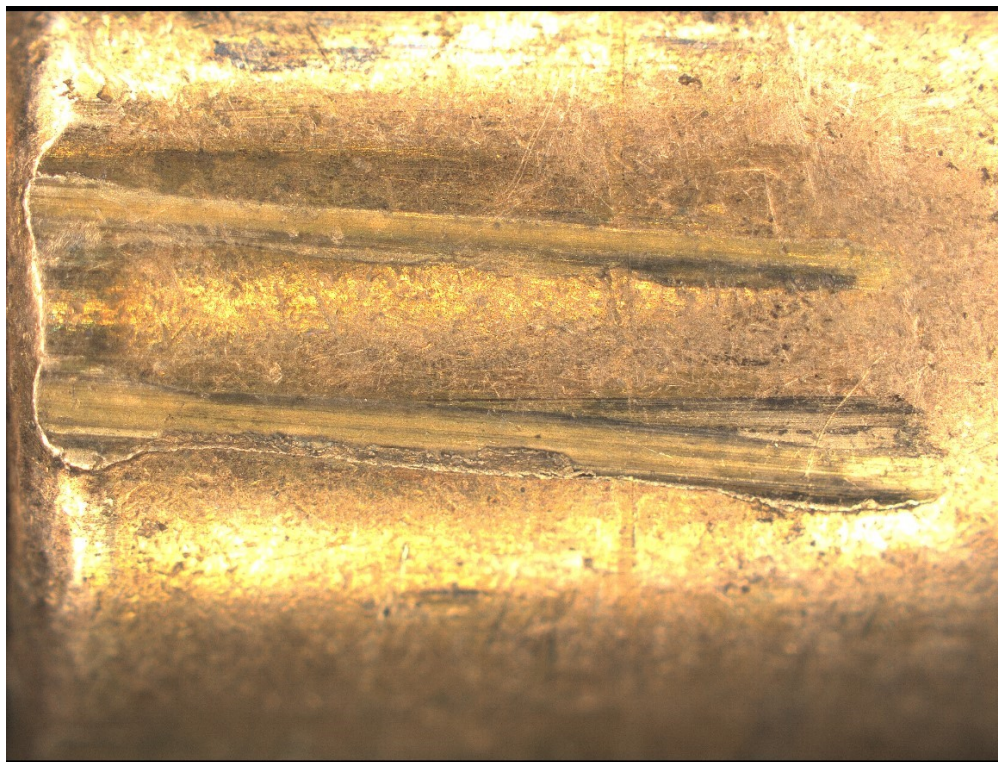
Shoda dvou nábojek vystřelených ze stejné pistole tedy byla prokázána jak na základě vizuální podoby stop zápalníku na zápalkách těchto nábojek, tak naměřených dat z povrchu těchto stop.

6.2 Střely

U zkoumání střel byly zkoumány stopy na jednotlivých střelách ze dvou různých zbraní, konkrétně ze samonabíjecí pistole CZ 75 ráže 9 mm a samopalu CZ SCORPION EVO 3 S1 ráže 9 x 19 mm. Na jednotlivých střelách byly porovnávány stopy po vývrtnu hlavně, které na těchto střelách byly zanechány. Stejně jako u nábojek, tak i u střel bylo využito objektivových čoček se zvětšením 5x, z důvodu velikosti zorného pole jednotlivých čoček. U zkoumání nábojek byla využita funkce liniového měření drsnosti povrchu, více liniové měření drsnosti povrchu a funkci komparativního měření.

Nejdříve ze všeho byly nasnímány všechny zkoumané střely do paměti programu, následně již byly mezi těmito vzorky porovnávány jejich shody a rozdíly. Ukázka nasnímaných stop

je zobrazena na následujících dvou Obr. 20 a 21. Na Obr. 20 je zobrazena stopa v 2D zobrazení a na Obr. 21 je ta stejná stopa, pouze pootočená, ve 3D zobrazení.

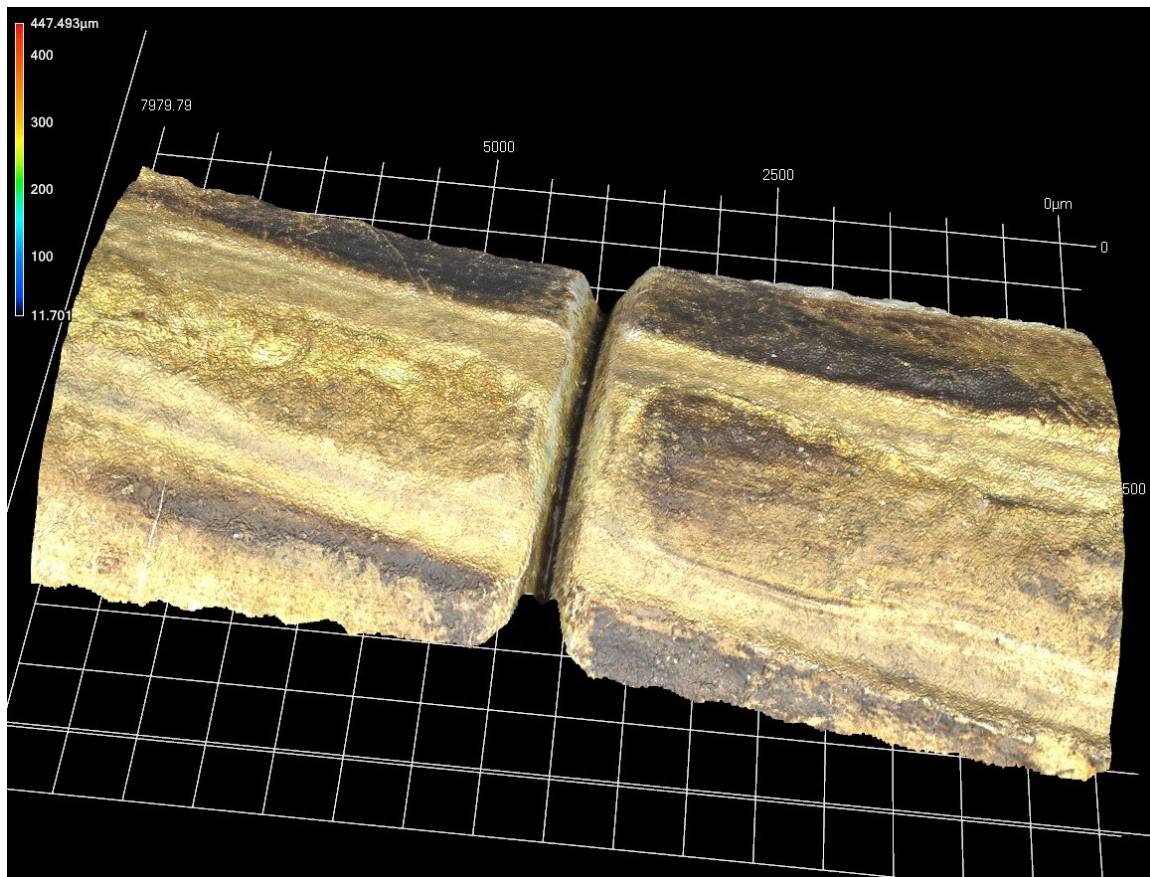


Obr. 20. Ukázka nasnímané stopy zanechané na střele v 2D zobrazení.



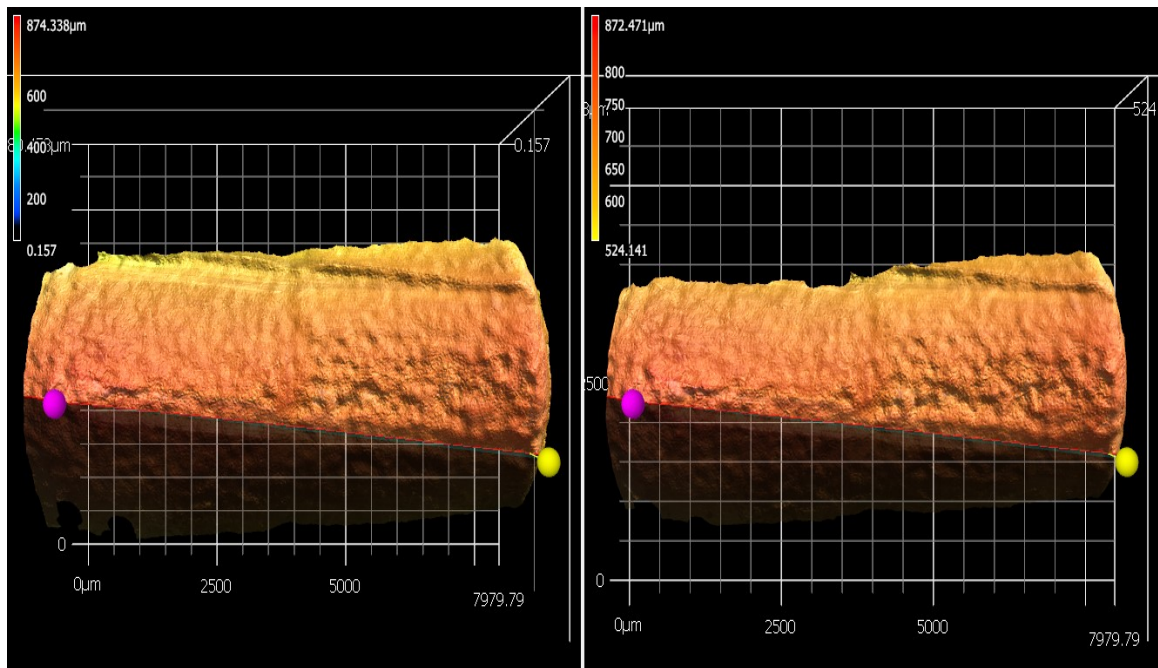
Obr. 21. Ukázka nasnímané stopy zanechané na střele ve 3D zobrazení.

Nejdříve byla využita funkce komparativního měření, zde byly vybrány 2 vzorky vystřelené ze stejné zbraně. Tyto 2 vzorky můžeme vidět zarovnané vedle sebe v 3D zobrazení na Obr. 22.



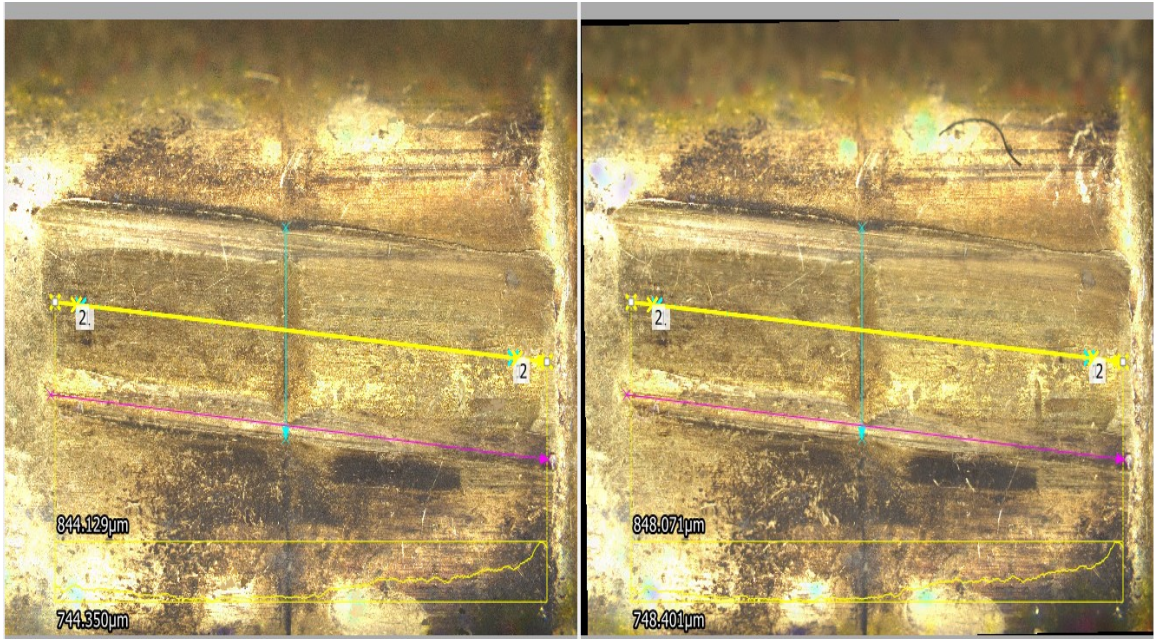
Obr. 22. Dvě střely vystřelené ze stejné zbraně – zarovnané drážky.

Výšková mapa povrchu těchto dvou střel je zobrazena na Obr. 23.

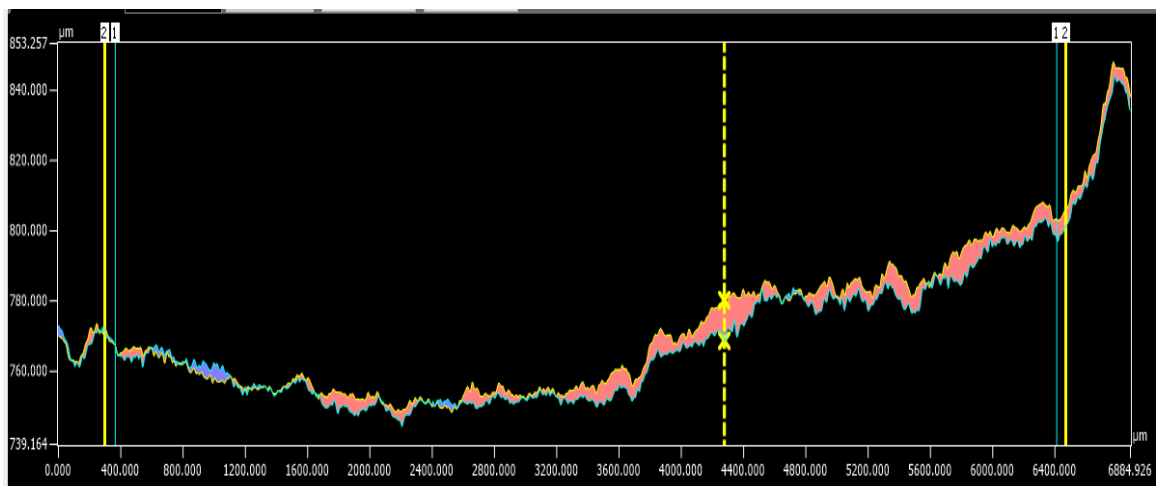


Obr. 23. Výškový profil povrchu dvou střel vystřelených ze stejné zbraně.

Na následujícím Obr. 24 je zobrazeno okno programu se spuštěnou funkcí komparativního měření, jsou zde vidět referenční linie na obou zarovnaných vzorcích. Nejdříve byly oba vzorky zarovnány, nejprve s pomocí funkce programu zarovnání dle vizuální podobnosti a poté bylo již toto zarovnání pouze ručně doladěno tak, aby byla shoda co největší. Následně byly navrženy referenční linie, podle kterých poté program automaticky vytvořil graf povrchu těchto dvou střel. Na Obr. 25 a 26 jsou zobrazeny právě tyto grafy s rozdíly povrchu těchto dvou střel, konkrétně je graf na Obr. 25 z místa, které je na Obr. 24 znázorněno žlutou referenční linií a graf na Obr. 26 z místa označeného růžovou referenční linií.

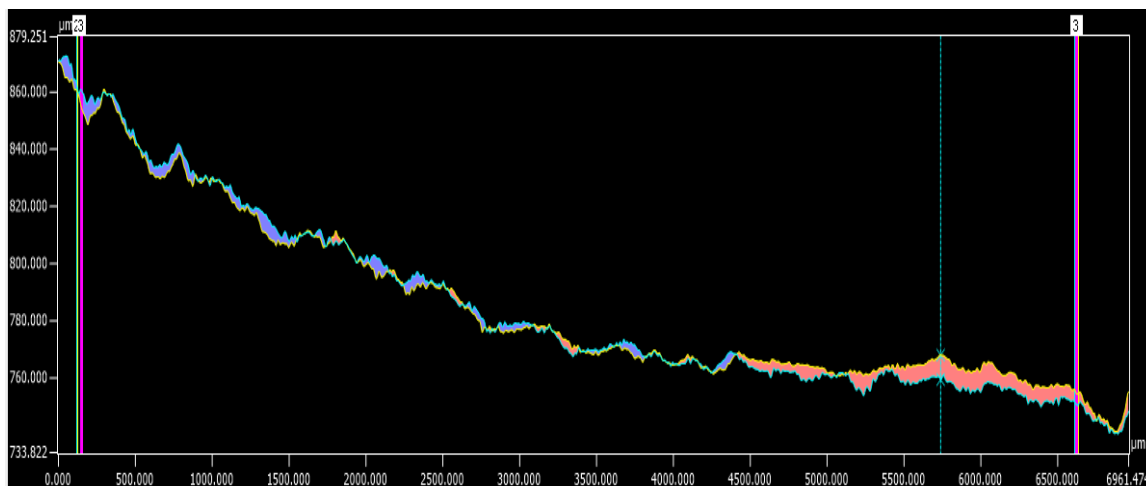


Obr. 24. Funkce komparativního měření – 2 střely vystřelené ze stejné zbraně.



Obr. 25. Funkce komparativního měření – 1. graf povrchu 2 střel vystřelených ze stejné zbraně.

Na tomto Obr. 25 je z grafu patrné, že průběh povrchů těchto dvou střel je v místě označeném na Obr. 24 žlutou referenční linií téměř shodný, průměrná odchylka těchto dvou průběhů je 3,243 μm .



Obr. 26. Funkce komparativního měření – 2. graf povrchu 2 střel vystřelených ze stejné zbraně.

I z průběhu grafu na Obr. 26 je zřejmá shodnost těchto dvou povrchů z místa označeném na Obr. 24 růžovou referenční linií. Zde je průměrná odchylka těchto dvou průběhů 2,849 μm .

