

Bezkontaktní způsoby měření textury povrchů

Bc. Adam Baselides

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam Baselides**
Osobní číslo: **T11187**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Bezkontaktní způsoby měření textury povrchů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Popište techniky zajišťující bezkontaktní způsoby měření textury povrchů**
- 2. Popište vhodné matematické metody pro kontrolu textury povrchů se zaměřením na jejich vzájemné srovnání**
- 3. Pomocí techniky CLA proveďte nasnímání textury povrchů**
- 4. Nasnímané textury povrchů vyhodnoťte a výsledky matematicky zpracujte**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Vladimír Pata
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

10. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Baselides Adam

Obor: Řízení jakosti

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně 2.5. 2013

Baselides

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Ve své práci se zaměřuji na zkoumání povrchu jednotlivých nálevek. Diplomová práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části se zabývám metodami bezkontaktní kontroly povrchu a vhodnými matematickými metodami pro jeho kontrolu. V praktické části zkoumám povrchy jednotlivých nálevek.

Klíčová slova:

Jakost povrchu, světelná mikroskopie, CLA snímání a teorie hypotéz.

ABSTRACT

In my thesis I focus on exploring of the surface of funnels. The thesis is divided into two parts. In theoretical part I deal with the methods of non-contact surface inspection and appropriate mathematical methods for its control. In the practical part I deal with the surfaces of funnels.

Keywords:

Quality of surface, light microscopy, CLA scanning and theory of hypotheses.

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za ochotu, cenné rady a pomoc při řešení diplomové práce, čas a ochotu přiblížit dané téma.

Motto:

„Vědět mnoho je nebezpečné, vědět málo také.“

Albert Einstein

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné. Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, jsou-li uvolněny na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 2.5. 2013

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POPIŠTE TECHNIKY ZAJIŠŤUJÍCÍ BEZKONTAKTNÍ ZPŮSOBY MĚŘENÍ TEXTURY POVRCHŮ	12
1.1 PIM TECHNOLOGIE.....	12
1.1.1 Proces PIM.....	12
1.1.2 PIM výrobky.....	13
1.2 LEICA DMI3000 M.....	14
1.3 METODA LASERU.....	16
1.4 METODA CLA.....	18
1.5 METODA AFM.....	19
1.5.1 Bezkontaktní režim (non-contact mode).....	20
2 POPIŠTE VHODNÉ MATEMATICKÉ METODY PRO KONTROLU TEXTURY POVRCHŮ SE ZAMĚŘENÍM NA JEJICH VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ	23
2.1 TEORIE HYPOTÉZ.....	23
2.1.1 Nulová a alternativní hypotéza.....	24
2.2 CHYBA I. A II. DRUHU.....	24
2.3 T-TEST.....	25
2.3.1 Volba nulové a alternativní hypotézy.....	25
2.3.2 Volba testové statistiky.....	25
2.4 F-TEST.....	26
2.4.1 Volba nulové a alternativní hypotézy.....	26
2.4.2 Volba testové statistiky.....	27
2.5 CHYBY MĚŘENÍ.....	27
2.5.1 Hrubé chyby.....	27
2.5.2 Systematické chyby.....	27
2.5.3 Náhodné chyby.....	27
2.6 DEFINICE PARAMETRŮ PROFILU POVRCHU.....	28
2.6.1 Výškové parametry.....	30
2.6.2 Křivky a odpovídající parametry.....	30
2.7 HODNOCENÍ PARAMETRŮ.....	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
3 POMOCÍ TECHNIKY CLA PROVEĎTE NASNÍMÁNÍ TEXTURY POVRCHŮ	33
3.1 ROZDĚLENÍ VZORKŮ.....	33
3.2 MIKROSKOP LEICA DMI3000 M.....	36
3.3 GRAFICKÉ VÝSLEDKY MIKROSKOPU 2D.....	37
3.3.1 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 17.....	40
3.3.2 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 17N.....	42
3.3.3 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 18.....	44
3.3.4 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 18N.....	46

3.4	SNÍMÁNÍ NA CLA.....	47
3.4.1	Výsledky TalyMap.....	49
3.4.2	Grafické výsledky TalyMap nálevky 17:.....	52
3.4.3	Grafické výsledky TalyMap nálevky 18:.....	53
3.4.4	Grafické výsledky TalyMap nálevky 17N:.....	54
3.4.5	Grafické výsledky TalyMap nálevky 18N:.....	55
3.5	STATISTICKÉ HODNOTY NAMĚŘENÝCH PARAMETRŮ.....	56
3.6	ZPRACOVÁNÍ DAT MINTAB 14.....	57
4	NASNÍMANÉ TEXTURY POVRCHŮ VYHODNOŤTE A VÝSLEDKY MATEMATICKY ZPRACUJTE.....	62
4.1	R_{MR} FAKTOR NA HLOUBCE C.....	63
4.2	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ TALYMAP.....	69
4.2.1	Grafické vyhodnocení R_{mr} faktoru.....	70
4.3	VYHODNOCENÍ R_p	72
4.4	VYHODNOCENÍ R_p	73
4.4.1	Statistika pro podélné R_p 17 x 18.....	75
4.4.2	Statistika pro příčné R_p 17 x 18.....	76
4.4.3	Statistika pro podélné R_p 17N x 18N.....	77
4.4.4	Statistika pro příčné R_p 17N x 18N.....	78
4.5	VYHODNOCENÍ R_v	79
4.5.1	Statistika pro podélné R_v 17 x 18.....	81
4.5.2	Statistika pro příčné R_v 17 x 18.....	82
4.5.3	Statistika pro podélné R_v 17N x 18N.....	83
4.5.4	Statistika pro příčné R_v 17N x 18N.....	84
4.6	VYHODNOCENÍ R_a	85
4.6.1	Statistika pro podélné R_a 17 x 18.....	87
4.6.2	Statistika pro příčné R_a 17 x 18.....	88
4.6.3	Statistika pro podélné R_a 17N x 18N.....	89
4.6.4	Statistika pro příčné R_a 17N x 18N.....	90
4.6.5	Grafická tabulka Kruskal-Wallis.....	91
	ZÁVĚR.....	92
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	93
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	99
	SEZNAM TABULEK.....	102
	SEZNAM PŘÍLOH.....	104

ÚVOD

Téměř vše kolem nás má svoji specifickou texturu povrchu ať už to je patrné na první pohled nebo při bližším zkoumání. Povrch tělesa hraje důležitou roli, ať už si to uvědomujeme nebo ne.

Texturu povrchu je možné zkoumat kontaktním nebo bezkontaktním způsobem. Jako Země má své hory, propasti a vrstevnice, tak i ty nejmenší součásti mají na povrchu píky, prohlubně a jejich povrch se různě vlní. Má diplomová práce je zaměřena na bezkontaktní způsoby měření textury povrchů. Výhodou bezkontaktní metody je, že nedojde k poškození zkoumané součásti v průběhu měření, a tak je možné jednu součást zkoumat na více zařízeních k tomu určených.

Cílem mé diplomové práce bylo pro danou firmu zjistit, proč se v nálevkách, které byly vyrobeny PIM technologií, nahromaduje příze. Dále prozkoumat bezkontaktním způsobem povrch jednotlivých nálevek a určit nejvhodnější metodu pro jejich analýzu a posléze je matematicky vyhodnotit.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POPIŠTE TECHNIKY ZAJIŠŤUJÍCÍ BEZKONTAKTNÍ ZPŮSOBY MĚŘENÍ TEXTURY POVRCHŮ

1.1 PIM technologie

Jedná se o metodu, která využívá vstřikování práškových materiálů PIM (Powder Injection Molding) jako efektivní způsob tváření keramiky a kovů do forem komplexních a rozměrově přesných produktů. Tváření kovových a keramických prášků v sobě zahrnuje tradiční vstřikování plastů a práškovou metalurgii. [1]

Keramické a kovové prášky mají mnohem výhodnější vlastnosti ve srovnání s plasty (vyšší pevnost, vyšší provozní teploty, vedou elektrický proud a teplo). Mezi základní materiály, které jsou u této technologie vstřikování prášků použity, patří tvrdé kovy, oceli, karbidy křemíku, porcelán, oxidy hliníku, měď i titan a jeho slitiny apod. Podle práškového materiálu, který byl použit, používáme technologické označení CIM (vstřikování keramických prášků) a MIM (vstřikování kovový prášků). [1]

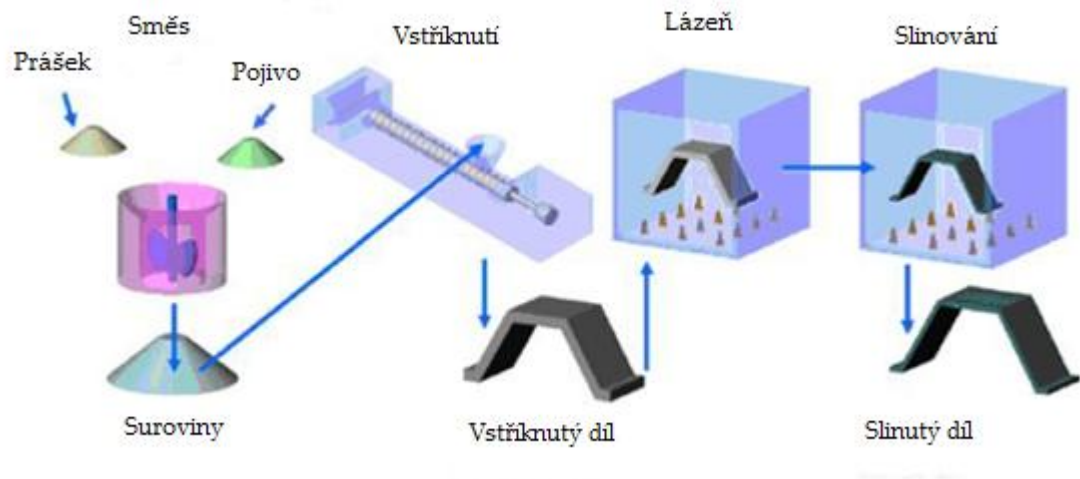
1.1.1 Proces PIM

Skládá se ze čtyř etap. V první etapě probíhá míchání prášku a pojiva, v druhé vstřikování, ve třetí etapě probíhá odstraňování pojiva a ve čtvrté probíhá slinování. [1]

V první etapě je kovový nebo keramický prášek smíchán s polymerním pojivem. Obsah pojiva je 35-50 obj. %. Takto vytvořená směs se upraví do formy granulátu, která se zpracuje. [1]

V druhé etapě probíhá vstřikování na vstřikovacím stroji. Následuje **třetí etapa**, kde se odstraní pojivo a provádí se buď tepelně, nebo rozpuštěním. [1]

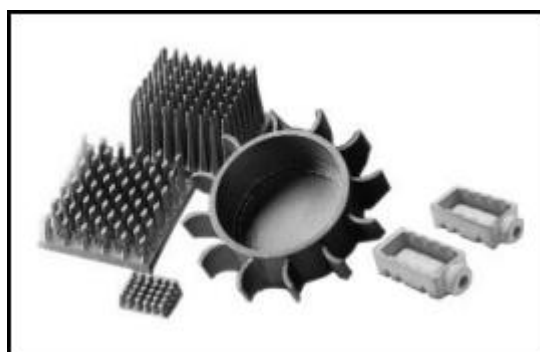
Čtvrtá etapa je slinování, materiál dostane požadované mechanické vlastnosti. U slinování dochází k rovnoměrnému smrštění komponentu o 12-18%. [1]



Obrázek 1. PIM technologie [1]