Dále byla u těchto vzorků otestována také funkce více liniového měření drsnosti povrchu, naměřená data jsou zobrazena pro větší přehlednost v jedné Tab. 6. Data jsou získána opět z místa označeném na Obr. 24 žlutou referenční linií. Kolem referenční linie bylo zvoleno z obou stran 9 rovnoběžných linií s odstupem na monitoru 3 pixely. Zde jsou uvedeny významy jednotlivých hodnot:

- Ra – aritmetický průměr profilu drsnosti
- Rz – maximální hodnota výšky profilu drsnosti

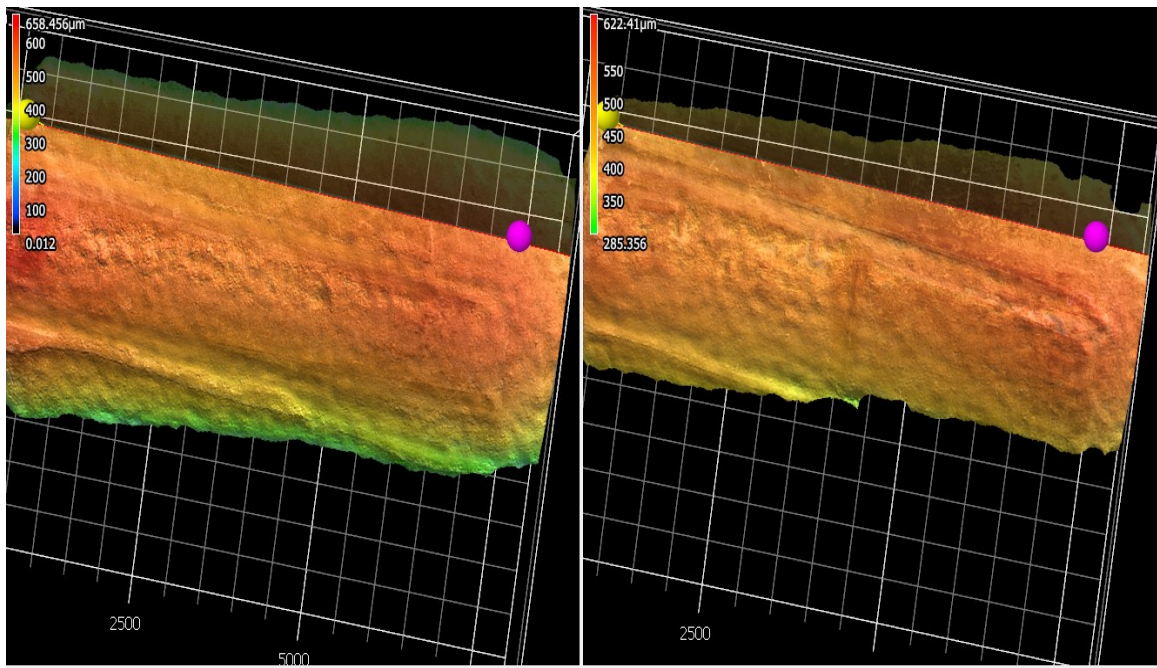
Tab. 6. Více liniové měření drsnosti povrchu – porovnání dvou střel vystřelených ze stejné zbraně.

Vzorek 1	Ra [μm]	Rz [μm]	Vzorek 2	Ra [μm]	Rz [μm]
Ave.	44.478	177.944	Ave.	45.039	199.386
Max.	47.678	200.186	Max.	48.392	232.154
Min.	40.244	157.214	Min.	40.843	165.109
Std. DV	2.715	14.874	Std. DV	2.987	25.374
Line 1	47.678	200.186	Line 1	48.392	215.190

Line 2	47.060	194.466	Line 2	47.943	213.393
Line 3	46.344	190.084	Line 3	47.701	217.559
Line 4	46.514	192.277	Line 4	48.064	229.635
Line 5	46.591	196.307	Line 5	48.291	231.609
Line 6	46.123	195.480	Line 6	47.438	231.846
Line 7	45.650	187.191	Line 7	47.146	232.154
Line 8	46.392	184.654	Line 8	47.955	228.036
Line 9	47.484	184.174	Line 9	47.552	213.945
Line 10	47.549	183.505	Line 10	46.846	202.686
Line 11	45.906	178.012	Line 11	44.924	194.597
Line 12	43.861	170.407	Line 12	43.136	186.679
Line 13	42.082	166.997	Line 13	42.003	179.232
Line 14	40.628	163.299	Line 14	40.844	174.378
Line 15	40.244	160.251	Line 15	40.843	170.499
Line 16	40.361	160.685	Line 16	40.859	165.702
Line 17	40.757	158.451	Line 17	41.477	165.109
Line 18	41.663	157.302	Line 18	42.100	166.114
Line 19	42.194	157.214	Line 19	42.229	169.975

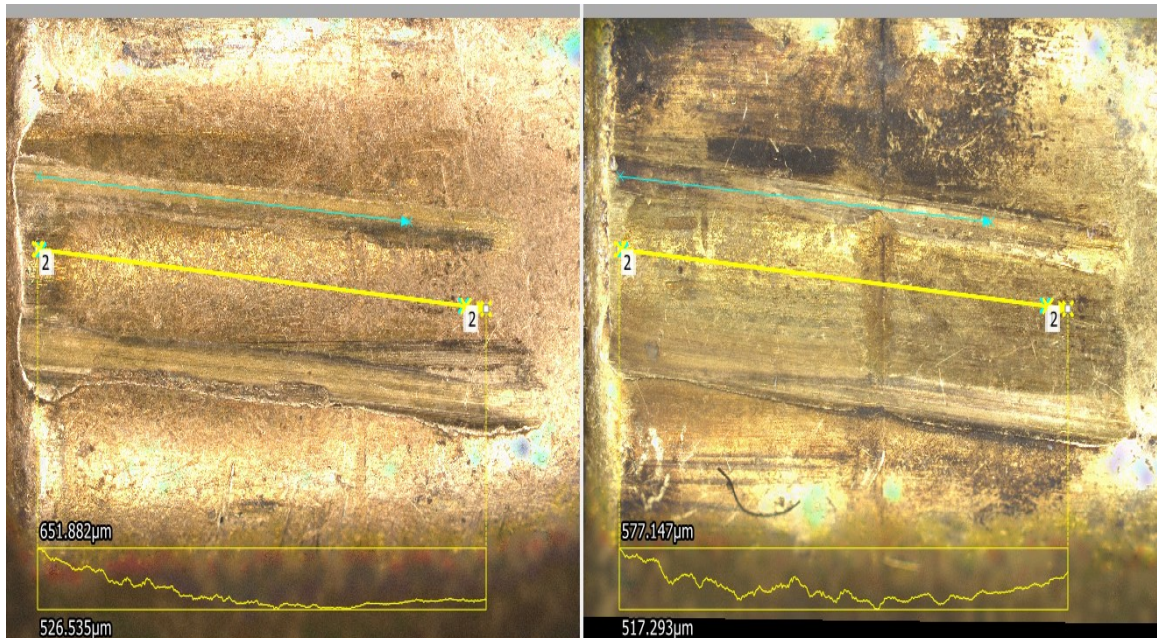
Jak je z Tab. 6 patrné, tyto dvě naměřené hodnoty na střelách vystřelených ze stejné zbraně s v průměrné hodnotě Ra liší pouze o 0,561 μm a v parametru Rz o 21,442 μm .

Následně byla prováděna měření na dvou střelách vystřelených ze dvou různých zbraní, i k tomuto měření byly využity stejné funkce makroskopu jako v předchozím případě. Také v této ukázce z mé práce budou popsány jednotlivé rozdíly na dvou střelách. Na Obr. 27 můžeme vidět výškový profil povrchu těchto dvou střel.



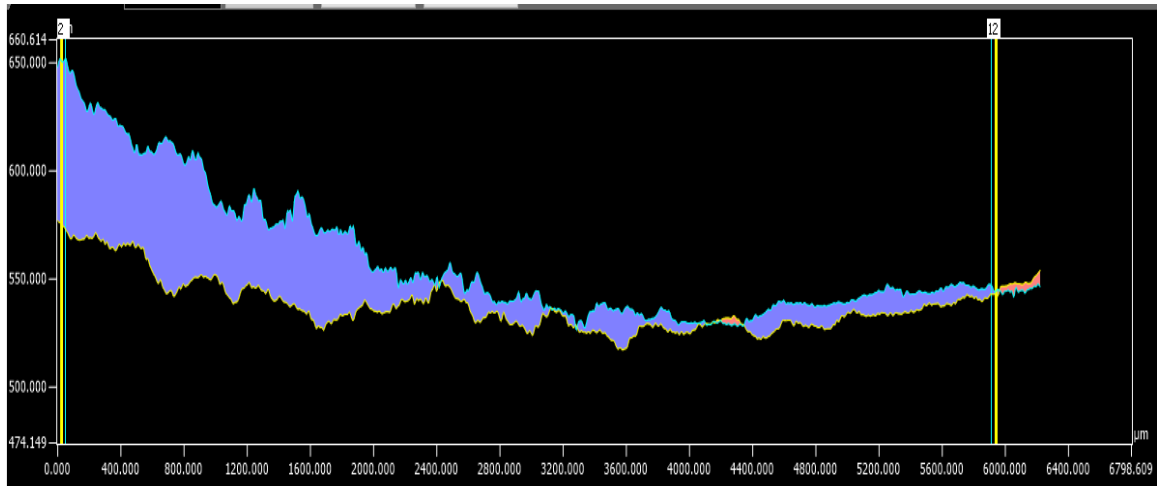
Obr. 27. Výškový profil povrchu dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní.

Nejdříve bylo znovu provedeno komparativní měření. Poté, co byly tyto střely zarovnaný tak, aby průběhy těchto dvou drážek po vývrtu hlavně byly, pokud možno, co nejvíce shodně umístěny, byly znovu provedeny další měření z povrchu těchto střel. Na Obr. 28 je zobrazeno zarovnání těchto dvou střel.

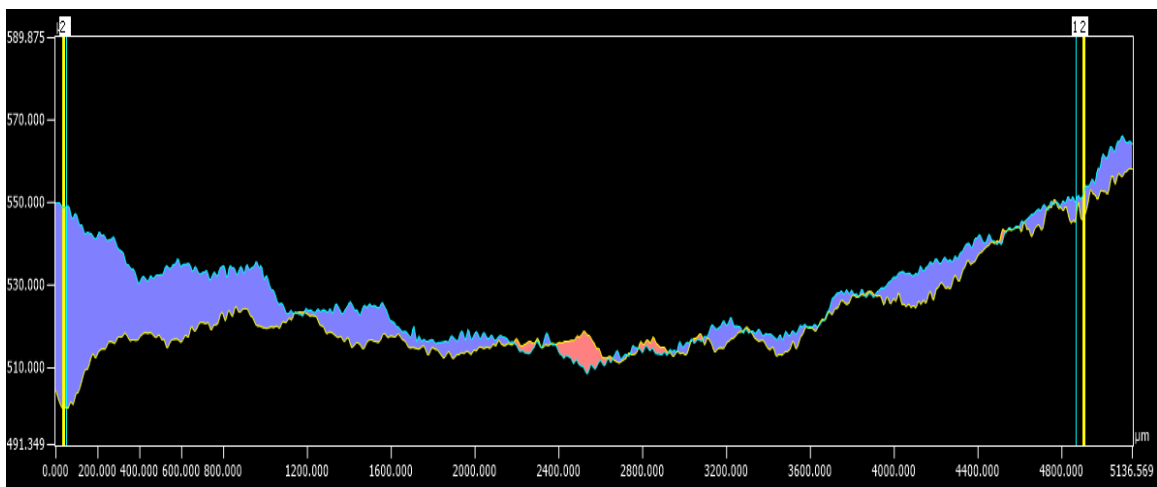


Obr. 28. Komparativní měření – zarovnání dvou střel vystřelených z různých zbraní.

Dále jsou na Obr. 28 vidět referenční linie, ze kterých program znovu vytvořil grafy průběhu povrchu těchto dvou střel. Graf z místa žluté referenční linie je zobrazen na Obr. 29 a graf z místa modré referenční linie je na Obr. 30.



Obr. 29. Funkce komparativního měření – 1. graf povrchu 2 střel vystřelených ze 2 různých zbraní.



Obr. 30. Funkce komparativního měření – 2. graf povrchu 2 střel vystřelených ze 2 různých zbraní.

Průměrná odchylka průběhů na Obr. 29 je $21,537 \mu\text{m}$, u druhého průběhu zobrazeného na Obr. 30 je tato odchylka $6,42 \mu\text{m}$. Z obou průběhů je ale patrné, že tyto dvě střely nebyly vystřeleny ze stejné zbraně, jelikož ani na jednom z těchto Obr. nejsou grafy povrchu těchto dvou střel stejné, v místech, kde jeden profil klesá, ten druhý naopak stoupá a obráceně.

Nakonec byla i u těchto dvou střel využita funkce více liniového měření drsnosti povrchu. Data jsou opět zobrazena v jedné tabulce, konkrétně Tab. 7, pro lepší přehlednost.

Tab. 7. Více liniové měření drsnosti povrchu – porovnání dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní.

Vzorek 3	Ra [μm]	Rz [μm]	Vzorek 4	Ra [μm]	Rz [μm]
Ave.	44.478	177.944	Ave.	27.695	116.576
Max.	47.678	200.186	Max.	46.619	187.646
Min.	40.244	157.214	Min.	12.018	64.143
Std. DV	2.715	14.874	Std. DV	12.243	39.658
Line 1	47.678	200.186	Line 1	12.018	68.339
Line 2	47.060	194.466	Line 2	12.823	66.452
Line 3	46.344	190.084	Line 3	13.247	64.143
Line 4	46.514	192.277	Line 4	13.717	73.249
Line 5	46.591	196.307	Line 5	14.414	75.638
Line 6	46.123	195.480	Line 6	15.146	83.379
Line 7	45.650	187.191	Line 7	17.546	92.163
Line 8	46.392	184.654	Line 8	21.185	97.568
Line 9	47.484	184.174	Line 9	24.658	101.269
Line 10	47.549	183.505	Line 10	27.522	109.296
Line 11	45.906	178.012	Line 11	29.933	115.985
Line 12	43.861	170.407	Line 12	32.420	130.559
Line 13	42.082	166.997	Line 13	35.003	146.877
Line 14	40.628	163.299	Line 14	38.265	150.182
Line 15	40.244	160.251	Line 15	40.812	153.130
Line 16	40.361	160.685	Line 16	42.229	153.932
Line 17	40.757	158.451	Line 17	43.528	165.512
Line 18	41.663	157.302	Line 18	45.117	179.615

Line 19	42.194	157.214	Line 19	46.619	187.646
---------	--------	---------	---------	--------	---------

Z Tab. 7 lze vyčíst, že konkrétně u těchto dvou střel, které byly vystřeleny ze dvou různých zbraní, se v průměrné hodnotě Ra liší o 16,783 μm , v parametru Rz je u průměrné hodnoty rozdíl 61,368 μm . Rozdíl v průměrné hodnotě Ra u těchto dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní je téměř 30x větší než rozdíl v průměrné hodnotě Ra u střel, které byly vystřeleny ze stejné zbraně. U parametru Rz je rozdíl v průměrné hodnotě těchto dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní 2,86x větší než u střel, které byly vystřeleny ze stejné zbraně.

6.3 Vyhodnocení

Z výsledků měření v rámci této kapitoly lze tvrdit, že využití tohoto makroskopu ke zkoumání balistických stop je velice přínosné. Oproti klasickým optickým mikroskopům lze u tohoto přístroje využít jeho velké množství funkcí, pomocí kterých o jednotlivých zkoumaných stopách získáme spoustu dalších užitečných informací. U zkoumání střel vystřelených ze dvou zbraní lze shodu prokázat jak na klasickém 2D snímku se zarovnanými drážkami po vývrtu hlavně, tak na průběhu drsnosti povrchu na těchto drážkách. U zkoumaných střel, které byly vystřeleny z různých zbraní, byly jednotlivé odchylky, ať už v průběhu grafů povrchu tak ve více liniové drsnosti povrchu, zcela prokazatelné. Naopak u střel, které byly vystřeleny ze stejné zbraně, je patrná jak na 2D snímku, tak i na grafech průběhu povrchu ale také na více liniovém měření drsnosti povrchu, značná podobnost naměřených dat.

7 ZKOUMÁNÍ MECHANOSKOPICKÝCH STOP

Pro zkoumání mechanoskopických stop byly vybrány dva různé nástroje, pomocí kterých byly vytvořeny v několika různých materiálech jejich stopy. V této části mé práce se pomocí makroskopické analýzy pokusím analyzovat, zda je možné za pomoci tohoto konkrétního přístroje tyto mnou vytvořené stopy pomocí různých znaků k sobě přiřadit, nebo je od sebe naopak odlišit.

7.1 Nástroje a materiály

Analyzované stopy v materiálech byly vytvořeny pouze pomocí dvou šroubováků, vzhledem k rozsahu této práce, jejichž stopami se tato kapitola podrobněji zabývá. Dále byly v tvrdém materiálu, konkrétně ve válcované oceli, vytvořeny stopy dalších nástrojů, jako např. kladivo, kleště... Také u těchto stop se ve výsledku podařilo nalézt charakteristické znaky jednotlivých nástrojů a vzájemně je porovnávat.



Obr. 31. Šroubovák číslo 1 – celkový pohled.



Obr. 32. Šroubovák číslo 1 – detail.



Obr. 33. Šroubovák číslo 2 – celkový pohled.