1.1.2 PIM výrobky

Vstřikování práškových materiálů je považováno za efektivní způsob výroby menších přesných částí do 150g, například součásti pro mikroelektroniku (čipy), automobilový průmysl (senzory airbagů, vstřikovací trysky) a textilní průmysl, v medicíně (biomedicínální implantáty, ortodontická rovnátka). [1]



Obrázek 2. PIM výrobky [14]

1.2 Leica DMI3000 M

Univerzální Leica DMI3000 M nabízí řadu možností konfigurace, která poskytuje dokonale přizpůsobený systém pro potřeby specifických uživatelů a aplikací, jako jsou kontrola jakosti, analýza materiálu, výzkum a vývoj nových materiálů. [6]

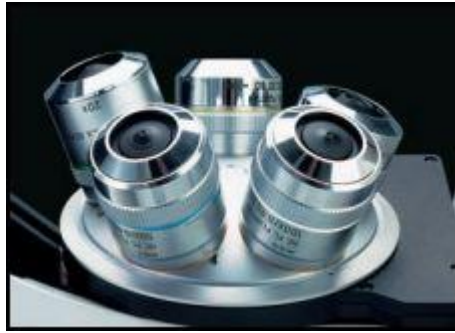


Obrázek 3. Leica DMI3000 M [6]

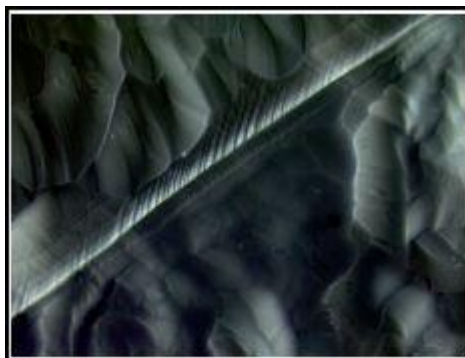
Optické soustavy Leica HC (Harmonic Component) mají nejvyšší numerickou aparaturu, která dává zcela nové standardy v obrazu s vysokým rozlišením. [6]



Obrázek 4. Optika Leica [6]



Obrázek 5. Umístění optiky Leica [6]



Obrázek 6. Solární článek 50x, DIC [6]

Leica DMI3000 M:

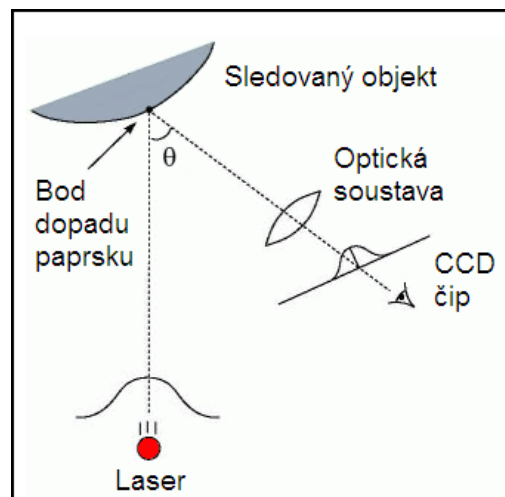
Typy osvitů	Spodní osvit (BF) Přímý osvit (DF) Rozdílný interferenční kontrast (DIC) Polarizované světlo (POL) Fázový kontrast (PH)
--------------------	--

Tabulka 1. Typy osvitů na Leica DMI3000 M [6]

1.3 Metoda laseru

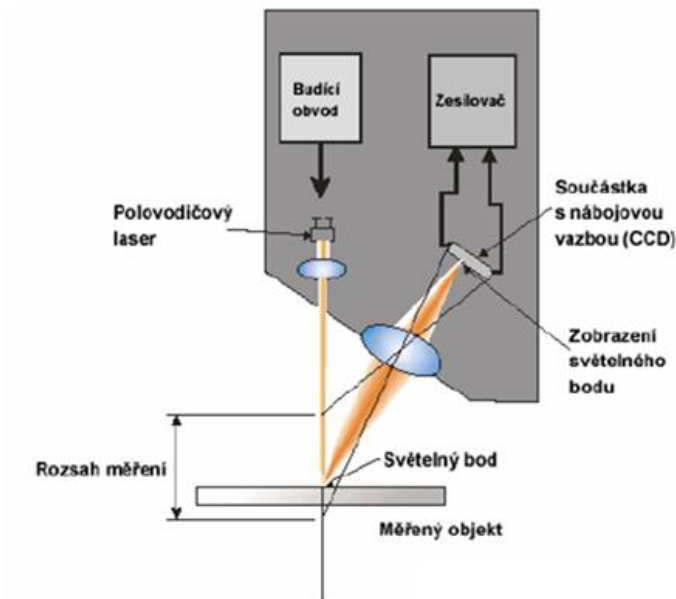
Paprsek polovodičového laseru se odrazí od měřeného povrchu do přijímacího optického systému. Paprsek je zaostřen na CCD snímacím poli. CCD zajišťuje špičkovou hodnotu rozdělení množství světla v bodě paprsku. CCD obrazové prvky (jednotlivé CCD snímané elementy) na ploše bodu paprsku jsou použity pro určení přesné polohy zaměřeného bodu. [16]

Zdroj světla se snímačem a osvětleným bodem na zkoumaném objektu tvoří triangulační trojúhelník. Spojnice mezi světelným zdrojem a snímačem pak nazýváme triangulační bází. Na straně světelného zdroje je úhel svíraný triangulační bází konstantní a na straně snímače je úhel určen proměnnou pozicí osvětleného bodu na CCD snímači. Na základě tohoto úhlu lze znalostí triangulační báze určit Z souřadnici bodu na povrchu objektu. K označení povrchu se používají různé světelné vzory: světelný paprsek, světelný pruh nebo strukturovaný světelný svazek. [16]



Obrázek 7. Aktivní triangulační metoda 1D [16]

V laserových 3D skenerech se pro rekonstrukci trojrozměrného povrchu používá dvojrozměrná aktivní triangulace. K povrchu předmětu je vyslán rozmítaný laserový pruh, který je snímán zabudovaným CCD snímačem s příslušnou optikou. Laserový pruh vznikne průchodem laserových paprsků přes speciální optickou soustavu, která obsahuje cylindrické čočky. [16]

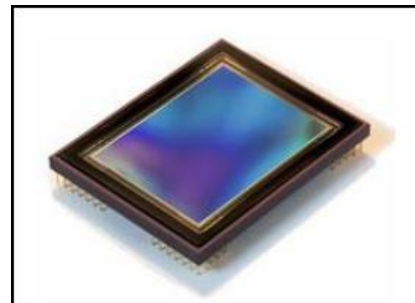


Obrázek 8. Schéma laserové hlavy pro 2D triangulaci [8]

Skenovací hlava se připojuje na libovolné zařízení CMM, ale musí být splněná softwarová a hardwarová kompatibilita z důvodu deklarované přesnosti $\pm 8\mu\text{m}$. Používá se u digitalizace malých předmětů se složitou konstrukcí, např. kryty telefonů. [15]



Obrázek 10. Laserový snímač [3]



Obrázek 9. Monochromatický CCD snímač typu FF [15]

CCD (Charge-Coupled Device)

Tento čip slouží výhradně pro převod dopadajícího světelného záření na velikost elektrického náboje. Snímač je tvořen maticí polovodičových buněk citlivých na světlo, kde každá buňka je jeden pixel. Celkové rozlišení závisí na počtu buněk. [15]

Typy CCD senzoru:

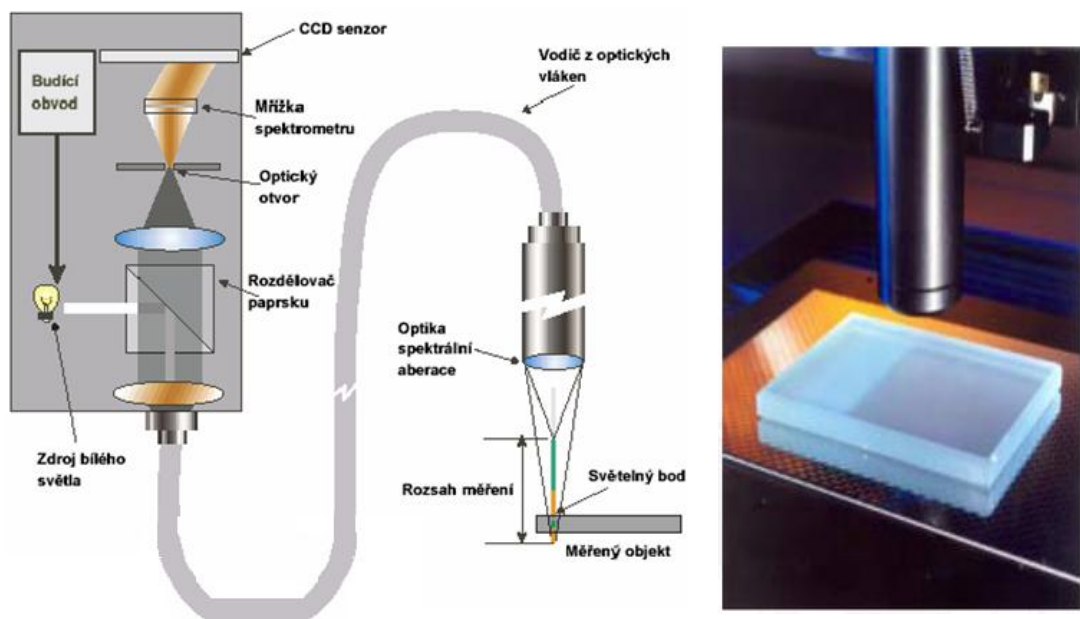
FF- Full Frame

FT- Frame Transfer

IT – Interline Transfer

1.4 Metoda CLA

Na snímači CLA (Chromatic Length Aberration) je bílé světlo rozkládáno a optikou se spektrální aberací je směřováno na kontrolovaný povrch. Optika rozloží světlo podle vlnových délek a v každém bodě povrchu je zaostřena jen určitá vlnová délka. Světlo odražené z povrchu prochází otvorem, který propustí jen světlo zaostřené vlnové délky. Spektrometr vychýlí světlo na CCD senzor, kde je každému bodu přiřazena prostorová poloha. [16]



Obrázek 11. CLA snímač [9]

Přístroj Taylor & Hobson:

Výrobce měřicí techniky s dlouholetou tradicí Taylor & Hobson se soustředí nejen na přípravu vysoce kvalitních systémů a přístrojů na měření **textury** i tvaru **povrchu**. Zároveň je aktivně zapojen do přípravy i normalizace metodik měření, zpracování výsledků a jejich vyhodnocení formou parametrů. Taylor & Hobson komplexní program prostorového hodnocení textury povrchu **Talymap** v následných měřicích systémech: **Form Talysurf PGI**, **Talysurf CCI**, **Talysurf CLI**, **Talysond**. [18]

Talysurf CLI:

Základem programového vybavení přístroje Talysurf CLI je firemní program Talymap, který zabezpečuje veškeré řídicí, kontrolní, vyhodnocovací i informační služby. Výkonný program pro analýzu dat zahrnuje: vyhodnocení struktury povrchu 2D a 3D, včetně vyjmutí 2D z povrchu 3D, měření ploch a objemu, výšky a vzdálenosti stupňů, analýzu výstupků, nosného podílu, velikost a hustotu zrn atd. Existují tři velikosti provedení pro uživatele přesně podle svých požadavků. [11]

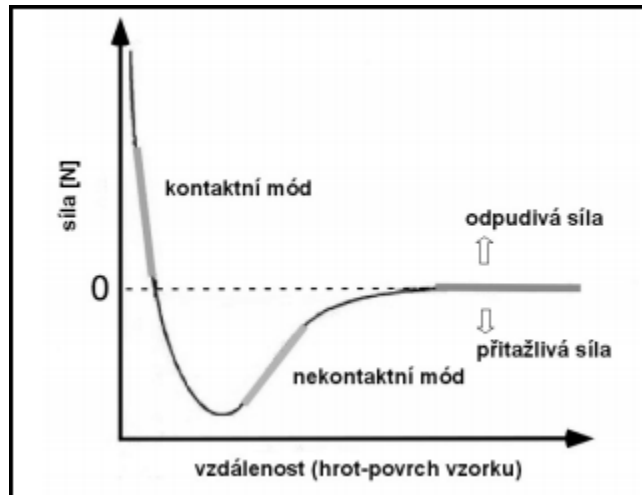


Obrázek 12. Talysurf 2000, Talysurf 1000, Talysurf 500 [9]

Talysurf CLI 500 patří k nejmenšímu provedení (měří prostor 50 x 50 x 50 mm, automatický posuv s rychlostí do 30 mm/s a délky posuvu 50 mm), charakterizovaný ekonomickou a prostorovou efektivností. Je určen především pro měření malých součástí. Pro instalaci přístroje stačí půdorysná plocha stolu 500 x 310 mm. Maximální nosnost stolu je 10kg. Talysurf CLI může mít až čtyři různé měřící hlavy na kontrolu všech kombinací materiálu a kvality povrchu. [11]

1.5 Metoda AFM

Mikroskopie atomárních sil AFM (Atomic force microscopy) je mikroskopická technika, která se používá k trojrozměrnému zobrazení povrchů. Obraz povrchu se sestavuje postupně, bod po bodu. Metoda dosahuje velmi vysoké rozlišitelnosti, nejedná se o klasický mikroskop. AFM metoda je založena na snímání sil, které vznikají mezi hrotem a vzorkem. Působí na sebe především skrze Van der Waalsovu a elektrostatickou sílu. AFM mikroskopie bývá relativně malým a kompaktním zařízením. [2]

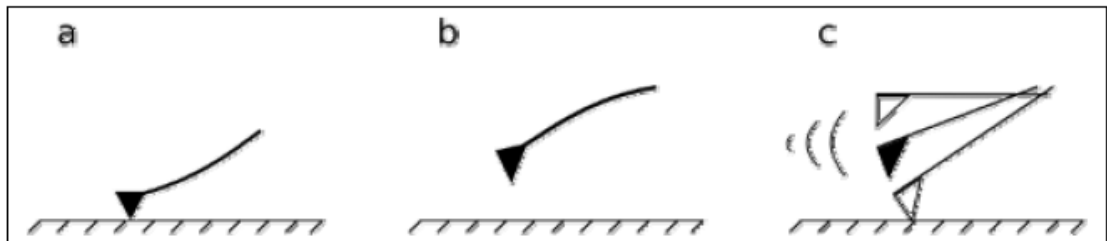


Obrázek 13. Síly AFM [20]

Pauliho síly, které pramení z tzv. vylučovacího principu, vznikají ve vzdálenostech, kde se mohou překrývat elektronové obaly. Vzdálenost, kde se nejvíce odpudivé síly projeví, bývá do desetin nm. [2]

AFM se dělí na tři typy:

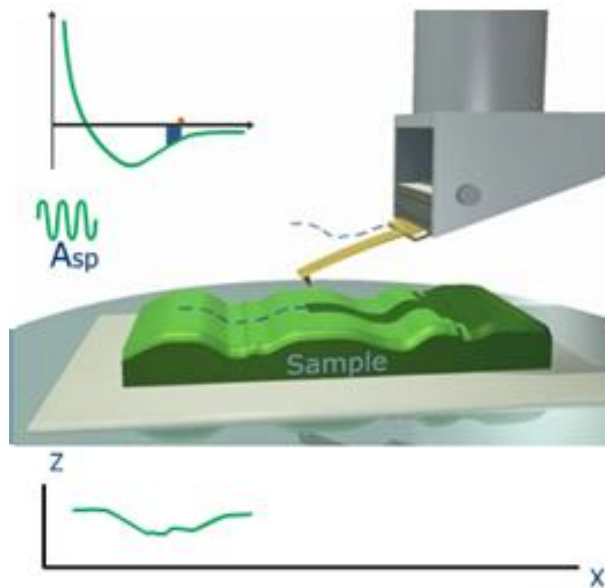
- a) Kontaktní režim
- b) Bezkontaktní režim
- c) Poklepový režim



Obrázek 14. AFM schéma metod [2]

1.5.1 Bezkontaktní režim (non-contact mode)

Při tomto způsobu nedochází ke kontaktu hrotu se vzorkem. Nosník s hrotem se pohybuje nad povrchem vzorku ve vzdálenostech jednotek až desítek nanometrů. K detekci slouží změny rezonanční frekvence nebo využití amplitudy kmitání nosníku v závislosti na vzdálenosti mezi hrotem a vzorkem. U bezkontaktní techniky se používají mnohem tvrdší nosníky než u režimu kontaktního. Při měření se hrot pohybuje v oblasti přitažlivých sil, dochází k mírnému snížení rozlišení, ale nedochází k poškození vzorku působením hrotu nebo ke kontaminaci vzorku. [2]



Obrázek 15. AFM bezkontaktní režim [7]

V režimu snímání se konstanta tuhosti nosníku mění v závislosti na tom, jak se přibližuje k povrchu vzorku. Když se vibrující nosník přiblíží blízko povrchu vzorku, síly se očekávaně mění a jeho rezonanční frekvence klesá. Jestliže se posouvá rezonanční frekvence nosníku, potom amplituda oscilací nosníku přináší oscilační změny. V oblasti blízké rezonanční frekvence nosníku jsou tyto změny velké. Posun amplitudy spojený s posunem rezonanční frekvence je základ pro amplitudovou modulaci, na které je založena měřicí technika používaná pro detekci změn v rezonanční frekvenci nosníku. Pro detekci amplitudové modulace nosníku osciluje frekvencí blízkou rezonanční a změny v jeho oscilační amplitudě jsou detekovány. V tomto režimu je snímací frekvence blízko, ale je větší než rezonanční frekvence nosníku ve volném prostoru, takže oscilační amplituda evidentně klesá v závislosti na tom, jak se nosník přibližuje k povrchu vzorku. Změna této amplitudy znázorňuje změnu gradientu síly působící na nosník, což je zaznamenáno jako změna vzdálenosti mezi hrotem a vzorkem. [2]

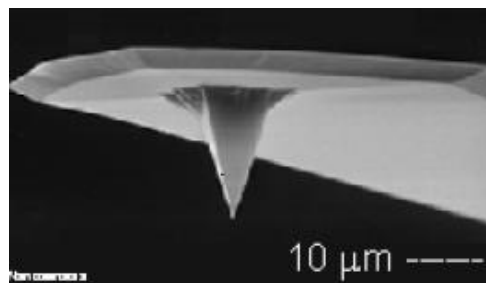
Rozlišení AFM

V mikroskopii AFM nestačí zhotovit pouze ostrý hrot, ale je důležité vyrobit také nosník, který svým ohybem bude identifikovat velikost interakční síly. Na nosník jsou u AFM metody kladeny požadavky vysoké rezonanční frekvence (10-500 kHz) a malé setrvačnosti. [19]

Existují dva typy nosníku:

- Plochý tenký kvádr
- Trojúhelníkové spojení dvou plochých kvádrů vytvářející písmeno V [19]

Rozlišení AFM je závislé na poloměru křivosti špičky hrotu (cca. 5 nm) a velikosti obrazu (1 x 1 μm , 512 x 512 měřících bodů). V tomto případě je rozlišení 2 nm. Zvětšením snímané plochy dochází k poklesu rozlišení, avšak po překročení hranice závislé na poloměru křivosti hrotu zmenšením plochy již rozlišení nezměníme. [12]



Obrázek 16. AFM hrot [12]

2 POPIŠTE VHODNÉ MATEMATICKÉ METODY PRO KONTROLU TEXTURY POVRCHŮ SE ZAMĚŘENÍM NA JEJICH VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ

2.1 Teorie hypotéz

Statistické hypotézy o základním souboru (populaci) můžeme rozdělit do dvou skupin:

Hypotézy parametrické

Hypotézy neparametrické [21]

Parametrické hypotézy jsou hypotézy o parametrech rozdělení (populace). Setkáme se s třemi typy těchto hypotéz:

1. Hypotézy o parametru jedné populace (o střední hodnotě, mediánu, rozptylu, relativní četnosti...)
2. Hypotézy o parametrech dvou populací (srovnávací testy)
3. Hypotézy o parametrech více než dvou populací (ANOVA) [21]

Parametrické hypotézy můžeme zapsat jako rovnosti (resp. nerovnosti) mezi testovaným parametrem a jeho předpokládanou hodnotou:

Např. „ $\mu = 100$ “, „ $\pi \leq 0,08$ “

Nebo jako rovnosti (resp. nerovnosti) mezi testovanými parametry:

Např. „ $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ “, „ $\pi_1 > \pi_2$ “

Statistické hypotézy o jiných vlastnostech populace (tvar rozdělení, závislost proměnných...) se nazývají **neparametrické hypotézy**. [21]

Parametrické testy označují testy, k jejichž odvození je nutné pro daný výběr specifikovat typ rozdělení (v některých případech i některé parametry tohoto rozdělení). Nejde tedy obecně o libovolné testy parametrických hypotéz. [21]

Neparametrické testy jsou takové testy, k jejichž odvození není nutné pro daný výběr specifikovat typ rozdělení. [21]

2.1.1 Nulová a alternativní hypotéza

Testováním statistických hypotéz se statistici začali zabývat krátce před vypuknutím druhé světové války. Jeho koncepci vytvořili Jerzy Neyman a E. S. Pearson, dále ji pak rozvinul Abraham Wald. Testování hypotéz pojali jako rozhodovací proces, v němž proti sobě stojí dvě hypotézy. První z nich **nulová hypotéza H_0** představuje určitý rovnovážný stav a bývá vyjádřena rovností „ $=$ “. [21]

Např. $\mu = 100, \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots$

Jde o takové tvrzení o populaci, které je bráno jak předpoklad při testování. Oproti ní stavíme tzv. **alternativní hypotézu H_A** . Alternativní hypotéza představuje porušení rovnovážného stavu a zapisujeme ji tedy jedním ze tří možných zápisů nerovností ($\neq, <, >$). Zvolíme-li alternativní hypotézu ve tvaru „ $<$ “ nebo „ $>$ “, **mluvíme o jednostranné alternativní hypotéze**.