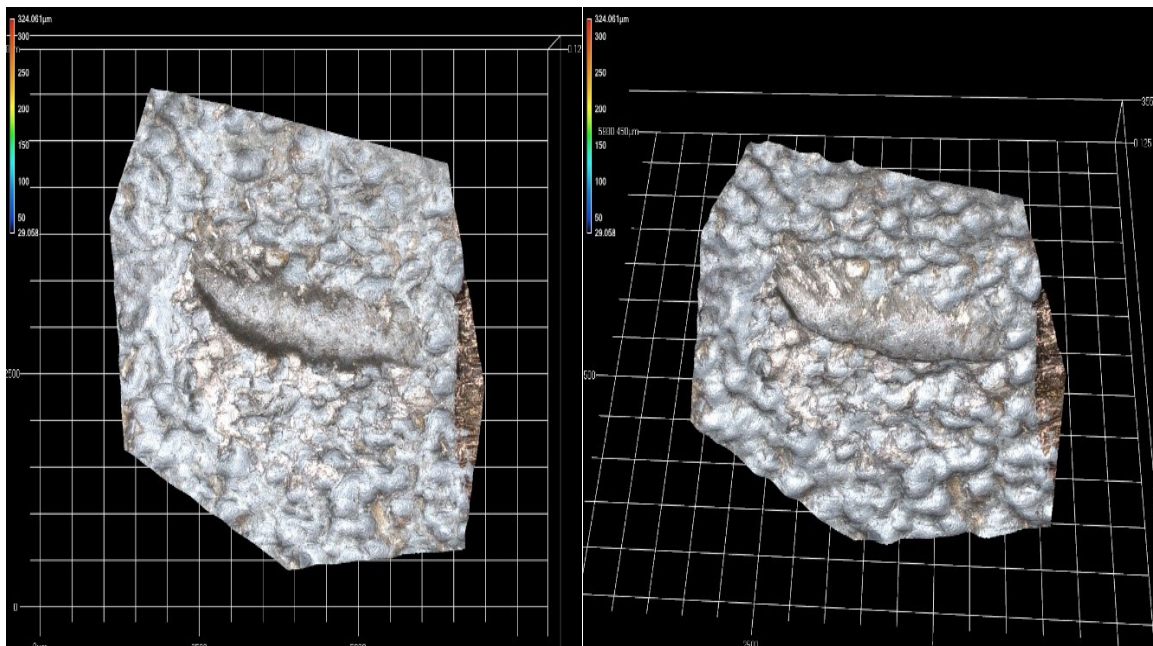
Obr. 34. Šroubovák číslo 2 – detailní pohled.

Stopy byly vytvořeny na těchto materiálech:

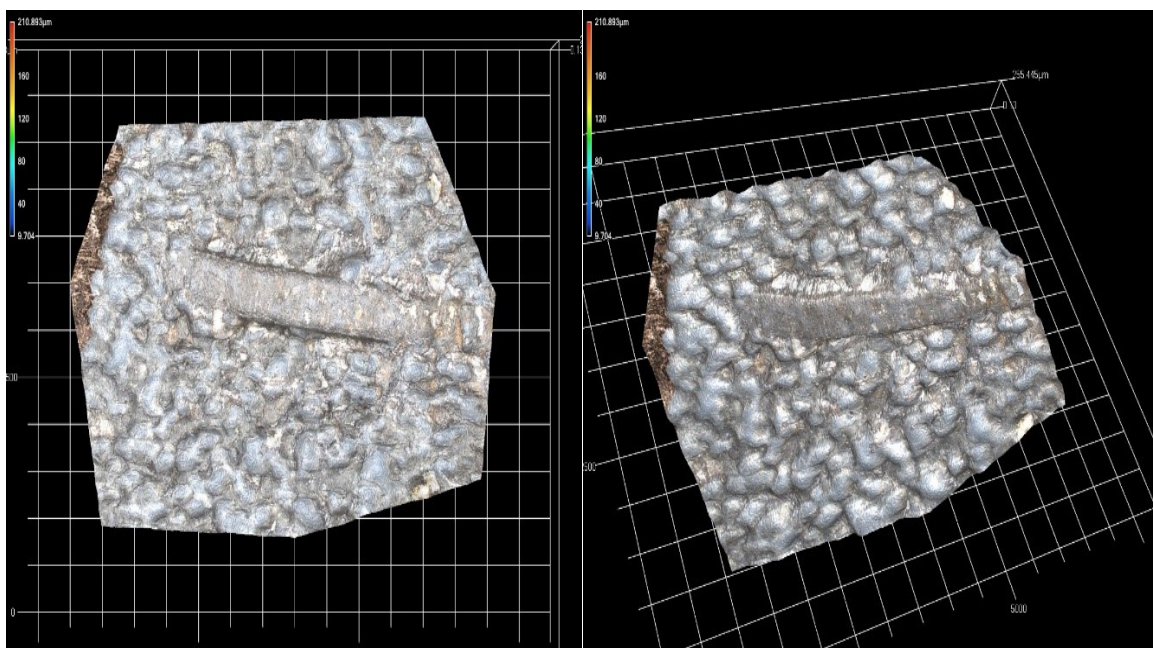
- Materiál č. 1 - válcovaná ocel,
- Materiál č. 2 - smrkové dřevo,
- Materiál č. 3 - polyethylen PE 1000.

7.2 Analýza mechanoskopických stop

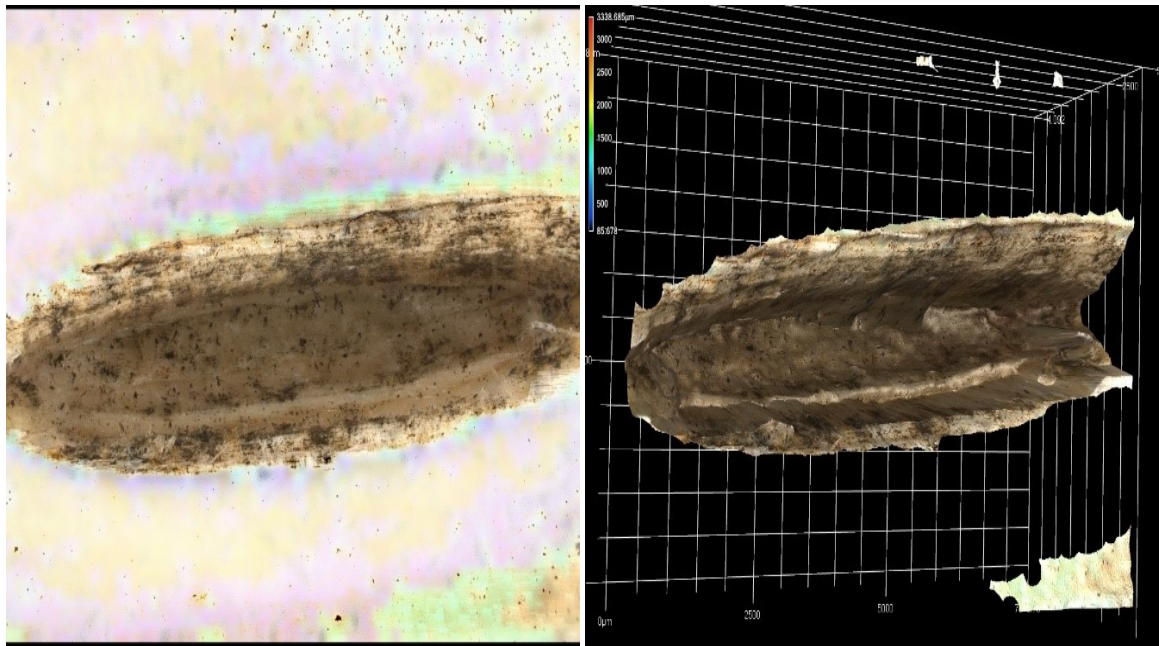
Jak již bylo zmíněno, podrobně rozebráno zde bude zkoumání mechanoskopických stop vytvořených pomocí dvou různých šroubováků ve třech různých materiálech. Pomocí každého šroubováku byly do každého materiálu vytvořeny 3 stopy, ukázky těchto stop jsou zobrazeny zvětšeně pomocí makroskopu s využitím zvětšovací čočky se zvětšením 5x, toto zvětšení bylo zvoleno s ohledem na zorné pole zvětšovacích čoček. Ukázky stop obou šroubováků ve všech třech materiálech můžeme vidět na následujících Obr. 35, 36, 37, 38, 39 a 40.



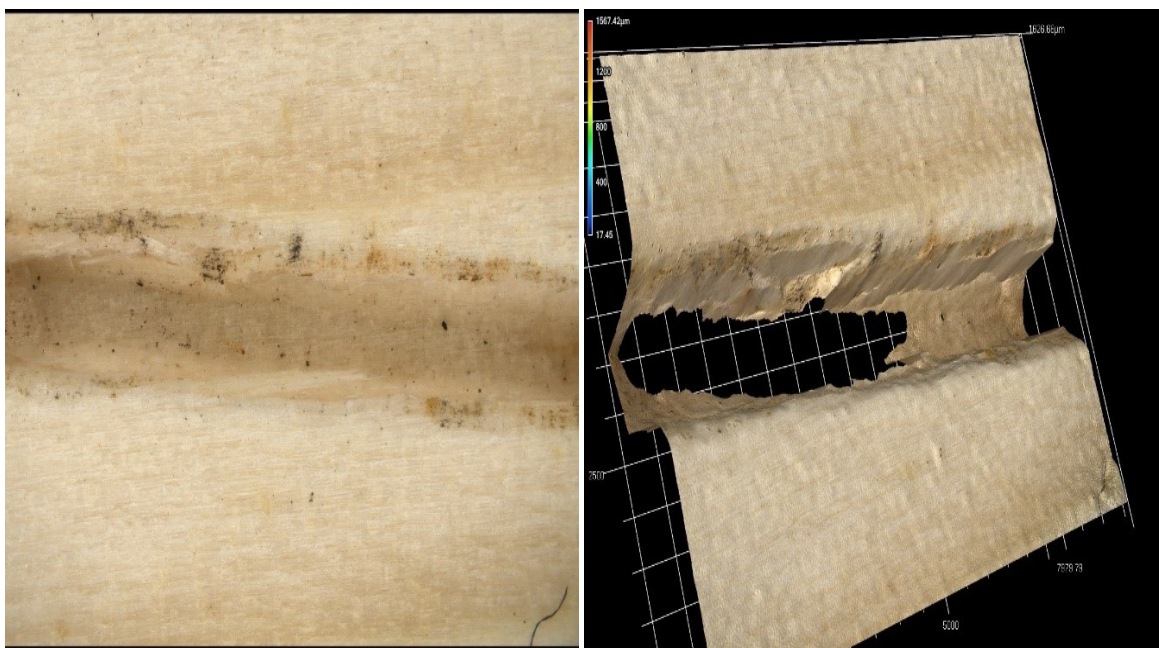
Obr. 35. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 1.



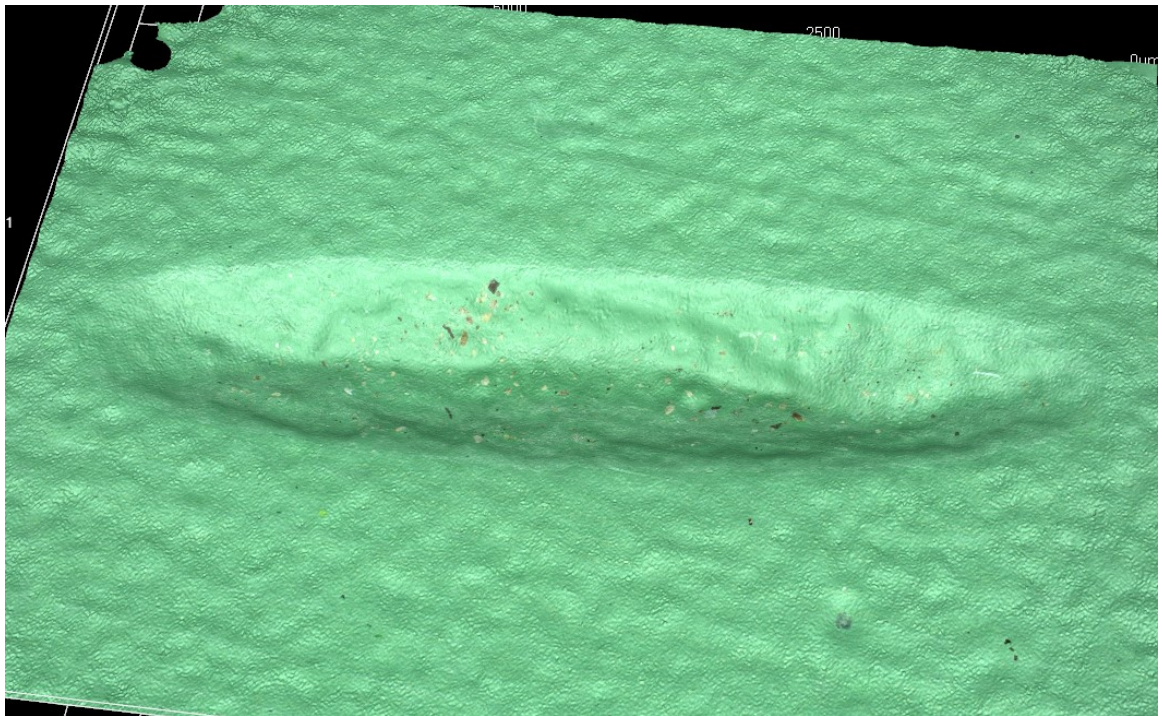
Obr. 36. 1. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 1.



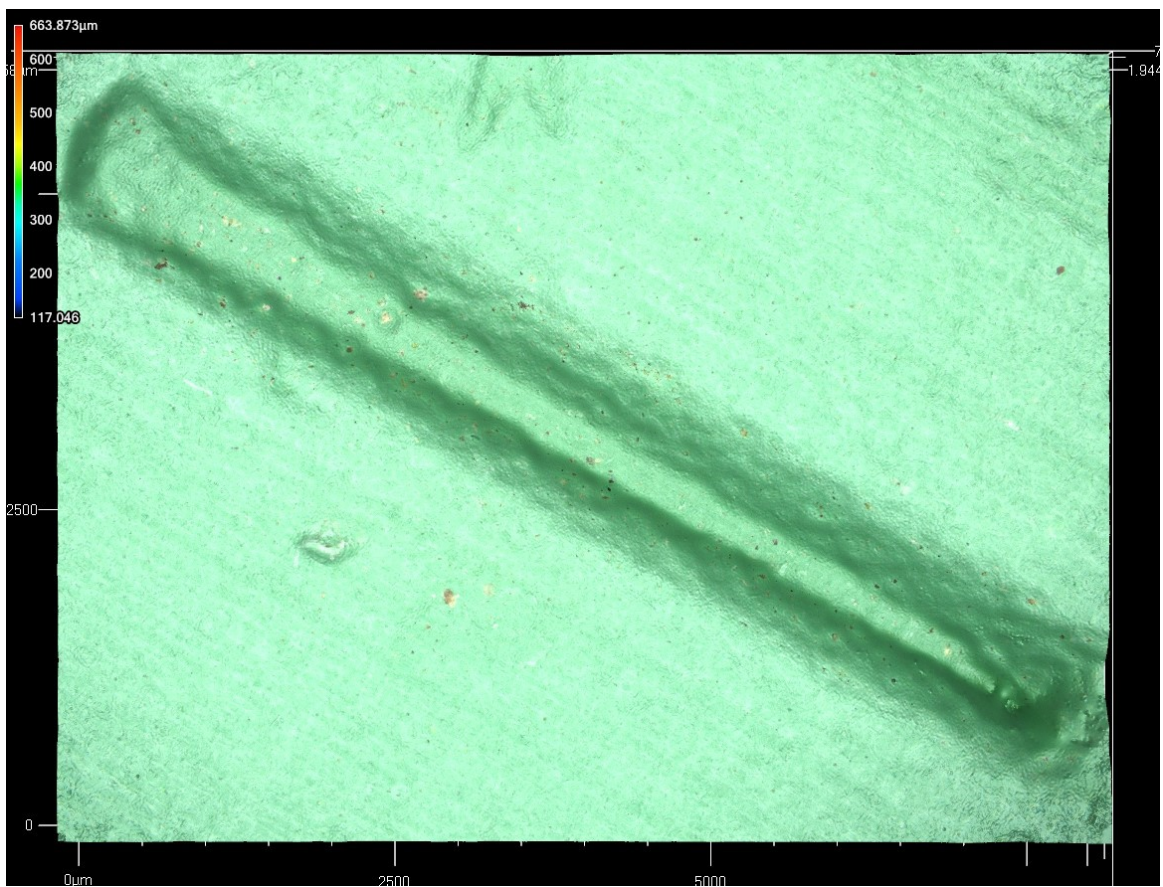
Obr. 37. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 2.



Obr. 38. 1. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 2.



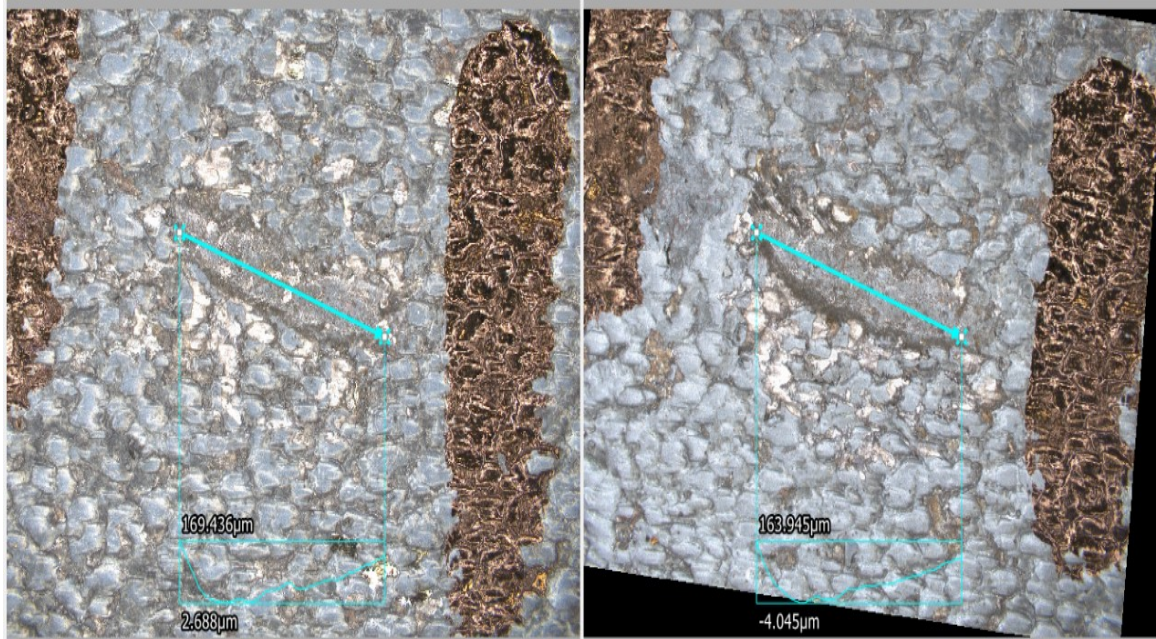
Obr. 39. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 3.



Obr. 40. 2. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 3.