Např. $\mu < 100, \mu > 100$

Zvolíme-li alternativní hypotézu ve tvaru „ \neq “, **mluvíme o oboustranné alternativní hypotéze**. [21]

2.2 Chyba I. a II. druhu

Rozhodování o nulové hypotéze na 5% nebo jiné hladině významnosti na základě náhodného výběru může vést ke vzniku dvou možných chyb. Můžeme dostat významný výsledek řekněme $p \leq 0,05$ a zamítnout nulovou hypotézu, i když ve skutečnosti platí. To se nazývá **chybou I. druhu**. Pravděpodobnost chyby I. druhu je v tomto případě 5% a může být předem stanovena výzkumníkem. Ve druhém případě můžeme dostat nevýznamný výsledek, řekněme $p \geq 0,05$, i když nulová hypotéza ve skutečnosti neplatí. V takovém případě se dopustíme **chyby II. druhu**. [10]

		Výsledek testu	
		Nezamítám H_0	Zamítám H_0
Skutečnost	Platí H_0	Správné rozhodnutí Pravděpodobnost rozhodnutí: $1 - \alpha$ (spolehlivost)	Chyba I. Druhu Pravděpodobnost rozhodnutí: α (hladina významnosti)
	Platí H_A	Chyba II. druhu Pravděpodobnost rozhodnutí: β	Správné rozhodnutí Pravděpodobnost rozhodnutí: $1 - \beta$ (síla testu)

Tabulka 2. Možné výsledky statistického testu [10]

Při testování hypotéz se samozřejmě snažíme minimalizovat obě chyby a dosáhnout vysoké síly testu (nízkého β) při co nejnižší hladině významnosti α . To však není možné, neboť snížením β se zvýší hladina významnosti α a naopak. Proto je třeba najít kompromis mezi požadavky α a β . [10]

2.3 t-test

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších testů, který na základě porovnání dvou nezávislých výběrů umožňuje porovnávat dvě populace. Nezávislost výběru bývá v praxi zaručena tím, že každý výběr obsahuje jiné prvky. Tento test patří mezi parametrické, tj. je založen na předpokladu, že máme výběry z normálního rozdělení. [21]

2.3.1 Volba nulové a alternativní hypotézy

Volba nulové hypotézy je zřejmá, u alternativy máme opět tři možnosti. Volba vhodné alternativy je v tomto případě daná vztahem mezi průměry jednotlivých výběrů:

Podle nulové hypotézy H_0 :

$$\mu_1 = \mu_2 \quad (\mu_1 - \mu_2 = 0)$$

Podle alternativní hypotézy H_A :

1. Je-li \bar{x}_1 jednoznačně nižší než \bar{x}_2 , volíme alternativu:

$$\mu_1 < \mu_2 \quad (\mu_1 - \mu_2 < 0)$$

2. Je-li \bar{x}_1 jednoznačně vyšší než \bar{x}_2 , volíme alternativu:

$$\mu_1 > \mu_2 \quad (\mu_1 - \mu_2 > 0)$$

3. Pohybuje-li se \bar{x}_1 v blízkosti \bar{x}_2 , volíme alternativu:

$$\mu_1 \neq \mu_2 \quad (\mu_1 - \mu_2 \neq 0)$$

[21]

2.3.2 Volba testové statistiky

Volba vhodné testové statistiky závisí na tom, zda známe či neznáme směrodatné odchylky σ_1 a σ_2 . [21]

1. Známe-li σ_1, σ_2 :

$$T(X) = Z_2 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \rightarrow N(0; 1)$$

2. Neznáme-li σ_1, σ_2 :

$$T(X) = T_2 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \rightarrow t_{n_1+n_2-2}$$

kde s_p :

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot s_1^2 + (n_2 - 1) \cdot s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

[21]

2.4 F-test

Předpokládejme, že máme dva nezávislé výběry z normálního rozdělení. Volba nulové hypotézy je zřejmá, u alternativy máme tentokrát pouze dvě možnosti. Oboustrannou alternativu nemůžeme v tomto případě použít, protože výpočet P-value pro oboustrannou alternativu je podmíněn tím, že nulové rozdělení testové statistiky je symetrické. Protože testová statistika používaná pro test shody dvou rozptylů má Fischer-Snedecorovo rozdělení, není tato podmínka splněna. Volba vhodné alternativy je dána vztahem mezi výběrovými rozptyly jednotlivých výběrů. [21]

2.4.1 Volba nulové a alternativní hypotézy

Podle nulové hypotézy H_0 :

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Podle alternativní hypotézy H_A :

1. Je-li σ_1^2 jednoznačně nižší než σ_2^2 , volíme alternativu:

$$\sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

2. Je-li σ_1^2 jednoznačně vyšší než σ_2^2 , volíme alternativu:

$$\sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

[21]

2.4.2 Volba testové statistiky

Kde F má Fischer-Snedecorovo rozdělení s m stupni volnosti pro čitatele a n stupni volnosti pro jmenovatele. [21]

$$T(X) = F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \rightarrow F(m, n)$$

[21]

2.5 Chyby měření

Tato klasická koncepce stanovení chybového intervalu byla dříve jedinou možností jeho určení, nyní bývá jednou ze součástí zpracování nejistoty měření. [13]

2.5.1 Hrubé chyby

Hrubé chyby (jiné označení je vybočující nebo odlehlé hodnoty) jsou způsobeny výjimečnou příčinou zapsáním výsledku, náhlým selháním měřící aparatury, nesprávným nastavením podmínek měření apod. Naměřená hodnota se značně liší od ostatních hodnot získaných při opakovaném měření. Takové měření je třeba ze zpracování vyloučit, aby nezkreslilo výsledek. [13]

2.5.2 Systematické chyby

Systematická chyba se přičítá (násobí apod.) k měřené hodnotě. Chybu můžeme tedy matematicky z náměru korigovat, pokud ji známe. Problém je tedy její identifikace a kvantifikace. Odhalit přítomnost systematické chyby může být někdy náročné. [13]

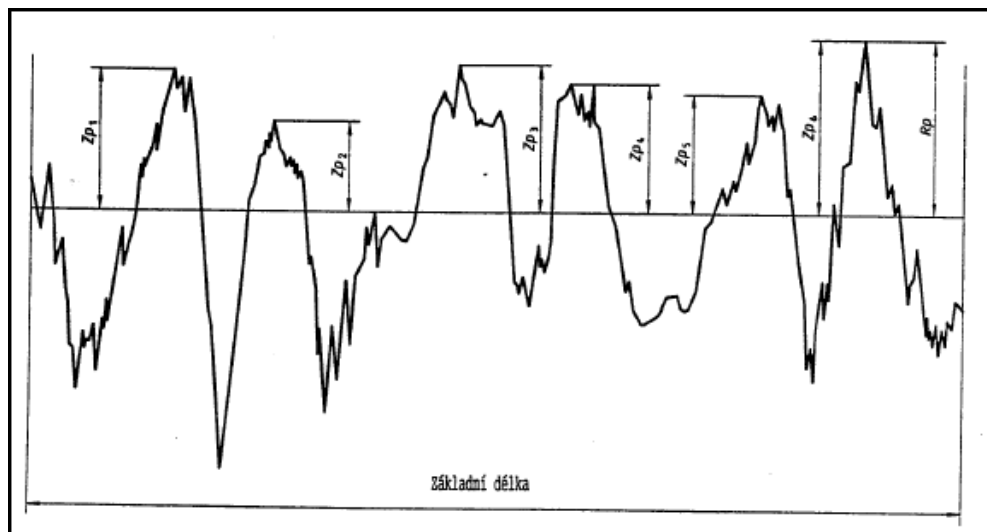
2.5.3 Náhodné chyby

Nejčastěji uvažujeme o součtu velkého množství malých rušivých účinků, které ovlivňují výslednou hodnotu. Statistická rozdělení elementárních zdrojů chyb mohou být obecná, ve výsledném součtu se zpravidla přibližují Gaussovu rozdělení. Náhodnou chybu z jednoho měření nemůžeme stanovit. Náměr musí být vícenásobný a zpracujeme jej statistickými metodami za předpokladu určitého rozložení náhodných chyb. Minimální počet měření umožňující zpracování je 5-10. Maximální počet měření bývá omezen časem, náklady apod. Více než 100násobné opakování zpravidla již výrazně nezpřesňuje výsledek. [13]

2.6 Definice parametrů profilu povrchu

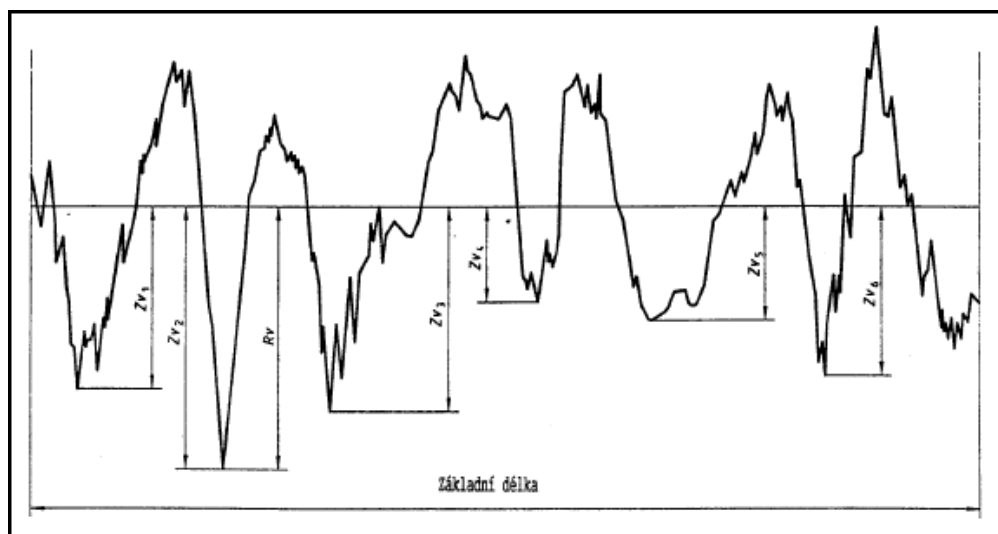
Dle ČSN EN ISO 4287 Geometrické požadavky na výrobu (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu. [4]

Největší výška výstupního profilu P_p , R_p a W_p : výška Z_p nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky. [4]



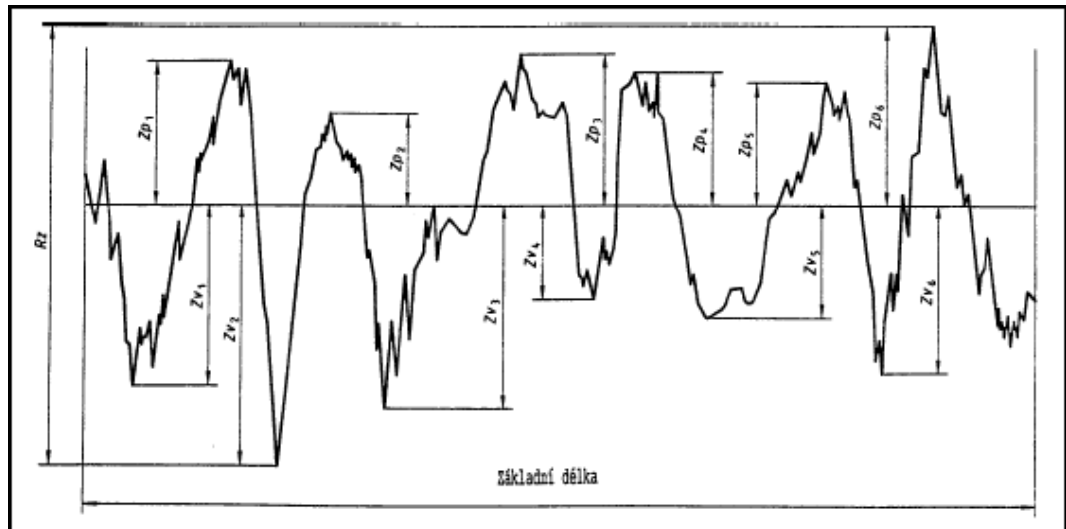
Obrázek 17. Největší výška výstupků profilu [4]

Největší hloubka profilu P_v , R_v a W_v : hloubka Z_v nejnížší prohlubně profilu v rozsahu základní délky. [4]