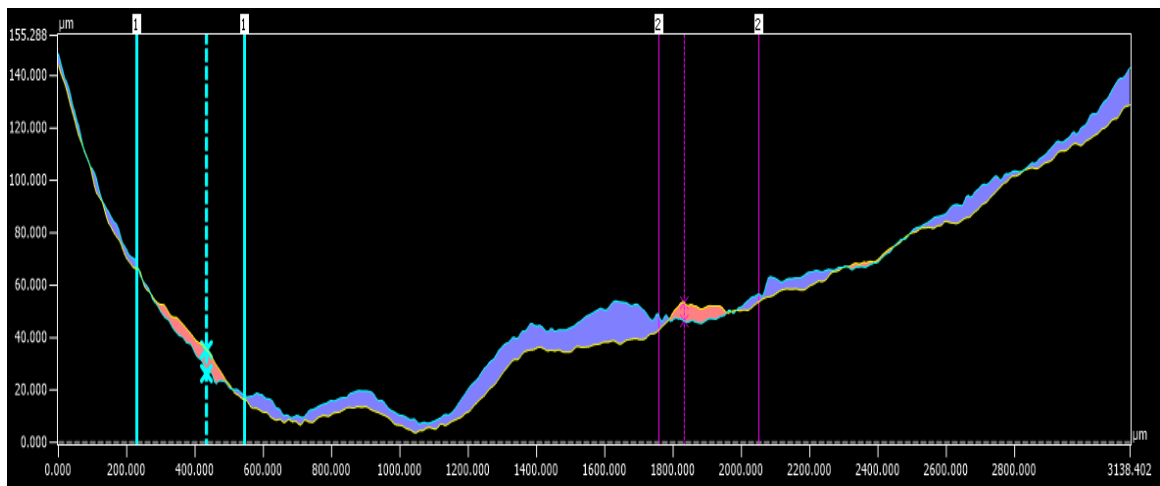
Jak je z Obr. 37 a 38 vidět, u materiálu číslo 2, tedy smrkového dřeva, se projevuje vlastnost tohoto makroskopu, kterou je maximální výškový rozdíl povrchu zkoumaného předmětu. Vzhledem k tomu, že smrkové dřevo je poměrně měkký materiál, tak stopy v něm vytvořené testovanými šroubováky byly při středně silném úderu hluboké u šroubováku číslo 1 přibližně 2700 - 3500 μm a u šroubováku číslo 2 přibližně 2200 - 3000 μm , tyto hodnoty byly změřeny ručně za pomoci posuvného měřítka. Problémem je to, že maximální výškový rozdíl povrchu zkoumaného předmětu, který je makroskop schopen změřit, je u použitých čoček se zvětšením 5x pouze 2025 μm . U dalších čoček je tento maximální výškový rozdíl ještě menší, konkrétně u čoček se zvětšením 10x 1012 μm , u čoček se zvětšením 20x 506 μm a u čoček se zvětšením 50x 202 μm . Z tohoto důvodu je na těchto Obr. 37 a 38 vidět v obou případech na pravé straně Obr., tedy při 3D zobrazení, černé plochy, ve kterých už makroskop nebyl schopen snímat povrch zkoumaných stop. U Obr. 37 byly čočky zaostřeny na místo stopy s nejnižší výškou, tudíž je i na 3D zobrazení tato stopa vidět téměř celá, ale okolí stopy již nasnímáno nebylo, naopak u Obr. 38 byly čočky zaostřeny na okraj této stopy, tudíž není na 3D zobrazení nasnímána celý povrch této stopy, ale okolí stopy je dobře vidět. U tvrdších materiálů se tento problém již neprojevil. Aby mohla být prováděna měření také na materiálu číslo 2 (smrkovém dřevě), byly vytvořeny další stopy, ale za použití menší síly úderu, tak aby makroskop byl schopen povrch těchto stop kompletně nasnímat.

Při zkoumání mechanoskopických stop byly všechny stopy nejprve nasnímány do paměti programu a poté byla na těchto naměřených vzorcích prováděna zkoumání. Využita byla funkce komparativního měření, kdy byly vždy vybrány 2 vzorky, které byly zvoleny k vzájemnému porovnání. Vzorky nejdříve musely být vzájemně zarovnané tak, aby se stopy co nejpřesněji navzájem překrývaly. Nejdříve byly porovnány 2 stopy vytvořené pomocí stejného šroubováku číslo 1 na materiálu číslo 1. Tyto stopy můžeme již vzájemně zarovnané vidět na následujícím Obr. 41.



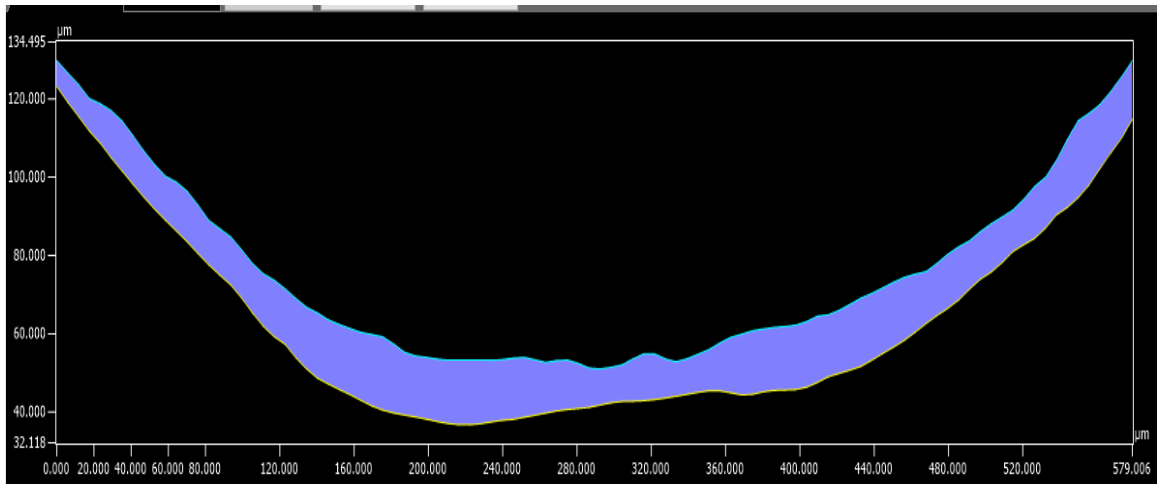
Obr. 41. Vzájemné zarovnání dvou stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.

Poté co byly tyto dvě stopy zarovnány, byla na Obr. zvolena referenční linie, která je na Obr. 41 znázorněna modrou barvou, ze které následně program vytvořil vzájemně proložený graf průběhu povrchu těchto dvou stop. Tento graf je zobrazen na Obr. 42. Poté byla vytvořena ještě jedna referenční linie, která byla kolmá k referenční linii první, tento graf je zobrazen na Obr. 43.



Obr. 42. 1. graf vzájemně proložených průběhů povrchu stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.

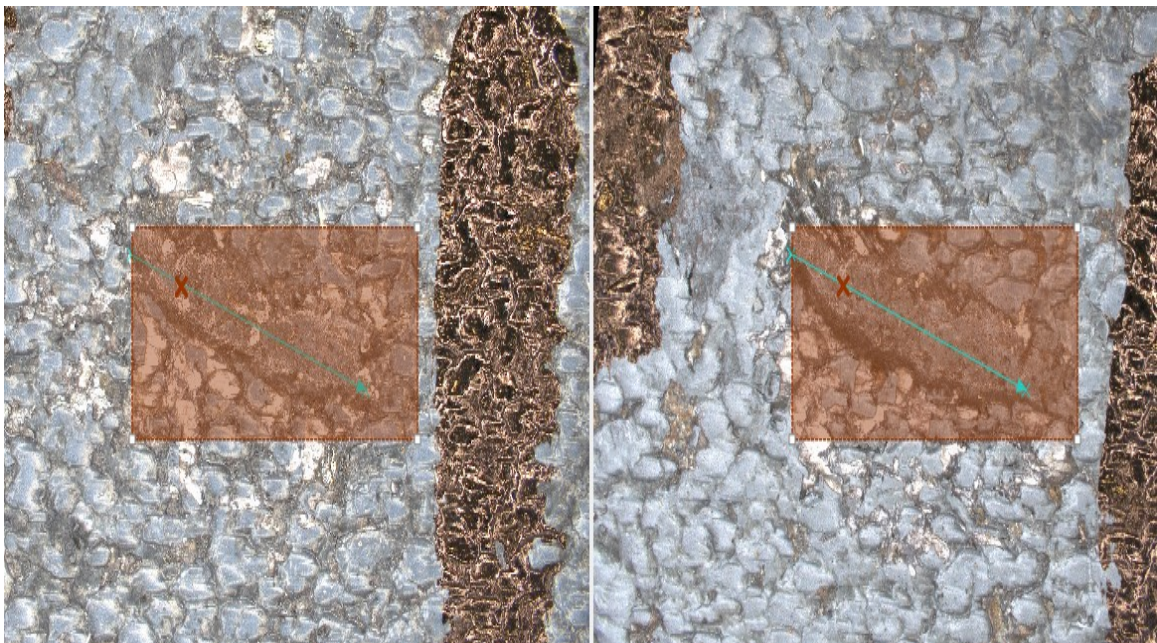
Jak je také vidět, ve dvou oblastech se tyto dva průběhy protnuly, maximální rozdíl v oblasti ohraničené modrými čarami je 9,073 μm a v oblasti ohraničené růžovými čarami 6,973 μm .



Obr. 43. 2. graf vzájemně proložených průběhů povrchu stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.

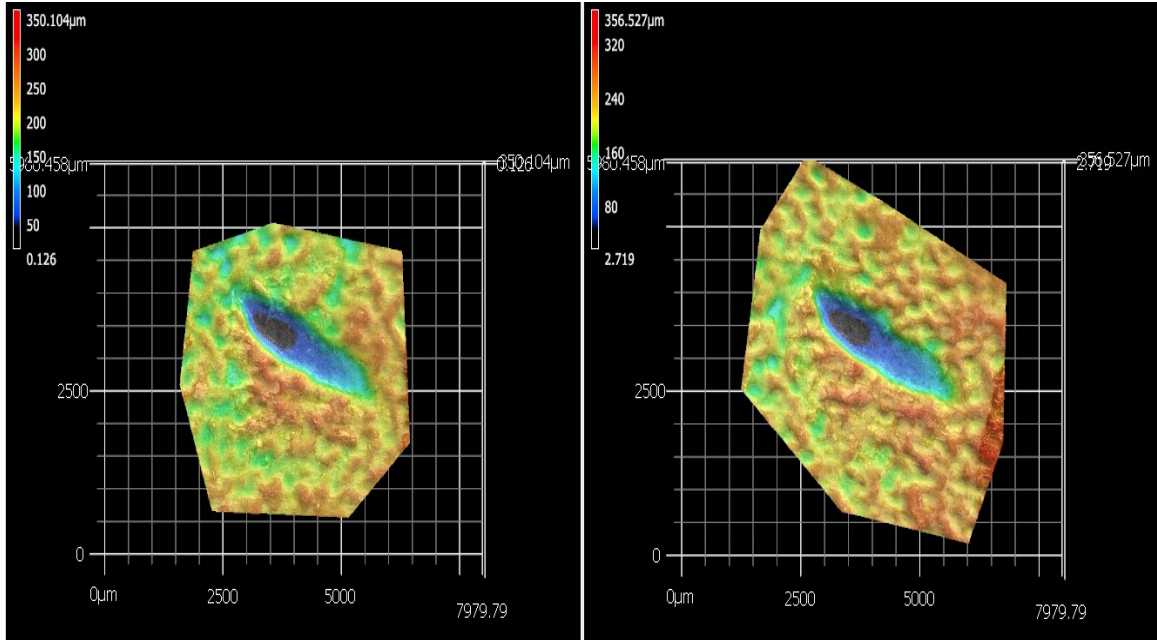
Z těchto grafů lze vyčíst, že průběh povrchů těchto stop v místě označeném referenční linií je téměř identický.

Dále byla na vzorcích označena plocha, z níž bylo cílem nalézt nejnižší bod těchto dvou stop, jak lze vidět na následujícím Obr. 44, tak tento bod byl nalezen na téměř stejném místě u obou porovnávaných vzorků. Toto místo je v obdélníkové ploše na Obr. 44 označeno červeným křížkem.



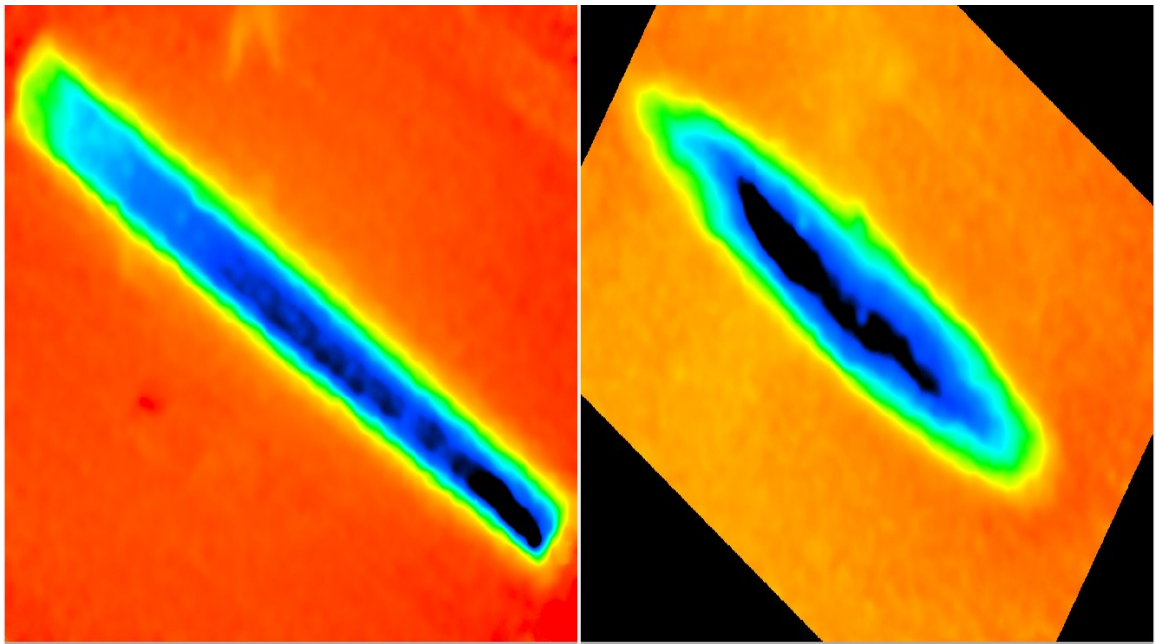
Obr. 44. Nejnižší bod povrchu porovnávaných stop.

Toto zjištění potvrzuje také zobrazení výškového profilu těchto dvou stop, kde lze také vidět, že místa, na které bylo působeno největší silou a jsou tedy nejvíce promáčklá, se nachází na stejném místě.

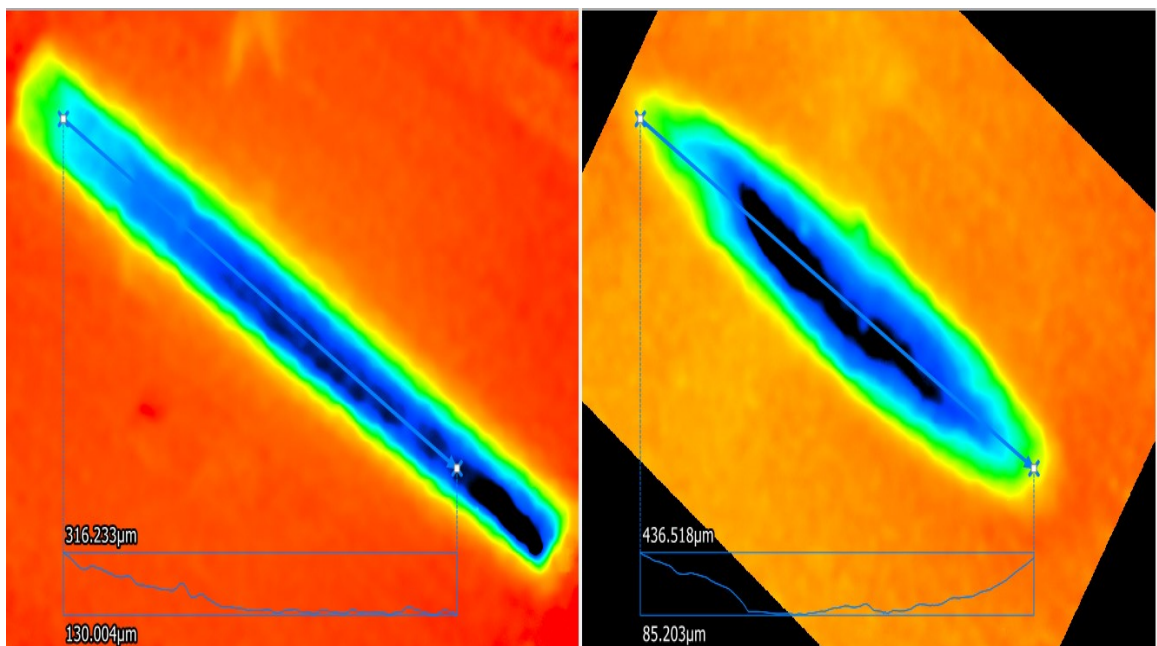


Obr. 45. Výškový profil dvou stop v materiálu č. 1 vytvořené šroubovákem č. 1.