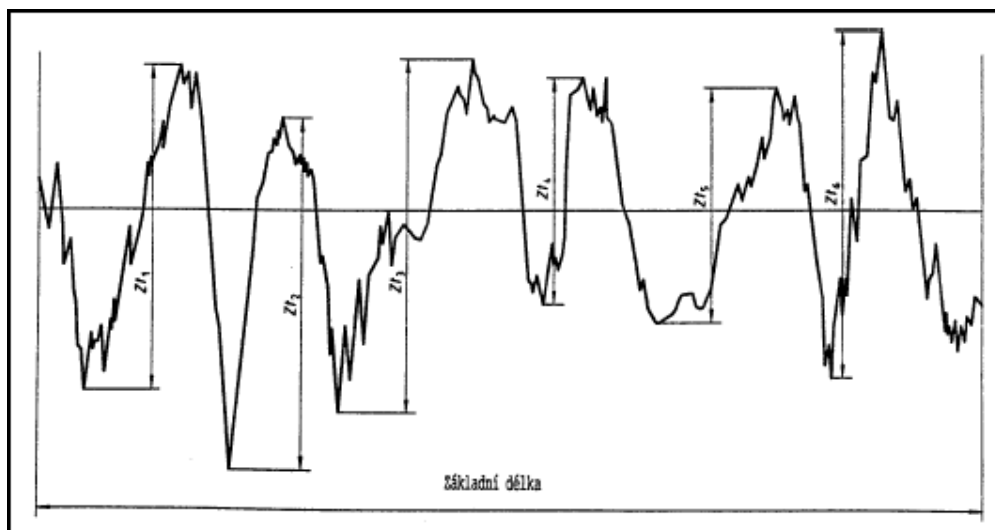
Obrázek 18. Největší hloubka prohlubní profilu [4]

Největší výška profilu P_z , R_z a W_z : Součet výšky Z_p nejvyšší výstupku a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky. [4]



Obrázek 19. Největší výška profilu [4]

Průměrná výška prvků profilu P_c , R_c a W_c : Průměrná hodnota výšek Z_t prvků profilu v rozsahu základní délky. [4]



Obrázek 20. Výška prvků profilu [4]

2.6.1 Výškové parametry

Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu P_a , R_a a W_a : aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky. [4]

$$P_a, R_a, W_a = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx}$$

kde $l = l_p, l_r$ případně l_w .

Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu P_q , R_q a W_q : kvadratický průměr pořadnice $Z(x)$ v rozsahu základní délky. [4]

$$P_q, R_q, W_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx}$$

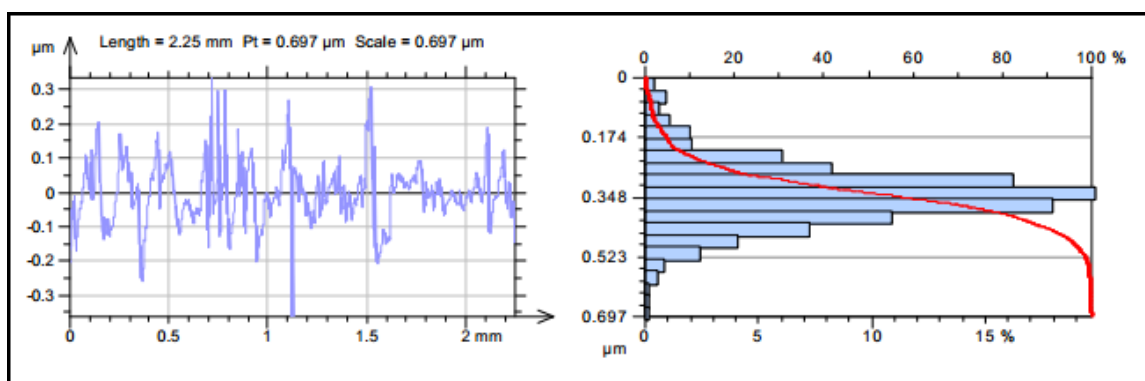
kde $l = l_p, l_r$ případně l_w .

2.6.2 Křivky a odpovídající parametry

Materiálový poměr profilu $P_{mr(c)}$, $R_{mr(c)}$ a $W_{mr(c)}$: poměr délky materiálu elementů profilu $Ml_{(c)}$ na dané úrovni c , k vyhodnocované délce. [4]

$$P_{mr(c)}, R_{mr(c)}, W_{mr(c)} = \frac{Ml_{(c)}}{ln}$$

Křivka materiálového poměru profilu (Abbott Firesoneova křivka): křivka představující materiálový poměr profilu v závislosti na výšce úrovně. [4]



Obrázek 21. Křivka materiálového poměru [17]

2.7 Hodnocení parametrů

Dle ČSN EN ISO 4288 Geometrické požadavky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu. [5]

Parametry struktury povrchu nejsou použitelné pro popis vad povrchu. Z toho důvodu vady povrchu - rýhy a póry nesmí být při kontrole struktury uvažovány. Pro rozhodnutí, zda povrch obrobku je či není ve shodě se specifikací, je použit soubor jednotlivých hodnot parametru struktury povrchu, z nichž každý je určen na vyhodnocované délce. Spolehlivost rozhodnutí, zda kontrolovaný povrch vyhovuje či nevyhovuje specifikaci, a přesnost průměrné hodnoty parametru struktury povrchu získané na témže povrchu, závisí na počtu získaných a také na počtu vyhodnocovaných délek, na počtu měření na povrchu. [5]

Ra μm	Základní délka drsnosti lr mm	Vyhodnocovaná délka drsnosti ln mm
$(0,006) < Ra \leq 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < Ra \leq 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < Ra \leq 2$	0,8	4
$2 < Ra \leq 10$	2,5	12,5
$10 < Ra \leq 80$	8	40

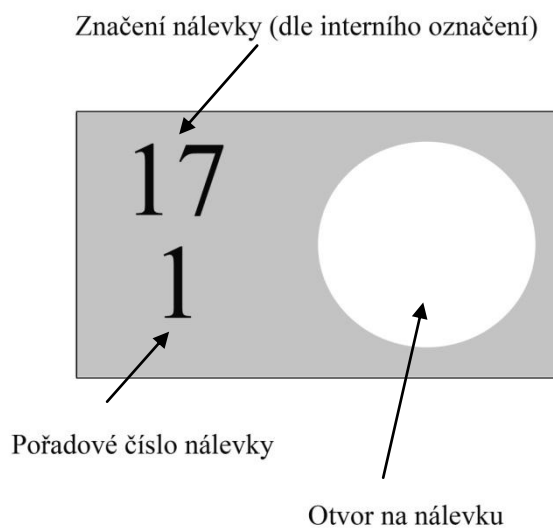
Obrázek 22. Základní délky drsnosti pro měření [5]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POMOCÍ TECHNIKY CLA PROVEĎTE NASNÍMÁNÍ TEXTURY POVRCHŮ

Na každou nálevku byl zvlášť vytvořen štítek s popisem, který sloužil nejen k označení, ale také při měření chránil vzorky, aby nedošlo k promíchání nebo záměně.

Příklad štítku na značení nálevky:





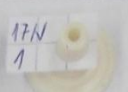
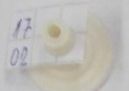

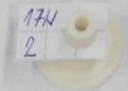



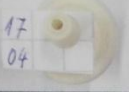




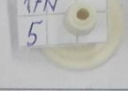

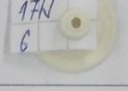

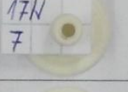

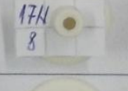



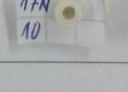



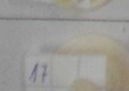
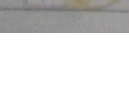
Obrázek 24. Štítek na nálevku



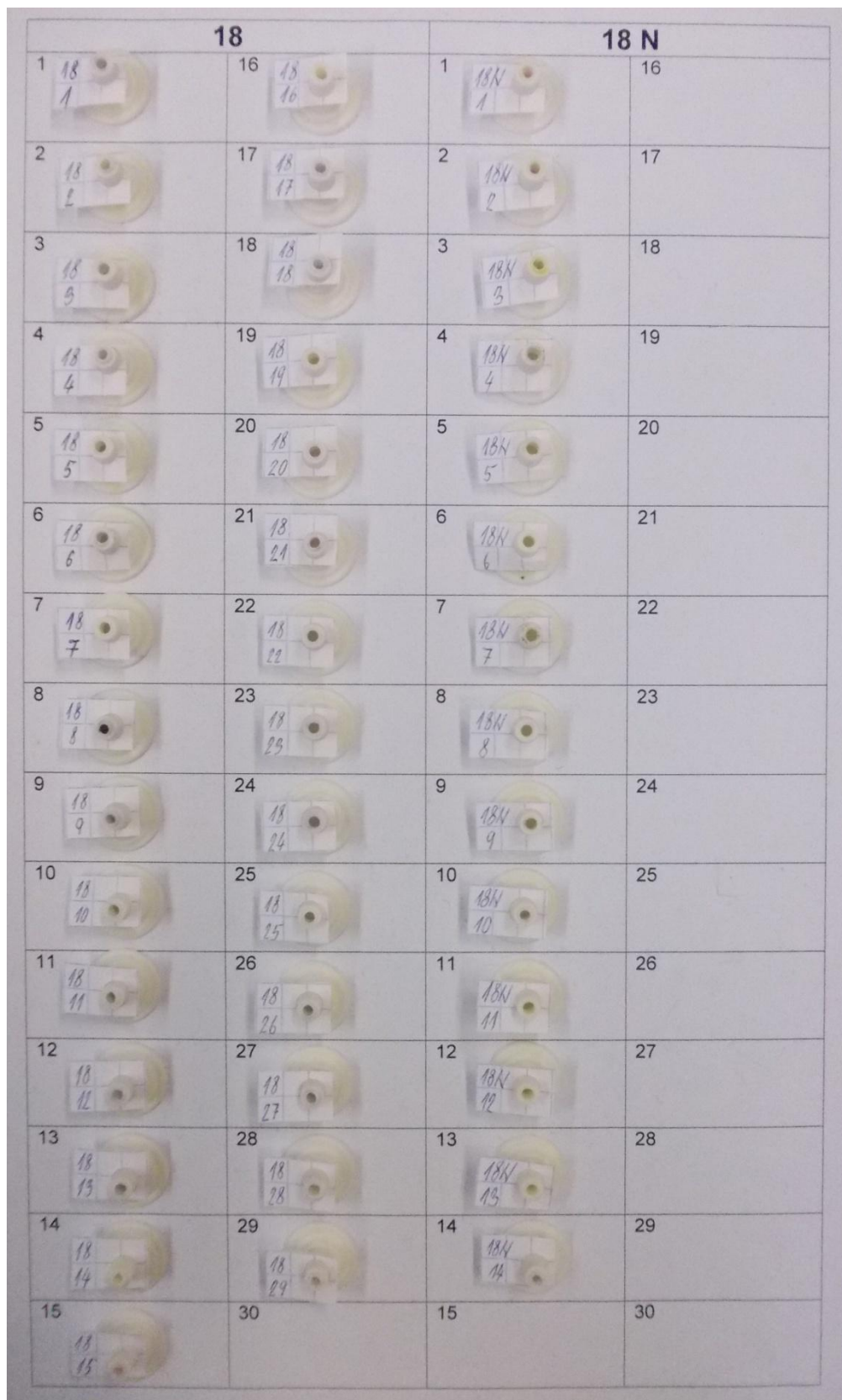
Obrázek 23. Štítek

3.1 Rozdělení vzorků

Nálevky s interním označením 17, 18, 17N a 18N. Vzorky byly rozděleny na dvě pracovní části (viz Obrázek 25 a 26).

17		17 N	
1 	16 	1 	16
2 	17 	2 	17
3 	18 	3 	18
4 	19 	4 	19
5 	20 	5 	20
6 	21	6 	21
7 	22	7 	22
8 	23	8 	23
9 	24	9 	24
10 	25	10 	25
11 	26	11	26
12 	27	12	27
13 	28	13	28
14 	29	14	29
15 	30	15	30

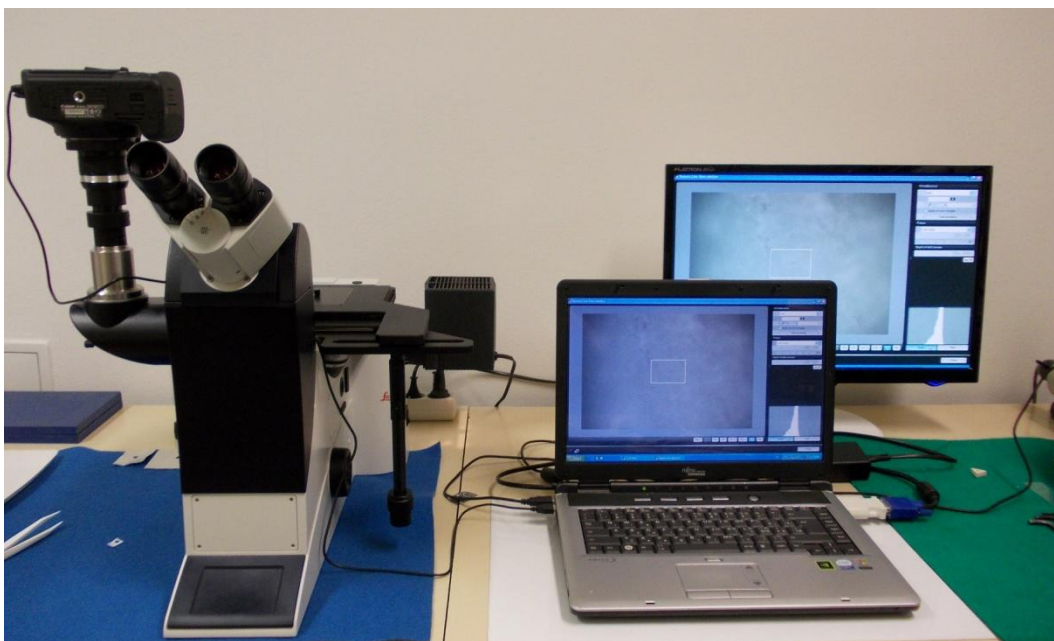
Obrázek 25. Nálevky 17 a 17N



Obrázek 26. Nálevky 18 a 18N

3.2 Mikroskop Leica DMI3000 M

Jednotlivé nálevky se nejprve zkoumaly na mikroskopu při 50x násobném zvětšení, ale nebyly patrné žádné výsledky, tak se jednotlivé nálevky vložily pod univerzální mikroskop Leica DMI3000 M. Optika mikroskopu byla propojena s digitálním fotoaparátem, který byl k přístroji připevněn, obě zařízení měla sjednocena zorná pole a na počítači byl promítán reálný obraz snímané nálevky. Zvětšení bylo nejprve zkušeno 100x a následně 200x násobné, ale stále se neprojevil povrch nálevek, až při 500x násobném zvětšení se plně projevil povrch daných nálevek. Následně byla pořízena fotografie daného místa na nálevce.



Obrázek 27. Metalografický mikroskop Leica DMI3000 M

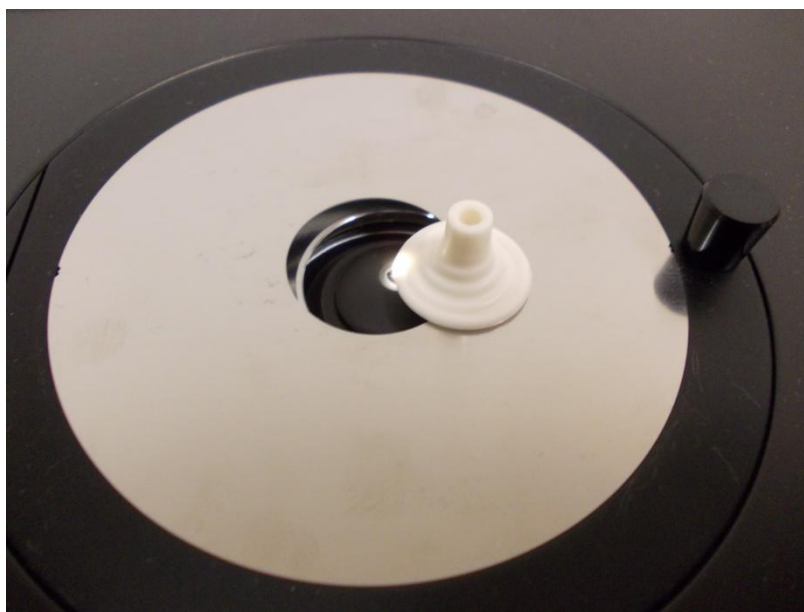
Osvit na přístroji Leica:

Nastavit správný osvit bylo klíčové pro viditelnost vad nálevky. Na výběr z osvitů byly 3 typy: polarizované světlo, přímý osvit a spodní osvit, jež se ukázal jako nejlepší pro zkoumání daných nálevek.

Značení	Druh světla	Zkratky na Leica DMI3000 M
1	Polarizované světlo	POL
2	Není osazeno	-
3	Spodní osvit	BF
4	Přímý osvit	DF

Tabulka 3. Grafické značení na přístroji Leica DMI3000M

Nálevky se zkoumaly v pořadí dle interního značení 17, 18, 17N a 18N. Z každého typu se vybralo 10 měřených nálevek, které byly následně zkoumány na mikroskopu, na kterém byly pořizovány snímky. K snímkům byly následně zapsány hodnoty zoom a osvit, které byl použit (viz Tabulka 3).



Obrázek 28. Umístění vzorku na Leica DMI3000 M

3.3 Grafické výsledky mikroskopu 2D

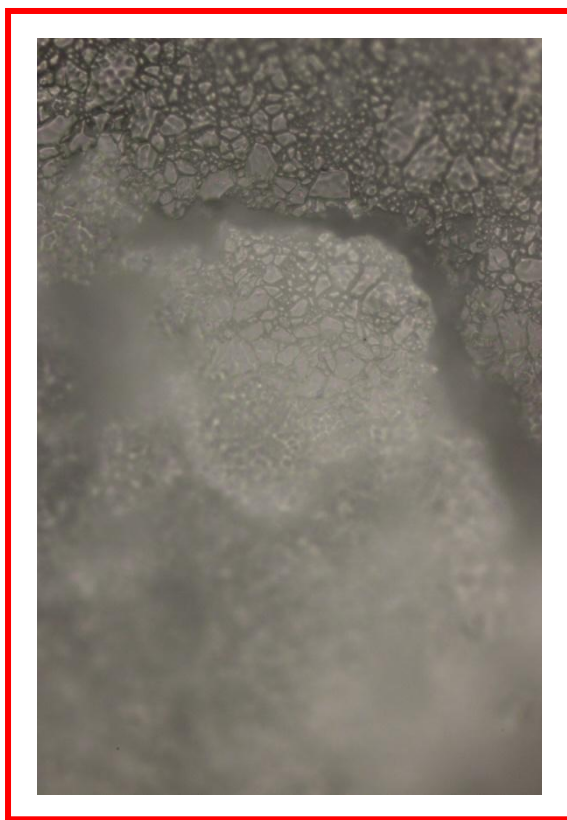
Digitální fotografie pořízené na mikroskopu Leica DMI3000 M se dále zpracovaly pomocí gama korekce. Gama korekce ovlivňuje světlá a tmavá místa na daném obrázku pomocí jasů pixelů. Dokáže světlá místa zbavit bílé barvy, tím jakoby dojde k jejím ztmavení (zvětší se sytost barev) a naopak. Tento postup úpravy fotografií se musel provést u všech pořízených snímků.

Gama korekce se nedá provést u všech fotografií stejně, nemůže se navolit hodnota podle předešlé gama korekce z toho důvodu, že každá pořízená digitální fotografie je jedinečná jak svými tmavými místy, tak světlými.

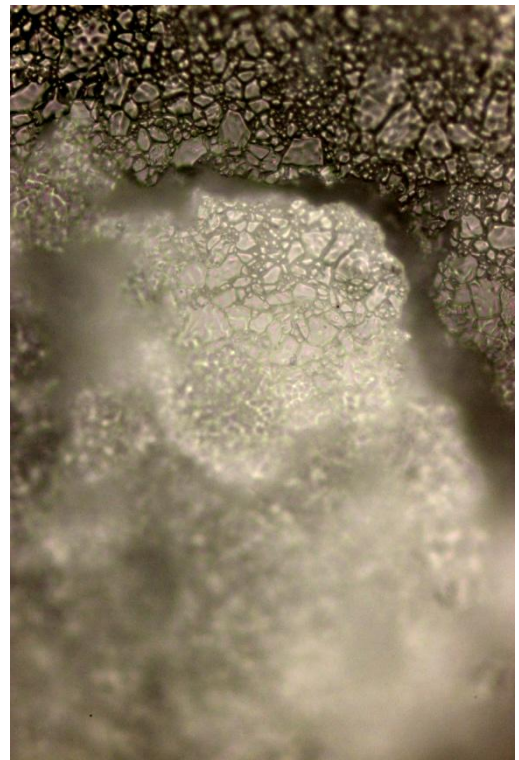
Ukázka fotografie před gama korekcí a po gama korekci:

Fotografie před gama korekcí nemá téměř žádný jas a všechny barvy splývají do jedné šedé barvy. Nejsou ani zřetelné tvary jednotlivých zrn.

Na fotografii po úpravě gama korekcí jsou na první pohled patrné jak jednotlivé tvary zrn, tak nerovnost povrchu. Z nevýrazné šedé se staly barvy plné a jasné.

Gama korekce fotografie nálevky při zvětšení 500x:

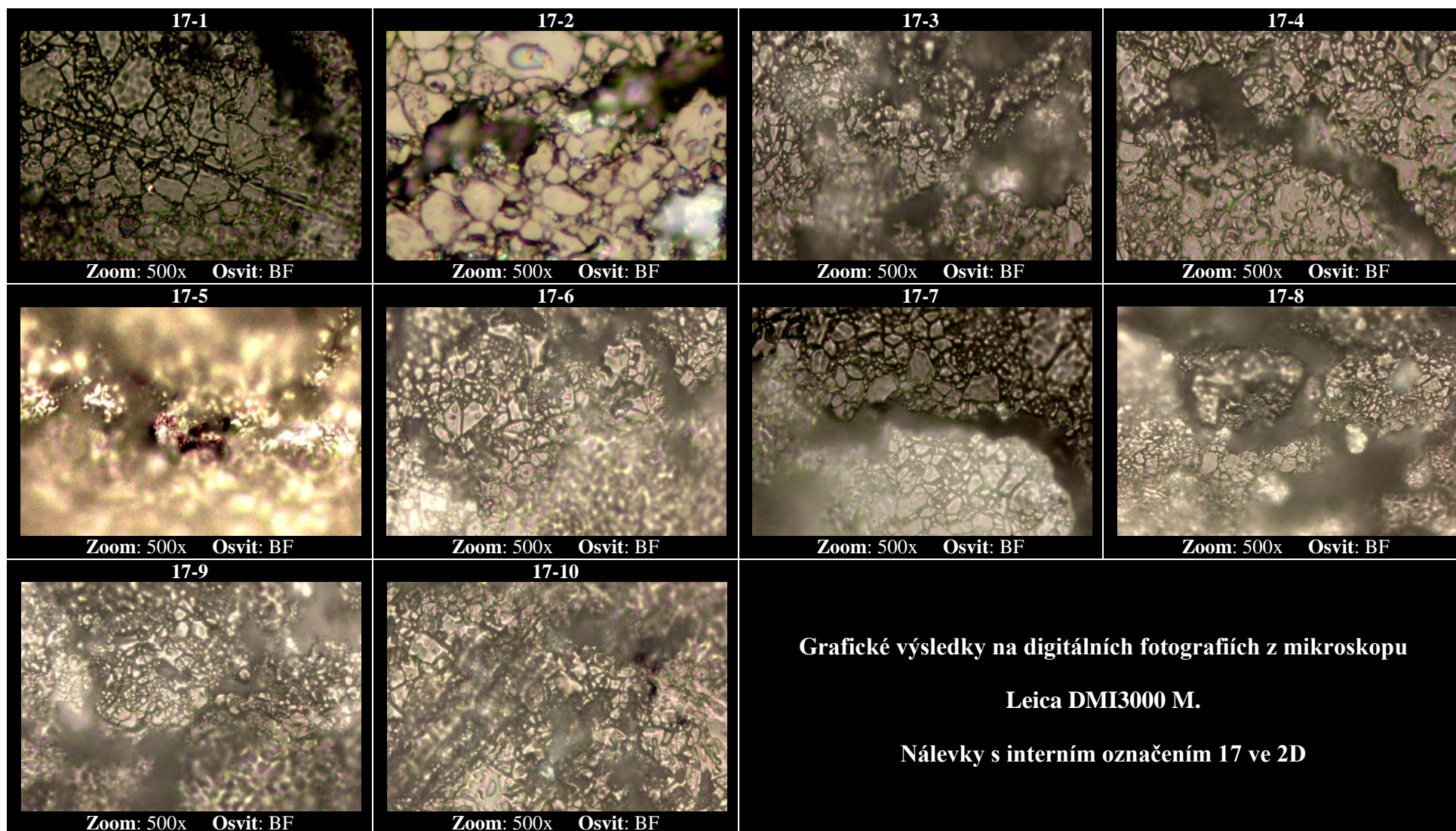
Obrázek 29. Před gama korekcí



Obrázek 30. Po gama korekci



Digitální fotografie pořízené na mikroskopu Leica DMI3000 M po úpravě gama korekcí byly následně zpracovány do čtyř tabulek, aby ještě více vynikl povrch jednotlivých nálevek v posloupnosti interního značení nálevek od 17, 18, 17N a 18N.



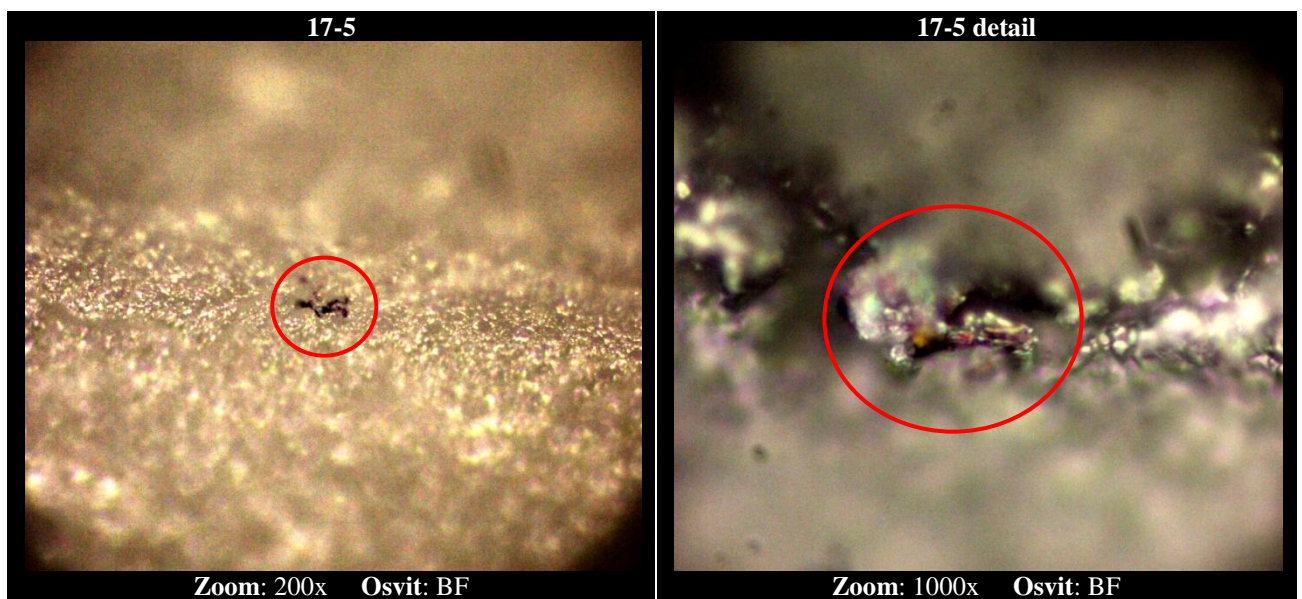
Tabulka 4. Grafické výsledky nálevek 17 ve 2D

3.3.1 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 17

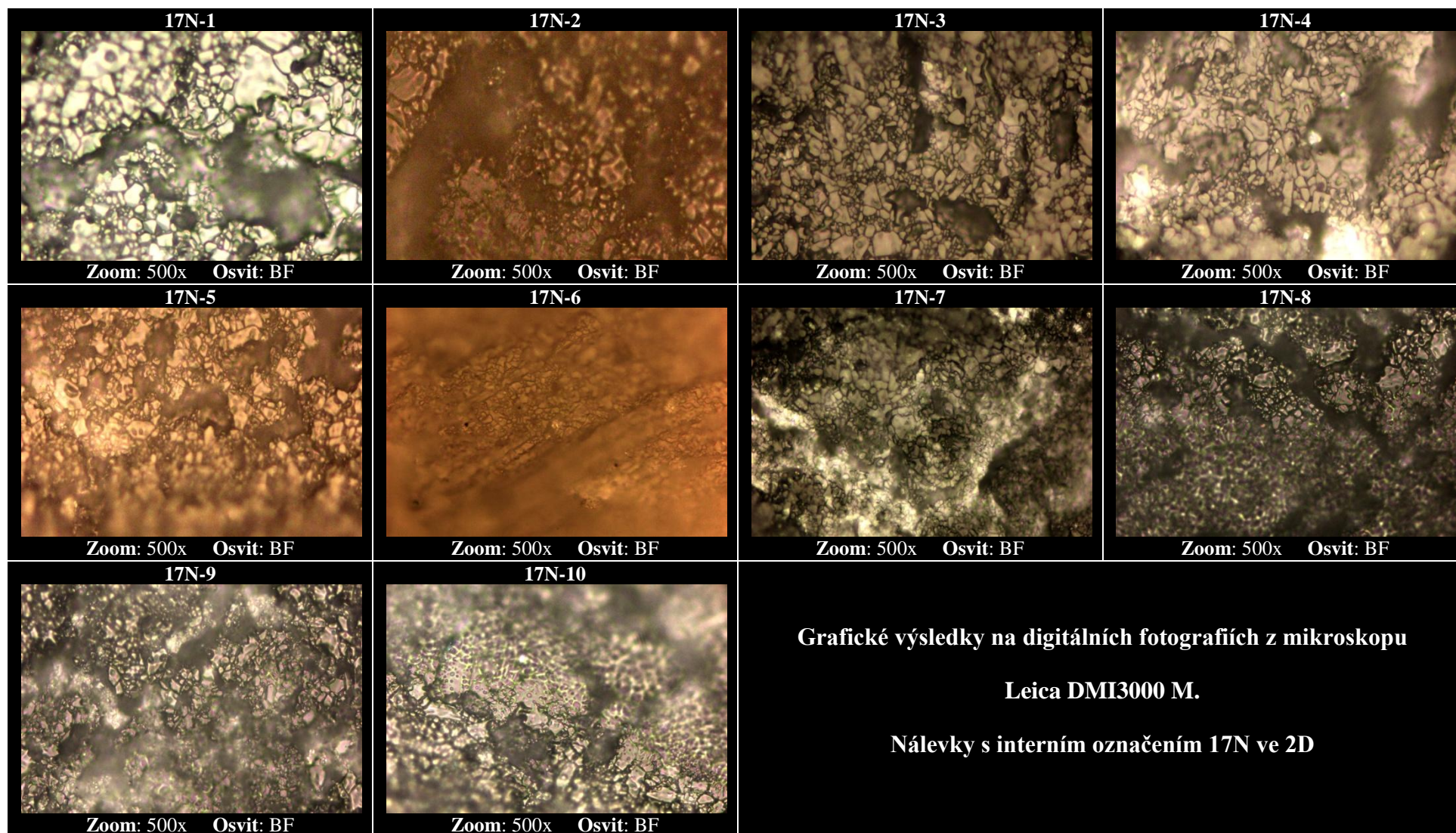
U nálevek s interním označením 17 byl patrný na první pohled výskyt lunker různých velikostí, rozměrů a tvarů. Světlá místa jsou nespojený materiál. Na některých fotografiích lze vidět černé skvrny, patrně způsobené spáleným uhlíkem.

Na detailní fotografii můžeme vidět jak nerovnost povrchu, tak výskyt lunker a také spálený uhlík.

Detail nálevky 17-5:



Obrázek 31. Vada nálevky 17-5 ve 2D



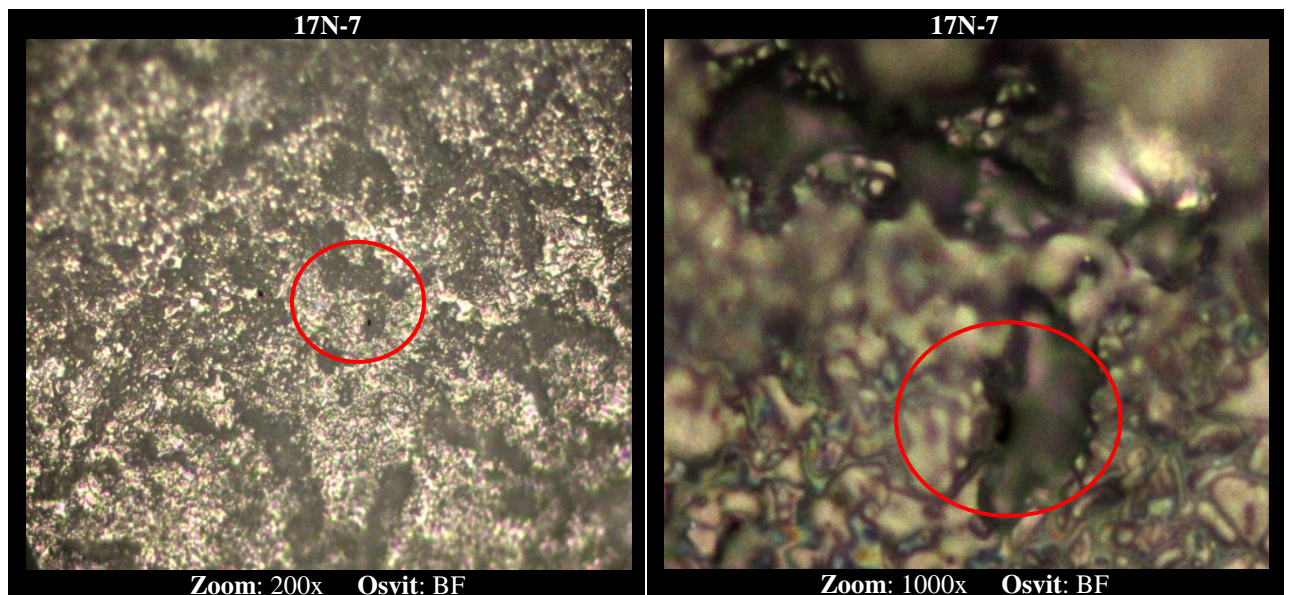
Tabulka 5. Grafické výsledky nálevek 17N ve 2D