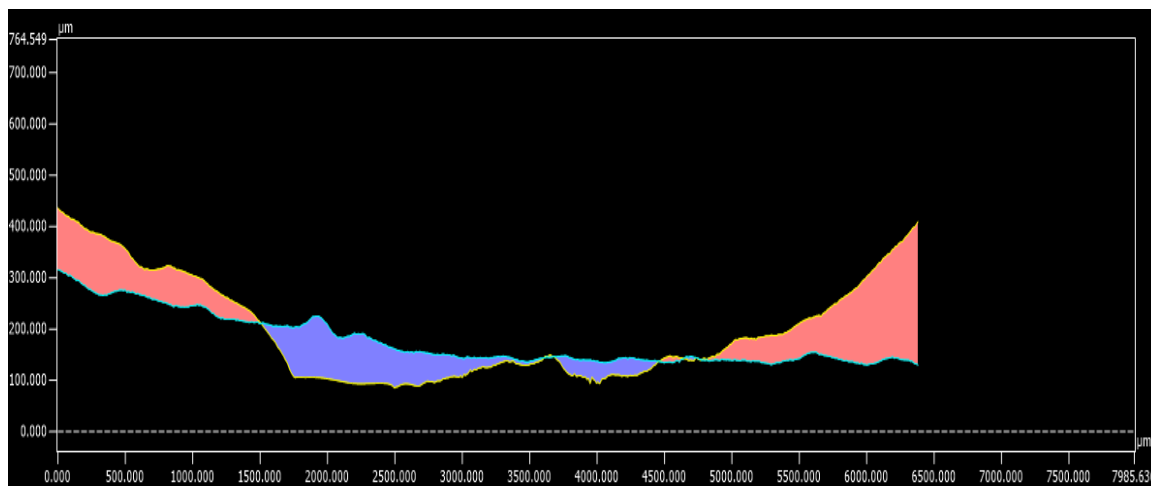
Následně byly porovnány dvě stopy vytvořené pomocí dvou různých šroubováků v materiálu číslo 3, tedy v polyethylenu. Jako obvykle byly tedy všechny vytvořené stopy jednotlivě nasnímány do paměti programu a poté již podrobněji analyzovány. K porovnání byla opět logicky využita funkce komparativního měření, již zarovnané stopy jsou zobrazeny na následujícím Obr. 46 ve formě zobrazení výškového profilu.



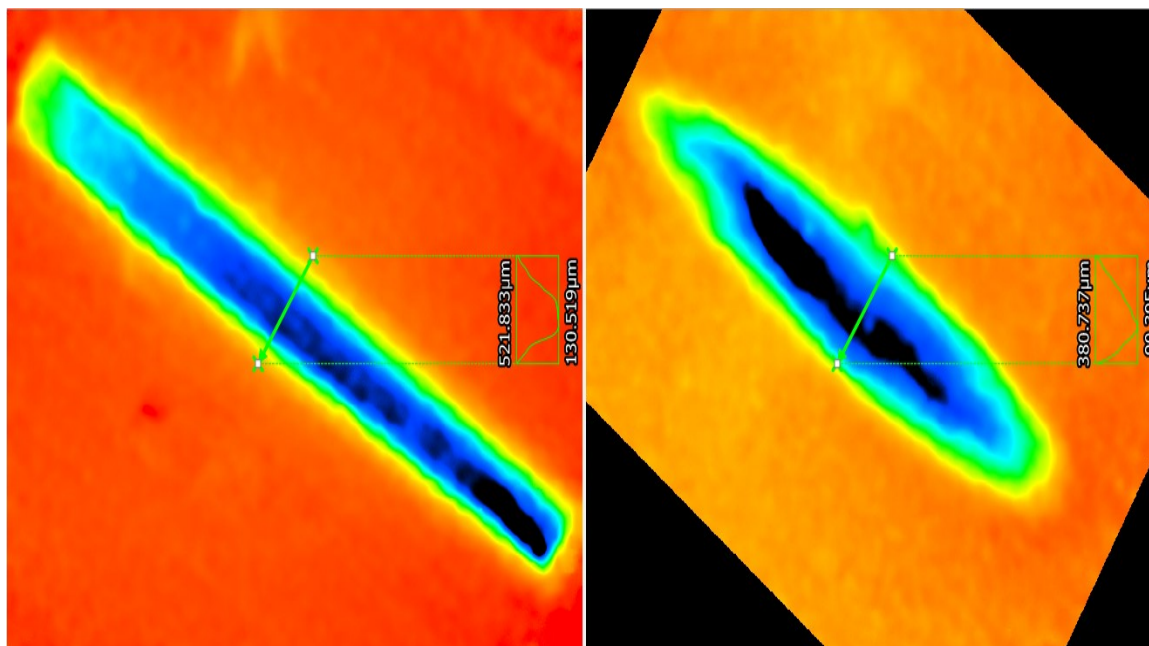
Obr. 46. Výškový profil dvou stop v materiálu č. 3 vytvořené dvěma různými šroubováký. Na tomto Obr. je patrný rozdíl jak v tvaru vytvořené stopy, tak v místě působení největší síly na povrch materiálu. Následně byla znovu vytvořena referenční linie, aby bylo zjištěno, jaký je průběh povrchu materiálu v místě této linie. Na následujících Obr. jsou zobrazeny vždy nejdříve jednotlivé stopy s vyznačenou referenční linií a poté proložené grafy s průběhy povrchů jednotlivých stop.



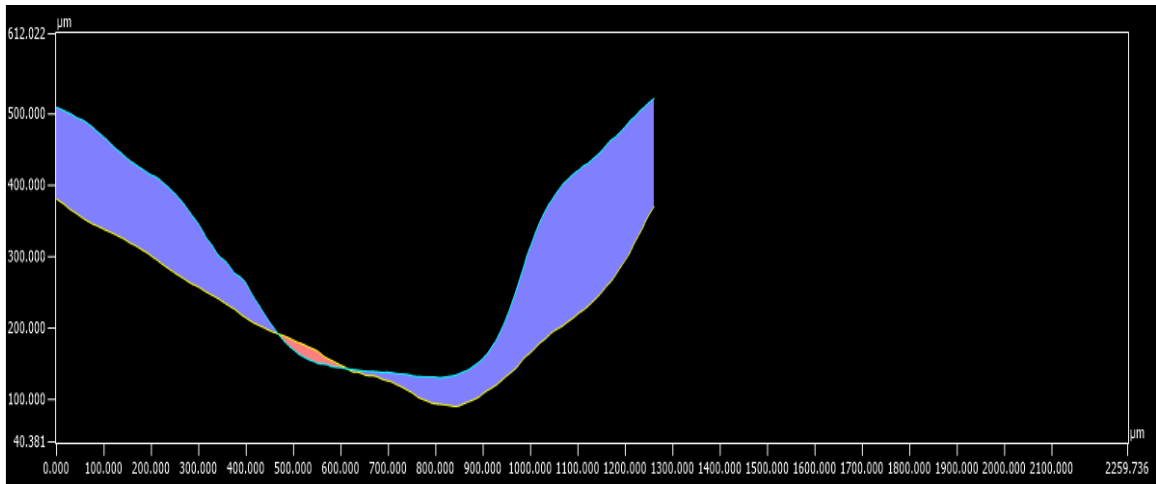
Obr. 47. Zobrazení podélné referenční linie na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1.



Obr. 48. Proložené grafy průběhu na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1 v místě podélné referenční linie.



Obr. 49. Zobrazení příčné referenční linie na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1.

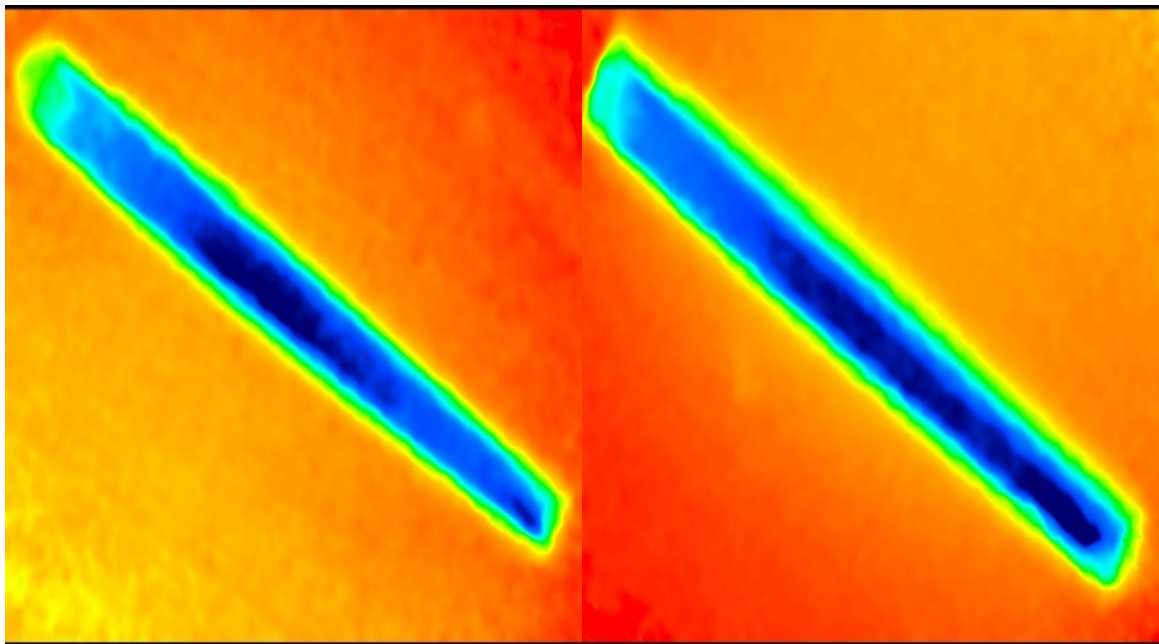


Obr. 50. Proložené grafy průběhu na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1 v místě příčné referenční linie.

Z obou těchto přiložených grafů je patrné, že jednotlivé stopy byly vytvořeny pomocí dvou různých nástrojů. Na grafu z Obr. 48 lze poznat, že jedna ze stop byla vytvořena pomocí nástroje s téměř rovným podélným profilem, když se podíváme také na výškový profil z Obr. 47 na levé straně, tak lze vidět, že hlavní síla působila na pravou stranu tohoto profilu. Druhá ze stop byla podle tohoto grafu a výškového profilu vytvořena pomocí nástroje, jehož povrch, kterým bylo do materiálu udeřeno, je zaobleného tvaru s centrem úderu téměř uprostřed stopy.

Na druhé dvojici Obr., tedy Obr. 49 a 50 jsou zobrazeny průběhy povrchu materiálu v místě příčné referenční linie, také z těchto průběhů je patrné, že tyto dvě stopy byly vytvořeny dvěma různými nástroji. Tyto průběhy nástrojů napovídají, že jeden z těchto nástrojů má příčný profil, kterým byla stopa vytvořena, plochý a „tupý“, kdežto druhý z těchto nástrojů má tento profil více špičatá až „ostrý“.

Na následujícím Obr. 51, který zobrazuje dvě stopy ve formě výškového profilu vytvořené shodně šroubovákem číslo 2 v materiálu číslo 3, je poukázáno na vliv umístění hrotu šroubováku na povrch materiálu před tím, než se do něj udeří, čímž se vytvoří stopa.



Obr. 51. 2 stopy vytvořené šroubovákem č. 2 v materiálu č. 3.

Na tomto Obr. 51 je dobře vidět, že u stopy zobrazené na levé straně Obr. 51 působila hlavní síla úderu do materiálu přibližně uprostřed hrotu šroubováku, z čehož se dá usuzovat, že hrot šroubováku byl umístěn na materiál kolmo celou svou plochou hrotu a bylo udeřeno na střed šroubováku. Oproti tomu u stopy zobrazené na pravé straně Obr. 51 je patrné, že hlavní působiště síly působící na materiál se nachází přibližně od středu této stopy až k jejímu pravému okraji, z toho můžeme soudit, že hrot šroubováku byl přiložen ne zcela kolmo k povrchu materiálu, nebo nebylo udeřeno přímo na střed tohoto šroubováku, ale spíše na jeho pravou stranu. Že se jedná o dvě stopy vytvořené stejným nástrojem znovu lze potvrdit pomocí průběhu povrchu materiálu v místě těchto stop.

7.3 Vyhodnocení

Na základě výsledků zkoumání z této kapitoly bylo dosaženo několika zjištění. Prvním zjištěním je, že pomocí makroskopu Keyence VK-X1000 lze spolehlivě analyzovat mechanoskopické stopy, pokud je lze správně nasnímat. Hlavním úskalím v rámci této části bylo zkoumání stop v relativně měkkých materiálech jako je smrkové dřevo, zde makroskop naráží na své limity v maximálním výškovém rozdílu povrchu zkoumaného vzorku. Pokud byly stopy zanechány v tvrdých materiálech, nebyl nalezen v rámci této práce žádný problém s analyzováním těchto stop. Stopy byly porovnány jak na základě jejich tvaru, tak na základě informací získaných z povrchu těchto stop. Také byl krátce popsán vliv náklonu hrotu šroubováku na to, jak ve výsledku stopa vypadá. Dále bylo zjištěno, že ani u těchto

stop s rozdílným náklonem hrotu šroubováku před úderem do nich, nebyl zaznamenán větší problém s komparací stop, jelikož graf průběhu povrchu této stopy je i nadále téměř stejný, pouze náklon grafu může být jiný.

8 ZKOUMÁNÍ STOP FORENZNÍ ANTROPOLOGIE

Cílem této kapitoly je pomocí makroskopu analyzovat kosterní pozůstatky a zjistit, zda bude možné jednotlivé fragmenty kostí pocházející z jedné jediné kosti k sobě přiřadit. Pro zkoumání byly vybrány kosterní pozůstatky z prasete domácího.

8.1 Zkoumané vzorky

Na níže přiložených Obr. jsou zobrazeny konkrétní, v této práci zkoumané, kosterní pozůstatky. Nejdříve je vždy zobrazena kost v celku a poté ta stejná kost již zlomená.



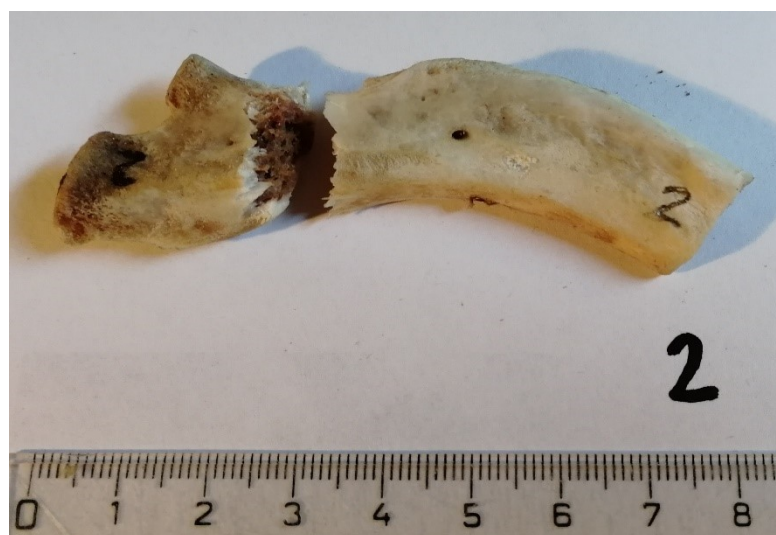
Obr. 52. Vzorek kosti číslo 1 – kost v celku.



Obr. 53. Vzorek kosti číslo 1 – zlomená kost.



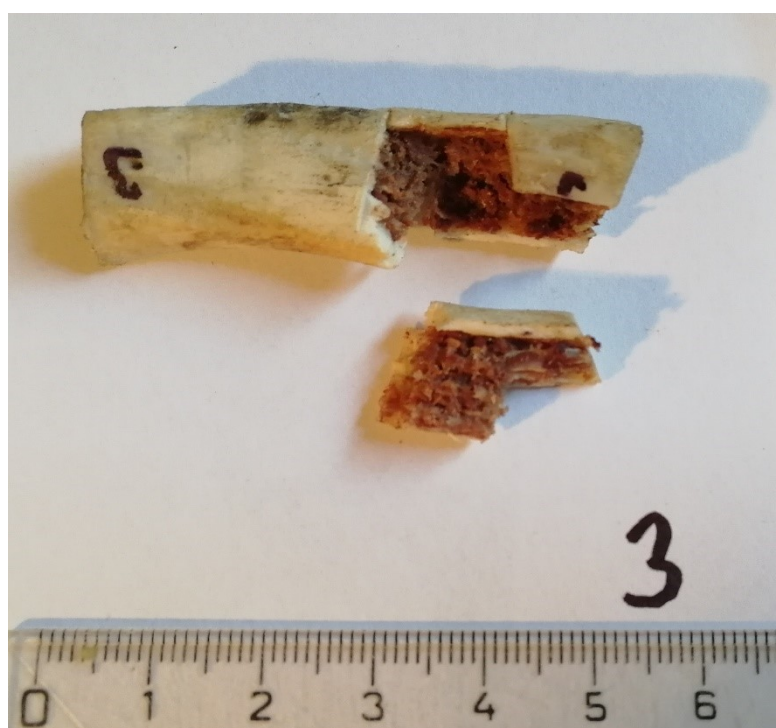
Obr. 54. Vzorek kosti číslo 2 – kost v celku.



Obr. 55. Vzorek kosti číslo 2 – zlomená kost.



Obr. 56. Vzorek kosti číslo 3 – kost v celku.

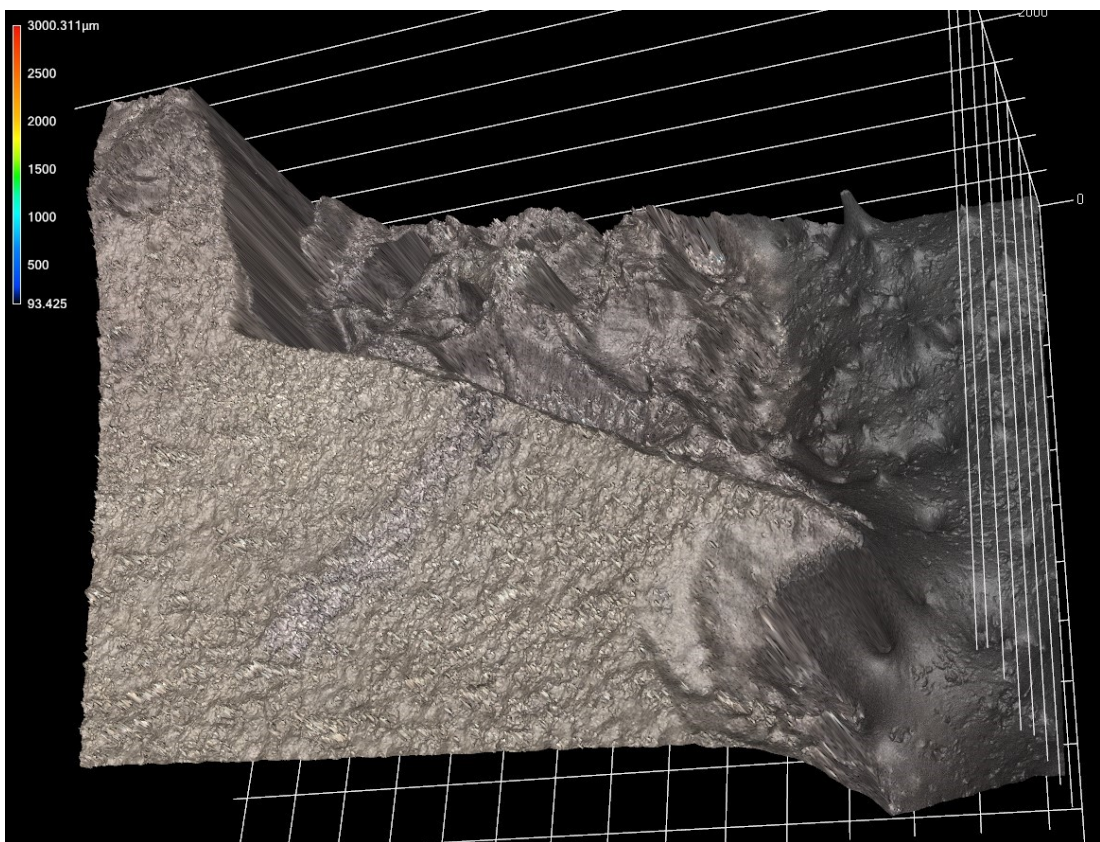


Obr. 57. Vzorek kosti číslo 3 – zlomená kost.

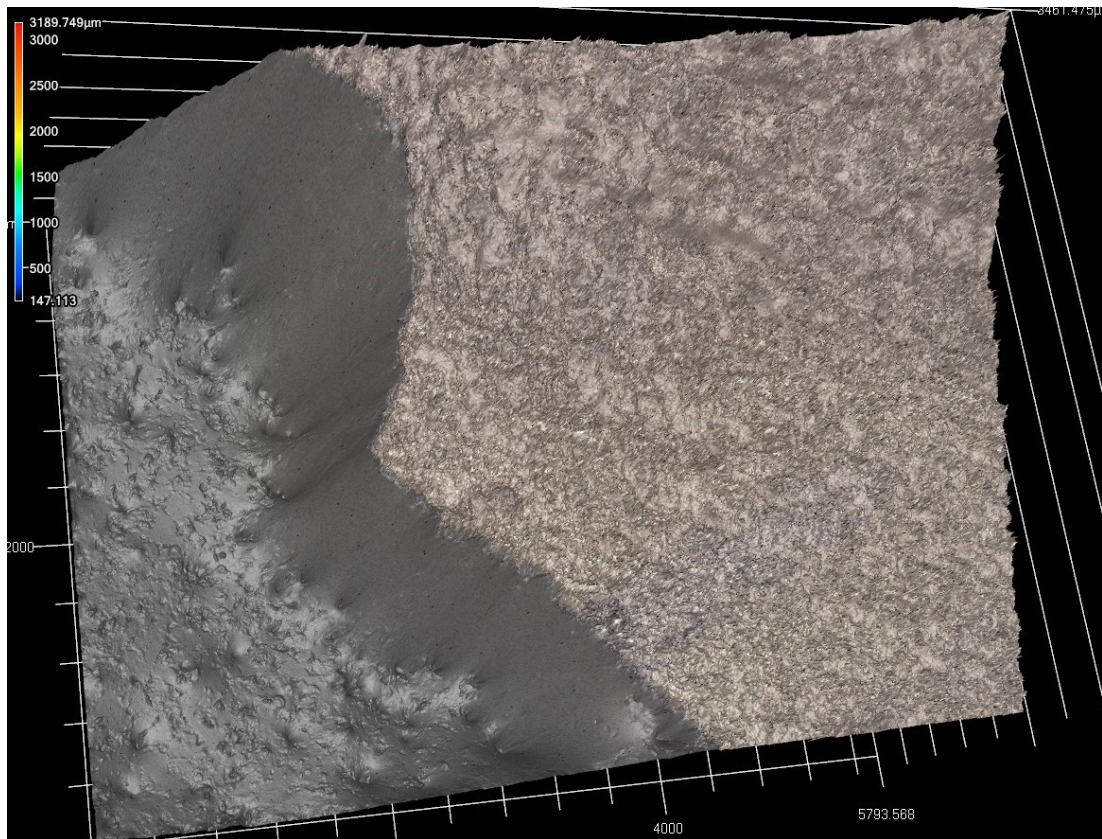
8.2 Analýza antropologických stop

V této části práce nebyly nevyužity žádné speciální funkce, snad jen spojení dvou nasnímaných vzorků do jednoho. Hlavními znaky, pomocí kterých bylo analyzováno, zda jednotlivé fragmenty kostí patřily původně do jednoho celku, byly hlavně tvar fragmentů, zvláště jejich okrajových částí, ale také barevný přechod povrchu těchto fragmentů.

Měření bylo prováděno s využitím objektivových čoček se zvětšením 5x a 10x. Na následujících dvou Obr. 58 a 59 jsou zobrazeny dva fragmenty kosti číslo 1 ve formě černobílého obrázku založeném na intenzitě vráceného laseru.

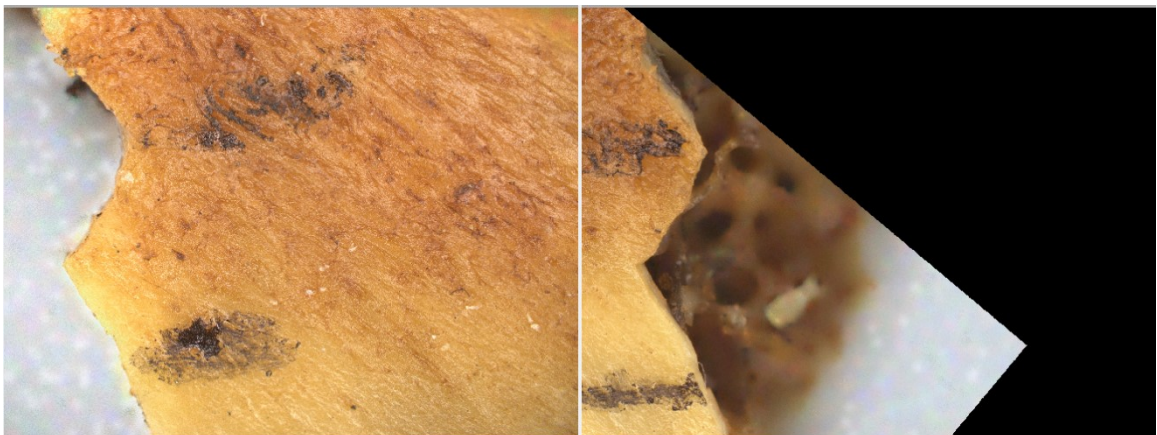


Obr. 58. Fragment první části kosti č. 1.



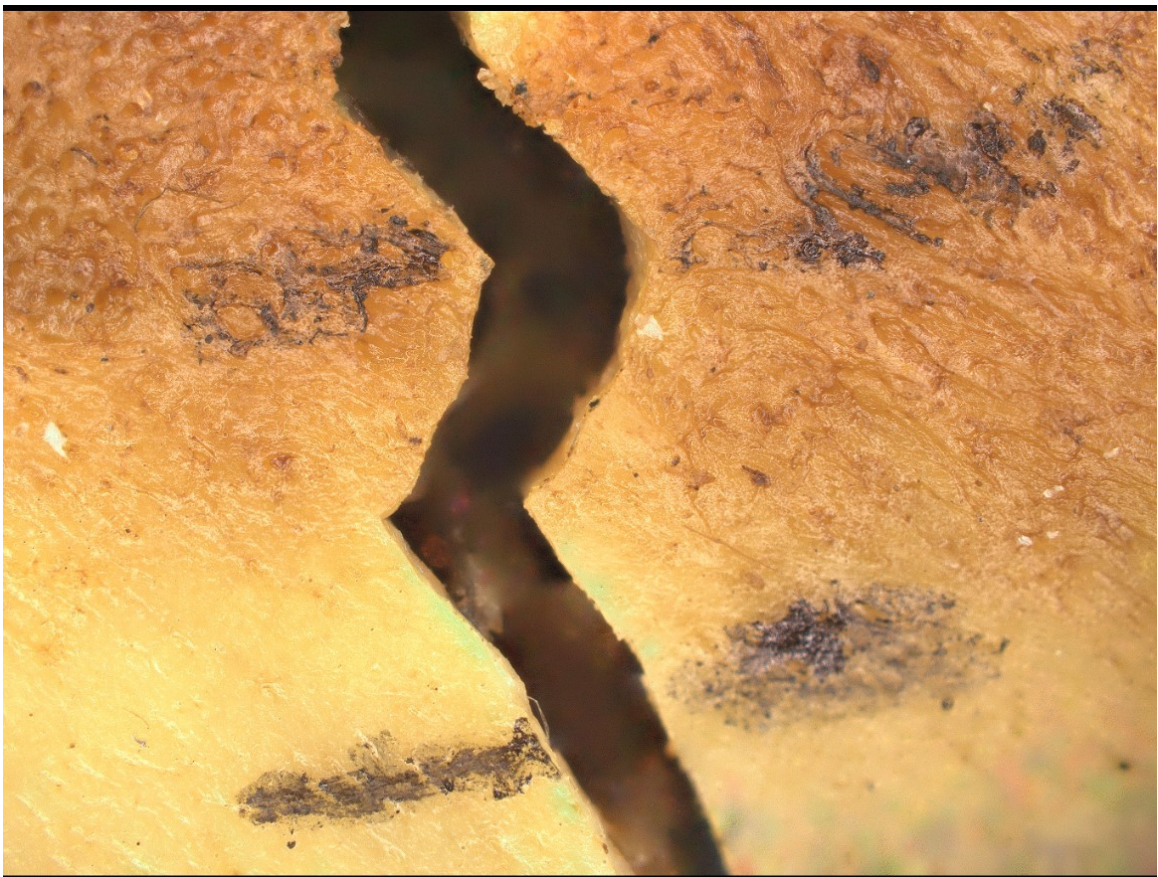
Obr. 59. Fragment druhé části kosti č. 1.

Následně byly oba tyto fragmenty kosti číslo 1 nasnímány znovu a zobrazeny v klasickém barevném 2D zobrazení s použitím objektivových čoček se zvětšením 5x. Poté byly tyto dva vzorky zobrazeny vedle sebe a upraveny jejich vzájemným otočením tak, aby jednotlivé části těchto vzorků, které k sobě podle vizuální podobnosti patří, do sebe zapadaly. Tyto 2 nasnímané vzorky jsou zobrazeny na následujícím Obr. 60.



Obr. 60. 2 fragmenty kosti číslo 1 - vzájemně pootočený.

V dalším kroku byly tyto dva fragmenty zarovnány k sobě, z tohoto Obr. 61 je zcela patrné, že tyto 2 fragmenty původně tvořily jeden celek. Jednak toto tvrzení potvrzuje tvar okrajových částí, které k sobě téměř dokonale pasují, ale také barevný přechod povrchu těchto dvou fragmentů je zcela zjevně stejný na obou částech zarovnaných fragmentů. Tyto zarovnané fragmenty jsou zobrazeny na přiloženém Obr. 61.

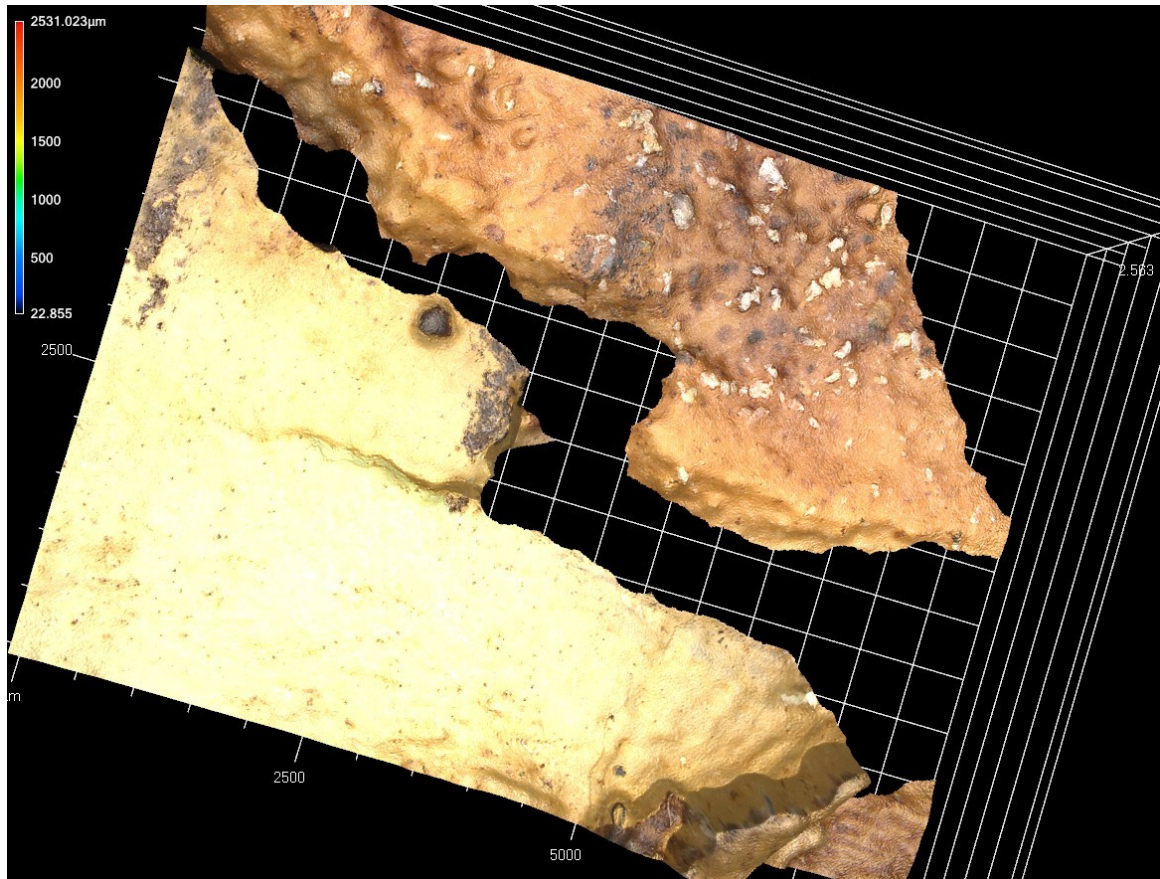


Obr. 61. 2 fragmenty kosti číslo 1 zarovnaný k sobě ve zvětšení 5x.

U fragmentů kosti číslo 2 je znázorněno, jak velký vliv má správné nastavení světla makroskopu na výsledný nasnímaný vzorek. Hlavně na fragmentu zobrazeném na následujícím Obr. 62 v levé části je patrný velký odlesk světla makroskopu, kvůli němuž u těchto dvou fragmentů nelze porovnávat vzájemné zbarvení povrchu těchto vzorků. To vede k tomu, že kdybychom v praxi porovnávali konkrétně tyto dva nasnímané vzorky, tak je můžeme porovnávat pouze na základě tvaru jejich okrajových částí. Tyto dva vzorky zarovnané k sobě se špatně nastaveným světlem lze vidět na Obr. 62 a ve 3D zobrazení na Obr. 63.

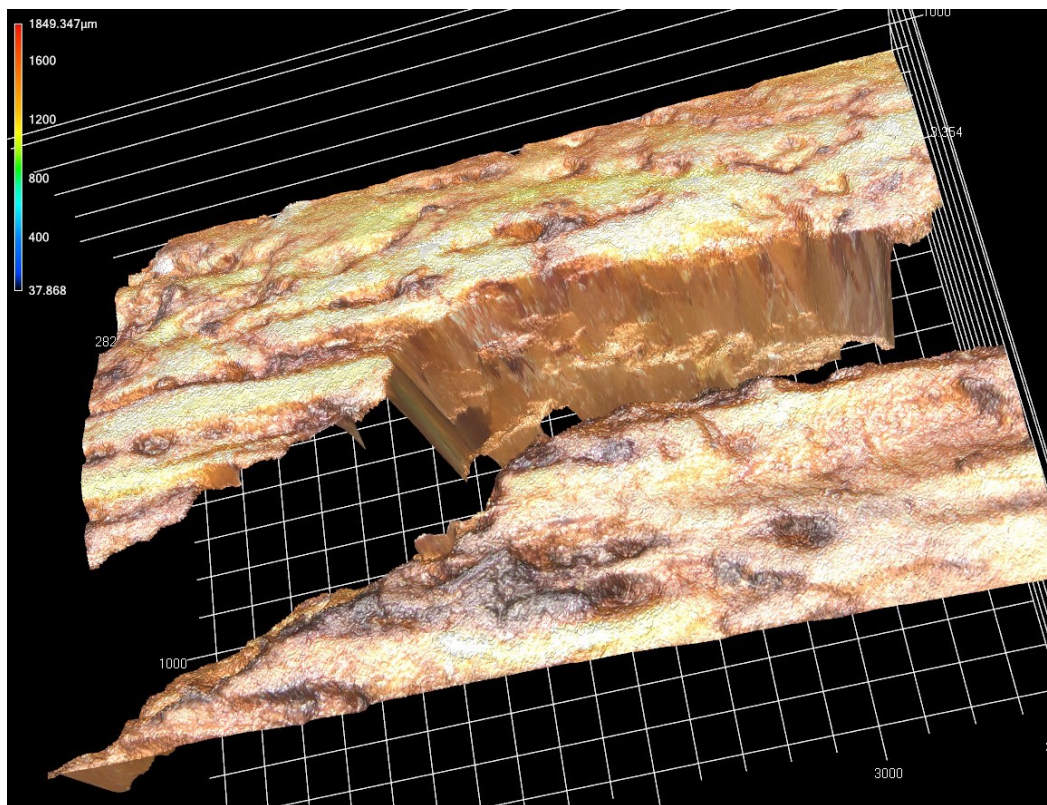


Obr. 62. 2 fragmenty kosti č. 2 se špatně nastaveným osvětlením ve 2D zobrazení.

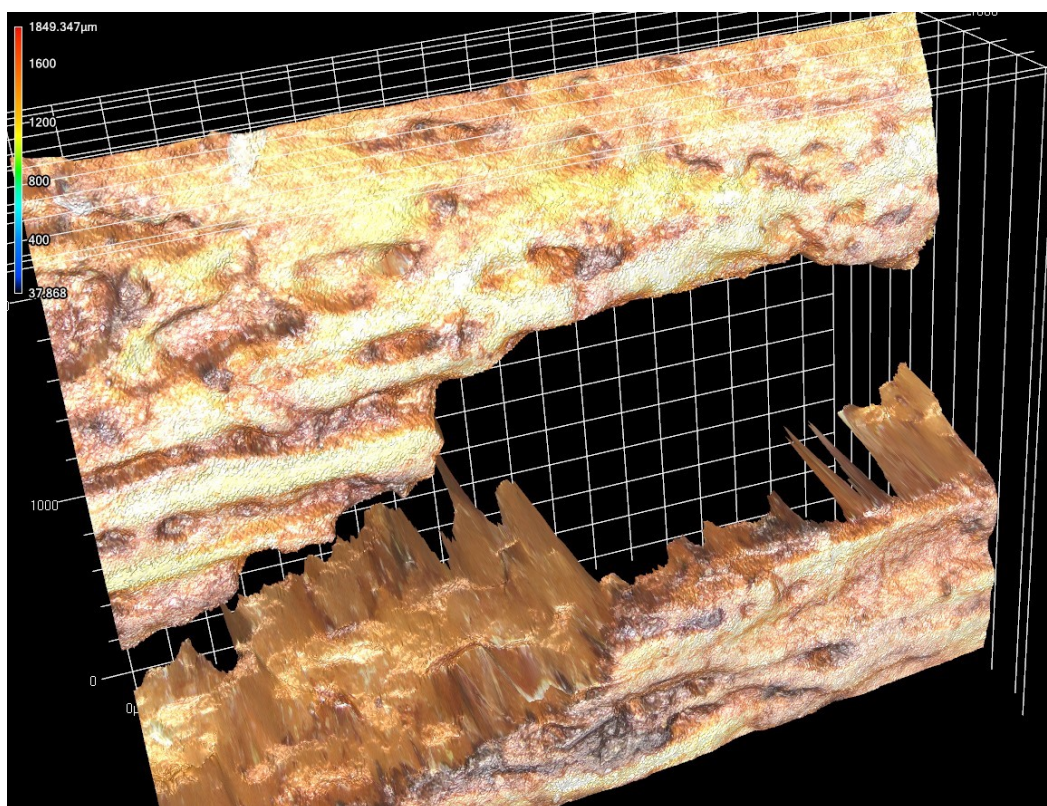


Obr. 63. 2 fragmenty kosti č. 2 se špatně nastaveným osvětlením ve 3D zobrazení.

Fragmenty kosti číslo 3 jsou nejdříve zarovnány k sobě a poté ve 3D zobrazení pootočený tak, aby byly vidět i ty části fragmentů, které v původním celku byly uvnitř kosti, nikoliv na povrchu. Jak je na následujících Obr. vidět, tak tyto vnitřní části, které se nachází v zákrutu povrchových částí nejsou nasnímány. Proto je na Obr. 64 v pravé části vidět právě tyto vnitřní části, kdežto na Obr. 65 je pouze černá plocha, na opačných stranách Obr. je tomu přesně opačně.

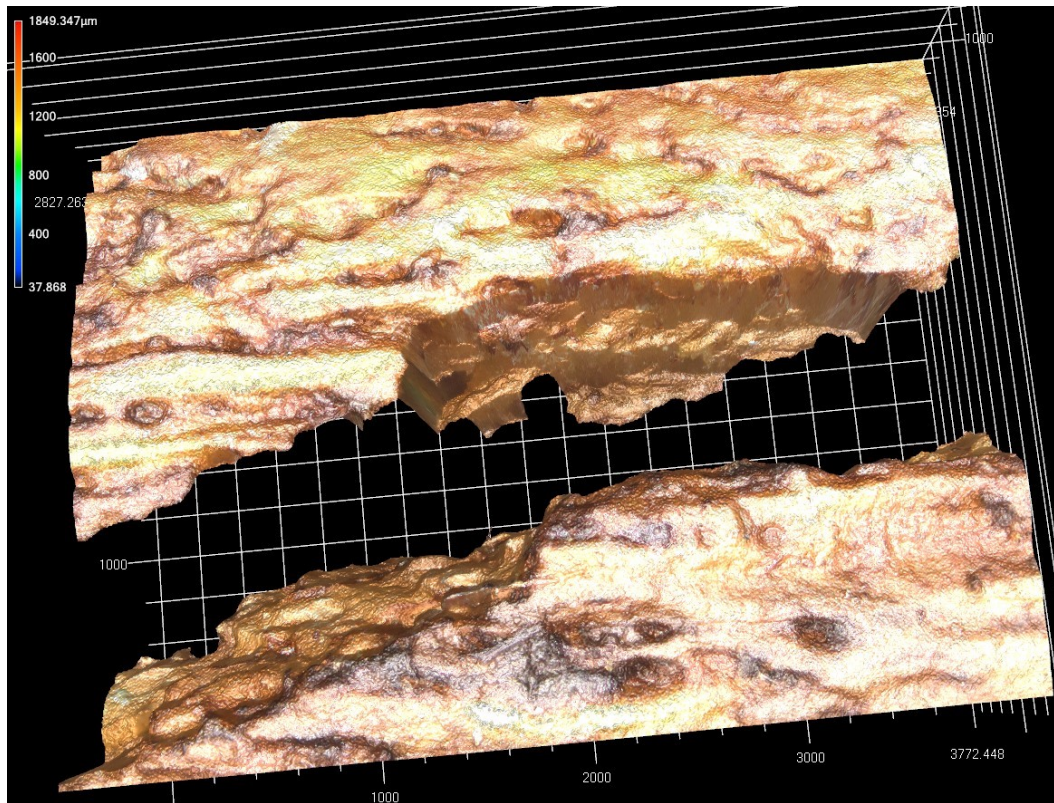


Obr. 64. Fragментy kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 1.



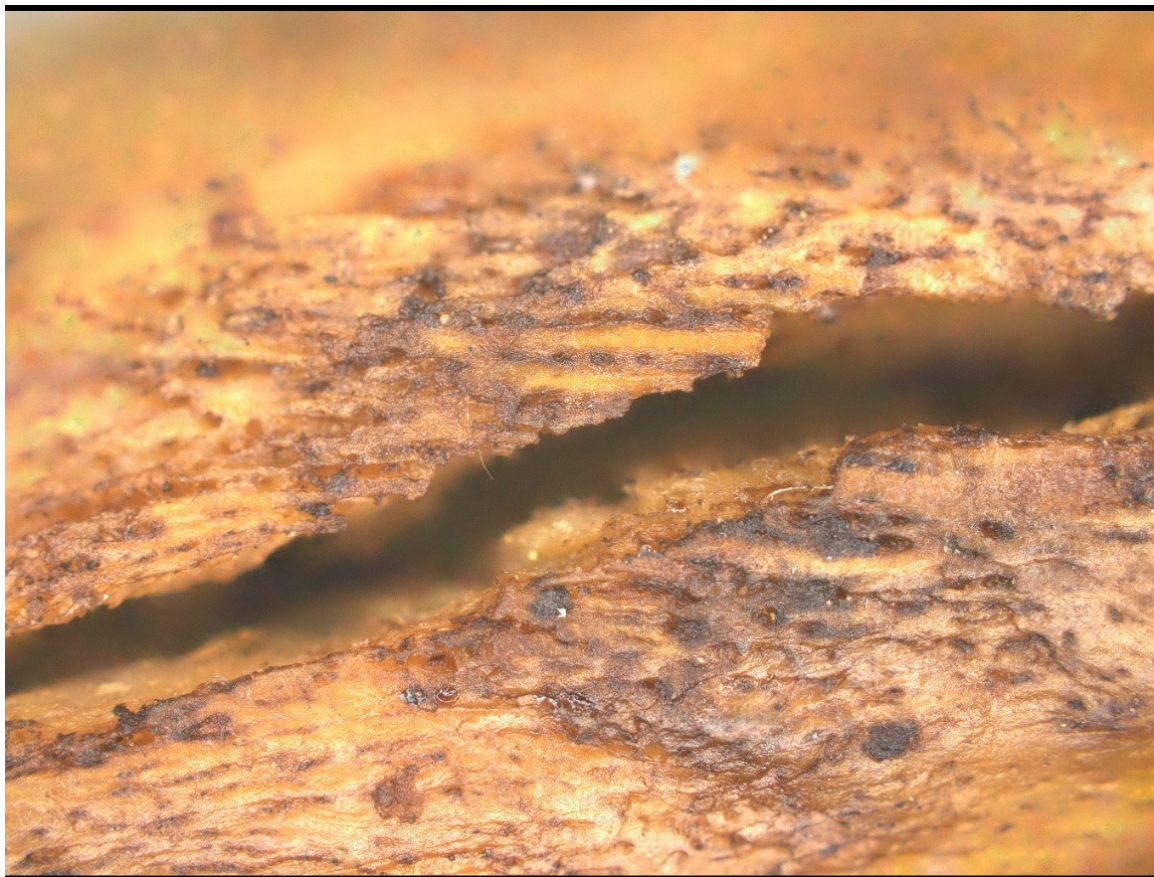
Obr. 65. Fragментy kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 2.

Následně jsou tyto dva fragmenty zobrazeny opět ve 3D zobrazení, nyní ale s pohledem přímo shora.



Obr. 66. Fragmenty kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 3.

Nakonec jsou tyto 2 fragmenty zobrazeny v klasickém 2D barevném zobrazení. Zde se projevuje zakřivení povrchu těchto dvou fragmentů, s čímž souvisí to, že zaostřena je pouze střední část Obr. 67, kdežto u okrajů se vlivem tohoto zakřivení Obr. 67 rozostřuje. Tuto skutečnost lze vidět na následujícím Obr. 67.



Obr. 67. Fragментy kosti číslo 3 - 2D zobrazení.

8.3 Vyhodnocení

Z výsledků měření v rámci této kapitoly bylo zjištěno, že pomocí tohoto makroskopu lze porovnávat fragmenty kostí. Při měření byla zkoumána na třech kostech po jejich zlomení vzájemná shoda těchto zlomených částí. Jednotlivé fragmenty byly posuzovány jak podle barevného přechodu povrchu fragmentu kosti, tak také podle jejich okrajových částí v místě lomu. U kosti číslo 3 bylo cílem zaměřit se také na vnitřní část kosti, ale zkoumání těchto částí může být poměrně neprůkazné, jelikož se konkrétně u v této práci zkoumaných vzorků tyto části velice lehce odlamovaly od zbytku fragmentu. Dále na fragmentech pocházejících z kosti číslo 2 bylo poukázáno na to, jaký vliv má správné nastavení světla makroskopu na výsledek měření. U vzorku se špatně nastaveným světlem nelze jednotlivé fragmenty srovnávat na základě barevného přechodu jejich povrchu. U vzorků, kde bylo světlo nastaveno správně, lze celkem snadno, zejména u 2D zobrazení, pozorovat tyto barevné přechody. Co se týče vizuální podobnosti okrajových částí zkoumaných fragmentů v místě jejich lomu, lze při správném zarovnání těchto vzorků celkem přesvědčivě určit, zda tyto dva fragmenty tvořily před zlomením kosti jeden celek, nebo se naopak neshodují,

tudíž s velkou pravděpodobností konkrétně tyto dva fragmenty původně nebyly přímo spojeny.

9 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU MAKROSKOPU V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH

Na makroskopu Keyence VK-X1000 byly zkoumány jednotlivé vzorky z vybraných oblastí PKB. Pro zkoumání byly vybrány konkrétně vzorky z oblasti kriminalistické balistiky, kriminalistické mechanoskopie a forenzní antropologie.

V části zkoumání balistických stop byly zkoumány stopy po zápalníku na zápalkách nábojek Luger 9 mm vystřelených ze dvou různých pistolí CZ 75 a stopy po vývrtu hlavně na střelách. U zkoumání stop na nábojkách je velkým přínosem tohoto makroskopu možnost 3D zobrazení povrchu nábojek. Již díky tomuto 3D zobrazení povrchu nábojek lze rozpoznávat určité charakteristické znaky, které jsou vytvořeny úderem zápalníku do zápalky náboje. Dále je výhodou tohoto makroskopu možnost využití řady funkcí, konkrétně u zkoumání stop na nábojkách byla využita funkce plošného měření drsnosti povrchu. Díky této funkci můžeme o jednotlivých stopách získat užitečné údaje, které se ukázali být u stop vytvořených stejným zápalníkem velmi podobnými. Nicméně k potvrzení těchto výsledků by bylo vhodné provést zkoumání na větším množství vzorků.

U zkoumání stop na střelách bylo dosaženo přesvědčivých výsledků vedoucích k jednoznačnému určení střel vystřelených ze stejných zbraní. Oproti klasickým komparačním makroskopům, kde si můžeme jednotlivé drážky zarovnat k sobě, nám tento makroskop nabízí mnoho přínosných funkcí, díky nimž můžeme jednotlivé střely porovnávat s větší průkaznou hodnotou. U jednotlivých střel si můžeme zobrazit 3D model povrchu, ale také výškový profil povrchu u jednotlivých stop na těchto střelách. Zvláště u výškového profilu povrchu jednotlivých stop jsou již okem zřejmé jisté podobnosti či rozdíly v závislosti na tom, zda střely byly vystřeleny ze stejných či různých zbraní. Ještě přesvědčivějších výsledků lze dosáhnout díky funkci komparativního měření, kdy si na jednotlivých vzorcích můžeme zvolit referenční linie v libovolném místě nasnímaného vzorku, kdy se nám z míst označených touto linií vykreslí 2 proložené grafy průběhů povrchu těchto vzorků. Pokud máme vzorky správně zarovnané, lze z těchto průběhů téměř jednoznačně určit, zda byly dané střely vystřeleny ze stejné nebo různé zbraně. Ještě o něco podrobnějších výsledků lze dosáhnout díky funkci více liniového měření drsnosti povrchu, kde získáme data o průběhu povrchu ze širšího spektra daného vzorku.

Celkově lze říct, že tento konkrétní typ makroskopu se zcela nepochybně hodí ke zkoumání stop z oblasti kriminalistické balistiky, jelikož se pomocí něj v této práci podařily bez větších problémů provádět jednotlivá měření s přesvědčivými výsledky na základě modernějších metod než jen vizuálního srovnání daných stop.

U zkoumání stop z oblasti kriminalistické mechanoskopie bylo hlavním cílem zjistit, zda je pomocí tohoto makroskopu možno identifikovat a porovnávat jednotlivé stopy po nástrojích vytvořené v různých materiálech. Konkrétně byly zkoumány stopy vytvořené pomocí dvou různých šroubováků ve třech různých materiálech. Testovanými materiály byly válcovaná ocel, smrkové dřevo a polyethylen PE 1000. Při zkoumání mechanoskopických stop pomocí klasického mikroskopu lze jednotlivé stopy porovnávat většinou jen na základě podobnosti tvaru a velikosti stopy. Makroskop Keyence VK-X1000 oproti tomu nabízí možnost zobrazení 3D snímku této stopy, výškový profil povrchu stopy ale také grafy průběhu povrchu v místě referenční linie.

Při zkoumání mechanoskopických stop v jednotlivých materiálech se ukázalo, že za pomoci tohoto makroskopu není možno získat kompletní data o průběhu povrchu těch stop, které byly zanechány v měkkých materiálech jako je právě smrkové dřevo. Jestliže je tato stopa v materiálu příliš hluboká, makroskop díky svému omezení v maximálním výškovém rozdílu zkoumaného povrchu není schopen získat všechna data o povrchu stopy. Pokud nastane tato situace, záleží na tom, jak jsme měli makroskop nastavený. Jestliže byl makroskop zaostřen na nejhlubší část stopy, tak se nezískají data o okolním neporušeném povrchu této stopy, ale bude zobrazena právě tato nejhlubší část. Jestliže ale zaostříme na okolní povrch stopy, nebudou naopak získána data o povrchu v nejhlubší části stopy ale o její horní části ano. Tyto stopy tedy lze zkoumat jen pomocí jejich tvaru a velikosti v klasickém 2D zobrazení. Nicméně pokud pomocí tohoto makroskopu zkoumáme stopy zanechané v relativně tvrdých materiálech jako je právě testovaná válcovaná ocel nebo polyethylen PE 1000, lze pomocí tohoto makroskopu přesvědčivě analyzovat jednotlivé stopy. Jako velice užitečná se ukázala funkce komparace průběhů povrchů se svými pomocnými funkcemi. Pomocí této funkce se podařilo u všech správně nasnímaných vzorků určit, zda byly jednotlivé stopy vytvořené pomocí stejného nástroje nebo ne.

Z výsledků analýzy mechanoskopických stop v této práci tedy lze vyčíst, že pomocí makroskopu Keyence VK-X1000 lze jednotlivé mechanoskopické stopy k sobě přiřadit nebo je naopak od sebe odlišit pomocí moderních analytických metod. I když v této práci jsou analyzovány stopy vytvořené jen pomocí dvou nástrojů, myslím si, že výsledky této práce

jsou natolik průkazné, že i u stop vytvořených pomocí jiných nástrojů by bylo možno nalézt jednotlivé charakteristické znaky těchto stop a následně stopy k sobě přiřadit nebo je od sebe pomocí těchto znaků odlišit.

V rámci zkoumání stop z oblasti forenzní antropologie bylo cílem pokusit se analyzovat kosterní pozůstatky. Mým cílem bylo zjistit, zda pomocí tohoto makroskopu půjde rozlišit jednotlivé kosterní fragmenty a následně určit, zda jednotlivé fragmenty před tím, než byly rozděleny, k sobě patřily nebo ne.

Jednotlivé fragmenty byly porovnávány na základě jejich tvaru a zbarvení povrchu. Nicméně byly u fragmentů porovnávány také vnitřní části kostí. Pomocí 3D zobrazení bylo prokázáno, že u fragmentů, které před jejich zlomením tvořily jeden celek, lze pomocí zobrazení těchto vnitřních částí kosterních fragmentů částečně, ne s úplnou jistotou, určit, zda tyto fragmenty patřily k sobě nebo ne. Prokazatelnějších výsledků bylo ale dosaženo právě pomocí porovnání tvaru fragmentů a jejich zbarvení. U tohoto analyzování bylo zásadním správné nasnímání jednotlivých vzorků, jestliže totiž tyto vzorky nebyly správně nasnímány, nebylo možné jejich jednoznačné přiřazení k sobě. Nicméně u těch vzorků, které byly správně nasnímány se podařilo jednotlivé fragmenty k sobě s velkou přesností přiřadit. Z příložených obrázků v této práci je patrné, že pomocí tohoto makroskopu jsou na jednotlivých snímcích fragmentů pocházejících původně z jednoho celku zcela patrné k sobě patřící barevné přechody povrchu těchto fragmentů, ale také tvary fragmentů v místě lomu jsou prokazatelně shodné.

V rámci zkoumání vzorků z oblasti forenzní antropologie pomocí makroskopu Keyence VK-X1000 byl nalezen jeho hlavní přínos v této oblasti v jeho 3D zobrazení povrchu jednotlivých fragmentů. Pomocí tohoto zobrazení byly na povrchu fragmentů kostí zcela patrné jednotlivé vzájemně do sebe zapadající linie a také celkový barevný přechod povrchu těchto fragmentů. Dále byly pomocí 3D zobrazení porovnány ty části fragmentů kostí, které původně tvořily vnitřní část kosti. Také zde se částečně podařilo nalézt shody na fragmentech původně tvořících celek. Nicméně pomocí tohoto makroskopu mohou být zcela jistě porovnány také jiné úlomky než ty kosterní, tudíž by na podobném základě mohl být tento makroskop využit také v jiných oblastech PKB.

Ze všech těchto poznatků je již zcela zřejmé, že přínos makroskopu Keyence VK-X1000 v oblastech PKB je velký. Nabízí nám velké množství funkcí, pomocí kterých je možno zkoumané vzorky dále analyzovat. Díky své možnosti volby mezi variací zvětšení a měření

pomocí laserové konfokální mikroskopie můžeme získat o vzorku mnohem více informací. Velkým přínosem je také možnost zobrazení vzorku ve 3D zobrazení, díky němuž o tomto vzorku získáváme zcela jinou perspektivu, bez které by nám mohlo množství informací uniknout.

Jako další příklady oblastí, kde by dle mého názoru mohl nalézt tento přístroj využití, uvedu konkrétně tyto oblasti: zkoumání daktyloskopických stop, kriminalistická defektoskopická expertiza, kriminalistická metalografická expertiza.

ZÁVĚR

V této práci byly vysvětleny základní pojmy nutné k pochopení probírané problematiky. Zejména byly vysvětleny základní informace týkající se mikroskopie, kriminalistické balistiky, kriminalistické mechanoskopie a forenzní antropologie. Také zde byl popsán konkrétně v této práci využitý makroskop Keyence VK-X1000.

Byly popsány jednotlivé funkce makroskopu, kdy některé z nich byly následně využity v praktické části k analyzování vybraných vzorků z oblasti PKB. Na konci práce byl zhodnocen přínos tohoto makroskopu v jednotlivých oblastech PKB a také navrženy další oblasti, ve kterých by mohl také nalézt využití.

Experimentální měření v praktické části práce ukázala, že makroskop VK-X1000 lze v jednotlivých testovaných oblastech smysluplně využít. Podařilo se zkoumání stop z oblasti kriminalistické balistiky, kdy byly nalezeny charakteristické znaky na vzorcích a také zde byly využity moderní funkce vedoucí k zvýšení přesnosti tohoto zkoumání. Také u zkoumání mechanoskopických stop bylo dosaženo uspokojivých výsledků, kdy se nedostatek ukázal jen u měkkých materiálů, kde makroskop díky svému omezení v maximálním výškovém rozdílu zkoumaného vzorku nebyl schopen nasnímat kompletní povrch stopy. V ostatních případech byly stejně jako u stop z oblasti kriminalistické balistiky nalezeny charakteristické znaky jednotlivých stop. U zkoumání kosterních pozůstatků se pomocí makroskopu podařilo taktéž jednotlivé vzorky k sobě přiřadit na základě podobností jednotlivých fragmentů.

Makroskop VK-X1000 lze aplikovat v mnoha oblastech PKB, jelikož se jedná o komplexní nástroj, který najde uplatnění zejména v oblasti forenzních věd.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] What is Microscopy?. The University of Edinburgh [online]. Edinburgh: The University of Edinburgh, c2019, Sep 27, 2018 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://www.ed.ac.uk/clinical-sciences/edinburgh-imaging/for-patients-study-participants/tell-me-more-about-my-scan/what-is-microscopy>
- [2] Historie brýlí a brýlových čoček. Pan Optika [online]. Jičín: Aleš Kopáč, DiS., c2012, Úno 27, 2013 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://pan-optika.cz/historie-bryli-a-brylovych-cocek-1006/>
- [3] HØG, Erik. 650 Years of Optics: From Alhazen to Fermat and Rømer. In: Niels Bohr Institutet [online]. Copenhagen: Københavns Universitet [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.astro.ku.dk/~erik/HoegAlhazen.pdf>
- [4] Book of Optics. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Book_of_Optics
- [5] Salvino D'Armate - Eyeglasses Inventor. Glasses History [online]. Glasses History, c2019 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <http://www.glasseshistory.com/glasses-inventor/salvino-d-armate/>
- [6] The compound microscope. Esposizioni online - Istituto e Museo di Storia della Scienza [online]. Copyright c2007 IMSS [cit. 15.02.2019]. Dostupné z: https://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/microscopio/dswmedia/storia/estorial_st.html
- [7] WOLLMAN, A. J. M., R. NUDD, E. G. HEDLUND a M. C. LEAKE. From Animaculum to single molecules: 300 years of the light microscope. Open Biology [online]. 2015, 01 April 2015, 5(4), 150019-150019 [cit. 2019-02-14]. DOI: 10.1098/rsob.150019. ISSN 2046-2441. Dostupné z: <http://rsob.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsob.150019>
- [8] PLÁŠEK, J. Nové metody optické mikroskopie. [online]. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 41 (1996), No. 1, 1-24 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z: <https://dml.cz/handle/10338.dmlcz/139719>
- [9] Carl Zeiss, Ernst Abbe a Otto Schott – vítězný tým. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/vision-care/lepsi-videni/pochopeni-zraku/carl-zeiss-ernst-abbe-a-otto-schott-vitezny-tym.html>
- [10] PRICE, Robert L a W. Gray JEROME. Basic confocal microscopy: Robert L. Price, W. Gray (Jay) Jerome, editors. New York: Springer, [2011], xi, 302. ISBN 978-0-387-78174-7.
- [11] MAŠOVÁ, Šárka. Fluorescence a Konfokální mikroskopie. Informační systém Masarykovi univerzity [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2014 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2014/Bi4170/um/51214023/06_Konfokalni_mikroskopie_2014.pdf

- [12] PAGE, Lisa. Scanning electron microscopy. New York: NY Research Press, [2015], vi, 282. ISBN 978-1-63238-406-5.
- [13] PLÁŠEK, Jaromír. Konfokální mikroskop: renezance experimentálních metod. Vesmír. VESMÍR, 1995, 74. ISSN 0042-4544.
- [14] DIXON, A. E., S. DAMASKINOS, A. RIBES a K. M. BEESLEY. A new confocal scanning beam laser MACROscope using a telecentric, f-theta laser scan lens. Journal of Microscopy [online]. 1995, 178(3), 261-266 [cit. 2018-11-26]. DOI: 10.1111/j.1365-2818.1995.tb03603.x. ISSN 00222720. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2818.1995.tb03603.x>
- [15] THOMAS, M. G., I. MONTILLA, J. G. MARICHAL-HERNANDEZ, J. J. FERNANDEZ-VALDIVIA, J. M. TRUJILLO-SEVILLA a J. M. RODRIGUEZ-RAMOS. Depth map extraction from light field microscopes. In: 12th Workshop on Information Optics. IEEE, 2013. DOI: 10.1109/WIO.2013.6601269.
- [16] Konfokální mikroskop. Ústav fyziky FAST VUT [online]. Brno: Ústav fyziky FAST VUT, c2001-2019 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/konfokalni_mikroskopie.pdf
- [17] LEE, Sangjoon a Jaeyoung PARK. A study of microscope structure and algorithm for 3D image implementation. In: 4th International Conference on Computer Applications and Information Processing Technology. IEEE, 2017. DOI: 10.1109/CAIPT.2017.8320683.
- [18] PLANKA, Bohumil. Kriminologická balistika. In: Ministerstvo vnitra České republiky [online]. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/soubor/3-2008-2008-03-planka-pdf.aspx>
- [19] BENEKOVÁ, Laura, Karolína JAKUBCOVÁ, Alexandra LESAYOVÁ a Paula MÁČAJOVÁ. Drážky: využití ve forenzní balistice. 1. súkromné gymnázium v Bratislave [online]. Bratislava: 1. súkromné gymnázium v Bratislave [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: http://www.1sg.sk/www/data/01/projekty/2016_2017/idols/web_kriminalistika1/drazky.html
- [20] Základy balistiky. Inovace SEBS a ASEBS [online]. Brno: Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, c2011, 2013-01-25 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/strelba/balistika>
- [21] PLANKA, Bohumil. Kriminologická balistika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010, 660 s. ISBN 978-80-7380-036-9.
- [22] ZELINKA, Stanislav a Vladislav ŠTEFKA. Kriminologické technologie a systémy I. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 1 online zdroj (111 s.). ISBN 978-80-7454-318-0. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/26020>

- [23] MUSIL, Jan, Zdeněk KONRÁD a Jaroslav SUCHÁNEK. *Kriminalistika*. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2004. Beckovy mezioborové učebnice. ISBN 80-7179-878-9.
- [24] PORADA, Viktor. *Kriminalistika*. Brno: CERM, 2001, 746 s. ISBN 80-7204-194-0.
- [25] VICHLENDÁ, Milan. *Kriminalistika* [online]. Karviná, 2011 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.sosoom-zlin.cz/media/skripta/kriminalistika.pdf>
- [26] Forezní antropologie. IQLANDIA [online]. Liberec: IQLANDIA [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.iqlandia.cz/iqlandia2016/media/content/%C5%A1koly/programy/Forezní-workshop.pdf>
- [27] Přírodovědné zkoumání. Policie České republiky [online]. Praha: Policie ČR, c2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/prirodovedne-zkoumani-892081.aspx?q=Y2hudW09NQ%3D%3D>
- [28] VORÁČOVÁ, Kateřina. *Identifikace mrtvol a kostrových nálezů*. Praha, 2016. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Právnická fakulta. Vedoucí práce Jiří Krupička.
- [29] KEYENCE CORPORATION. *VK Viewer/VK Image Stitching: Reference Manual*. Osaka.
- [30] *Principle of Measurement and Observation. 3D Laser Scanning Confocal Microscope VK-X Series* [online]. Osaka: KEYENCE CORPORATION, c2018, s. 22 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/my-keyence/?ptn=001&dlLangType=en-GB&dlLangId=>
- [31] KEYENCE CORPORATION. *MultiFileAnalyzer: Reference Manual*. Osaka.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CLSM	Confocal laser scanning microscope
CCD	Charge-coupled device
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
LED	Light-Emitting Diode
Sa	Průměrná aritmetická výška posuzované plochy
Sz	Maximální hodnota výšky povrchu
Ra	Aritmetický průměr profilu drsnosti
Rz	Maximální hodnota výšky profilu drsnosti
PKB	Průmysl komerční bezpečnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Čtecí kámen. [2]	11
Obr. 2. Titulní stránka Ibn al-Haythamovi Knihy optiky. [4].....	12
Obr. 3. Mikroskop, který navrhl Galileo Galilei a sestrojil Giuseppe Campani. [6]13	
Obr. 4. Dosažení stejného ohniska pomocí zaostření kondenzorové a objektivové čočky do stejné ohniskové roviny. [11].....	14
Obr. 5. Odstranění „nezaostřené“ části obrazu pomocí optiky, na detektor dopadá pouze obraz řezu objektu v rovině fokusace. [11].....	15
Obr. 6. Princip laserového rastrovacího konfokálního mikroskopu s rastrováním pomocí rozmítání laserového paprsku. [13]	16
Obr. 7. Stopy drážkovaného vývrtnu zanechané na střele. [19]	19
Obr. 8. Střela opouštějící hlaveň. [20]	19
Obr. 9. Ukázka superprojekce. [27]	28
Obr. 10. Způsob nalezení optimálního ohniskového bodu. [29]	32
Obr. 11. Nalezení ohniskové vzdálenosti pomocí změny ostření a informaci o ohnisku. [29].....	33
Obr. 12. Princip získávání dat o snímaném předmětu pomocí laserové konfokální mikroskopie. [29]	35
Obr. 13. Princip makroskopu Keyence VK-X1000. [30]	36
Obr. 14. Nábojka Luger 9 mm – pohled na dno zápalky.....	41
Obr. 15. Nábojka Luger 9 mm – pohled z boku.	42
Obr. 16. Stopa po zápalníku na zápalce nábojky č. 3.	43
Obr. 17. Stopa po zápalníku na zápalce nábojky č. 4.	43
Obr. 18. Výškové mapy povrchu nábojek č. 3 a č. 4.	44
Obr. 19. Výběr plochy, na které bylo prováděno plošné měření drsnosti povrchu.	44
Obr. 20. Ukázka nasnímané stopy zanechané na střele v 2D zobrazení.....	47
Obr. 21. Ukázka nasnímané stopy zanechané na střele ve 3D zobrazení.	47
Obr. 22. Dvě střely vystřelené ze stejné zbraně – zarovnané drážky.	48
Obr. 23. Výškový profil povrchu dvou střel vystřelených ze stejné zbraně.	49
Obr. 24. Funkce komparativního měření – 2 střely vystřelené ze stejné zbraně.	50
Obr. 25. Funkce komparativního měření – 1. graf povrchu 2 střel vystřelených ze stejné zbraně.	50

Obr. 26. Funkce komparativního měření – 2. graf povrchu 2 střel vystřelených ze stejné zbraně.	51
Obr. 27. Výškový profil povrchu dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní.	53
Obr. 28. Komparativní měření – zarovnání dvou střel vystřelených z různých zbraní.	53
Obr. 29. Funkce komparativního měření – 1. graf povrchu 2 střel vystřelených ze 2 různých zbraní.	54
Obr. 30. Funkce komparativního měření – 2. graf povrchu 2 střel vystřelených ze 2 různých zbraní.	54
Obr. 31. Šroubovák číslo 1 – celkový pohled.	57
Obr. 32. Šroubovák číslo 1 – detail.	58
Obr. 33. Šroubovák číslo 2 – celkový pohled.	58
Obr. 34. Šroubovák číslo 2 – detailní pohled.	59
Obr. 35. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 1.	60
Obr. 36. 1. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 1.	60
Obr. 37. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 2.	61
Obr. 38. 1. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 2.	61
Obr. 39. 1. stopa po šroubováku č. 1 v materiálu č. 3.	62
Obr. 40. 2. stopa po šroubováku č. 2 v materiálu č. 3.	62
Obr. 41. Vzájemné zarovnání dvou stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.	64
Obr. 42. 1. graf vzájemně proložených průběhů povrchu stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.	64
Obr. 43. 2. graf vzájemně proložených průběhů povrchu stop v materiálu č. 1 vytvořených šroubovákem č. 1.	65
Obr. 44. Nejnižší bod povrchu porovnávaných stop.	65
Obr. 45. Výškový profil dvou stop v materiálu č. 1 vytvořené šroubovákem č. 1. .	66
Obr. 46. Výškový profil dvou stop v materiálu č. 3 vytvořené dvěma různými šroubováky.	67
Obr. 47. Zobrazení podélné referenční linie na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1.	67
Obr. 48. Proložené grafy průběhu na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1 v místě podélné referenční linie.	68

Obr. 49. Zobrazení příčné referenční linie na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1.	68
Obr. 50. Proložené grafy průběhu na stopách po šroubovácích č. 2 a č. 1 v místě příčné referenční linie.....	69
Obr. 51. 2 stopy vytvořené šroubovákem č. 2 v materiálu č. 3.	70
Obr. 52. Vzorek kosti číslo 1 – kost v celku.....	72
Obr. 53. Vzorek kosti číslo 1 – zlomená kost.....	72
Obr. 54. Vzorek kosti číslo 2 – kost v celku.....	73
Obr. 55. Vzorek kosti číslo 2 – zlomená kost.....	73
Obr. 56. Vzorek kosti číslo 3 – kost v celku.....	74
Obr. 57. Vzorek kosti číslo 3 – zlomená kost.....	74
Obr. 58. Fragment první části kosti č. 1.....	75
Obr. 59. Fragment druhé části kosti č. 1.....	76
Obr. 60. 2 fragmenty kosti číslo 1 - vzájemně pootočený.	76
Obr. 61. 2 fragmenty kosti číslo 1 zarovnaný k sobě ve zvětšení 5x.....	77
Obr. 62. 2 fragmenty kosti č. 2 se špatně nastaveným osvětlením ve 2D zobrazení.	78
Obr. 63. 2 fragmenty kosti č. 2 se špatně nastaveným osvětlením ve 3D zobrazení.	79
Obr. 64. Fragmenty kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 1.	80
Obr. 65. Fragmenty kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 2.	80
Obr. 66. Fragmenty kosti číslo 3 - 3D zobrazení, pohled č. 3.	81
Obr. 67. Fragmenty kosti číslo 3 - 2D zobrazení.....	82

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Nejvýraznější rozdíly ve skeletu zvířete a člověka [28].....	29
Tab. 2. Naměřené hodnoty nábojky číslo 1.	45
Tab. 3. Naměřené hodnoty nábojky číslo 2.	45
Tab. 4. Naměřené hodnoty nábojky číslo 3.	45
Tab. 5. Naměřené hodnoty nábojky číslo 4.	46
Tab. 6. Více liniové měření drsnosti povrchu – porovnání dvou střel vystřelených ze stejné zbraně.	51
Tab. 7. Více liniové měření drsnosti povrchu – porovnání dvou střel vystřelených ze dvou různých zbraní.	55