3.3.2 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 17N

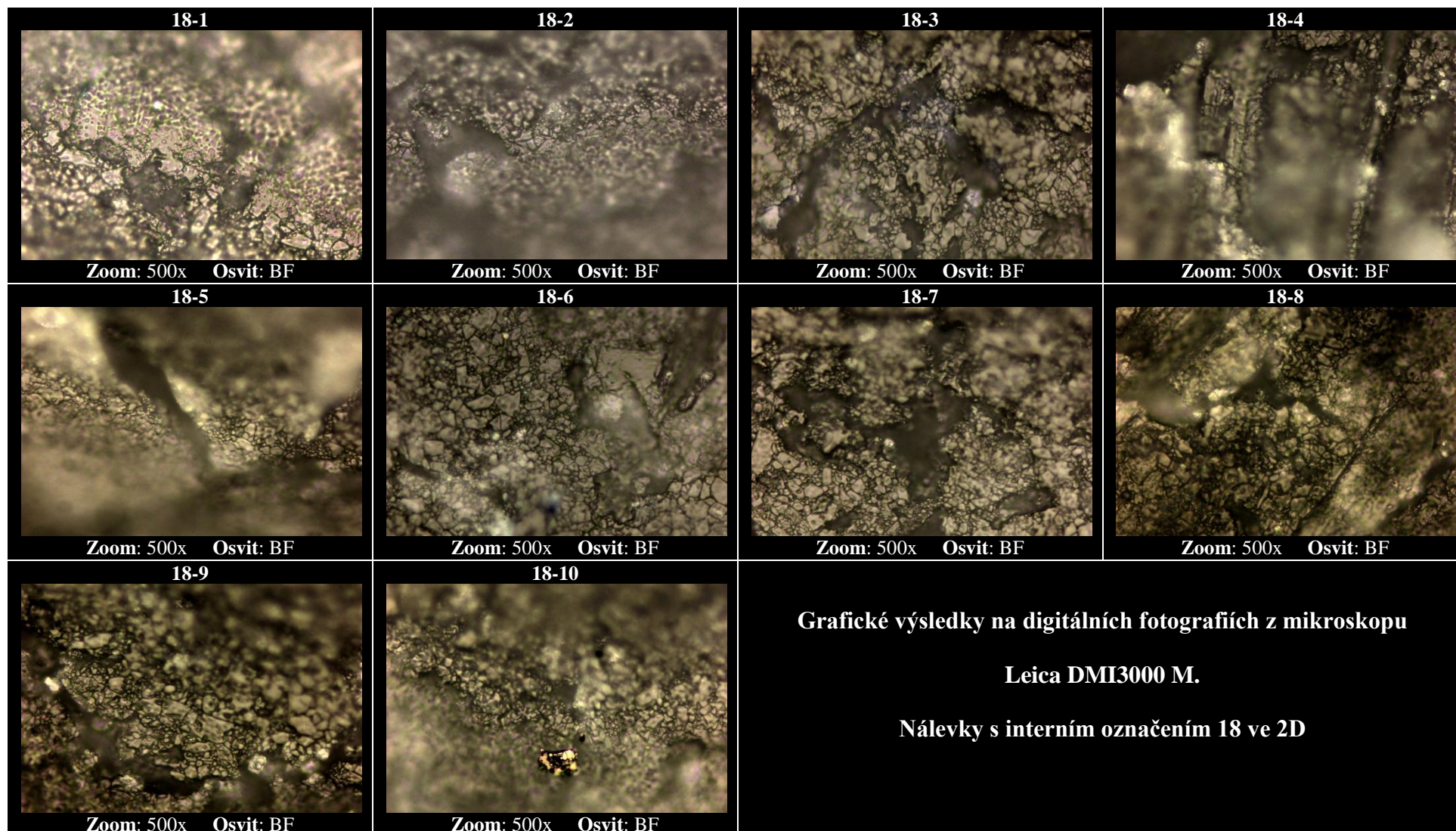
U nálevek s interním označením 17N byl patrný na první pohled výskyt lunek různých velikostí, rozměrů a tvarů. Ve větší míře oproti nálevce s interním označením 17 se objevovala místa s nespojeným materiálem. Taktéž se objevil spálený uhlík. Nerovnost povrchu byla taky znatelná.

Na detailní fotografii můžeme vidět jak nerovnost povrchu, tak výskyt lunek a také spálený uhlík nacházející se v lункě.

Detail nálevky 17N-7



Obrázek 32. Vada nálevky 17N-7 ve 2D



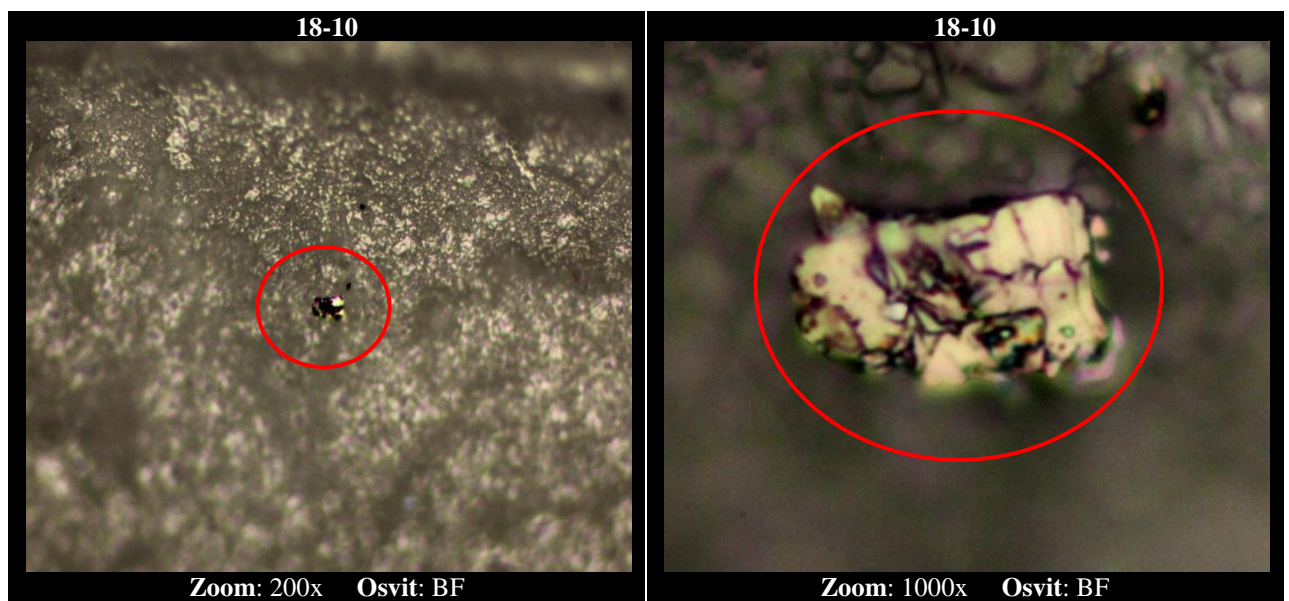
Tabulka 6. Grafické výsledky nálevek 18 ve 2D

3.3.3 Výsledky mikroskopu Leica DMI3000 M nálevky 18

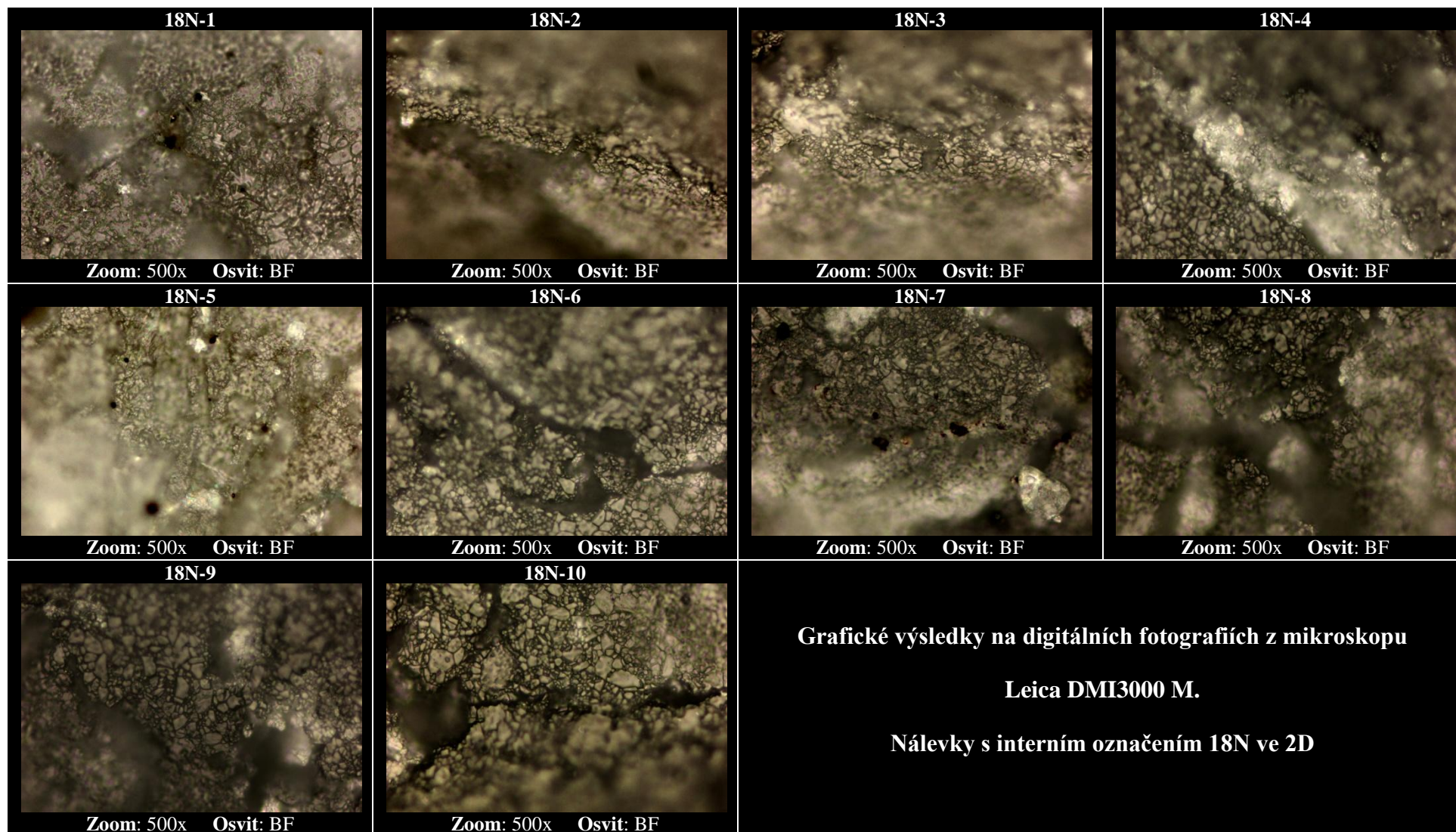
U nálevek s interním označením 18 byl patrný na první pohled výskyt lunker různých velikostí, rozměrů a tvarů. Oproti předešlým nálevkám s interním označením 17 a 17N byl patrný rozdíl v nerovnosti povrchu. Taktéž se objevil spálený uhlík

Na detailní fotografii můžeme vidět jak nerovnost povrchu, tak výskyt lunker a také vzniklou chybou při sintrování.

Detail nálevky 18-10



Obrázek 33. Vada nálevky 18-10 ve 2D



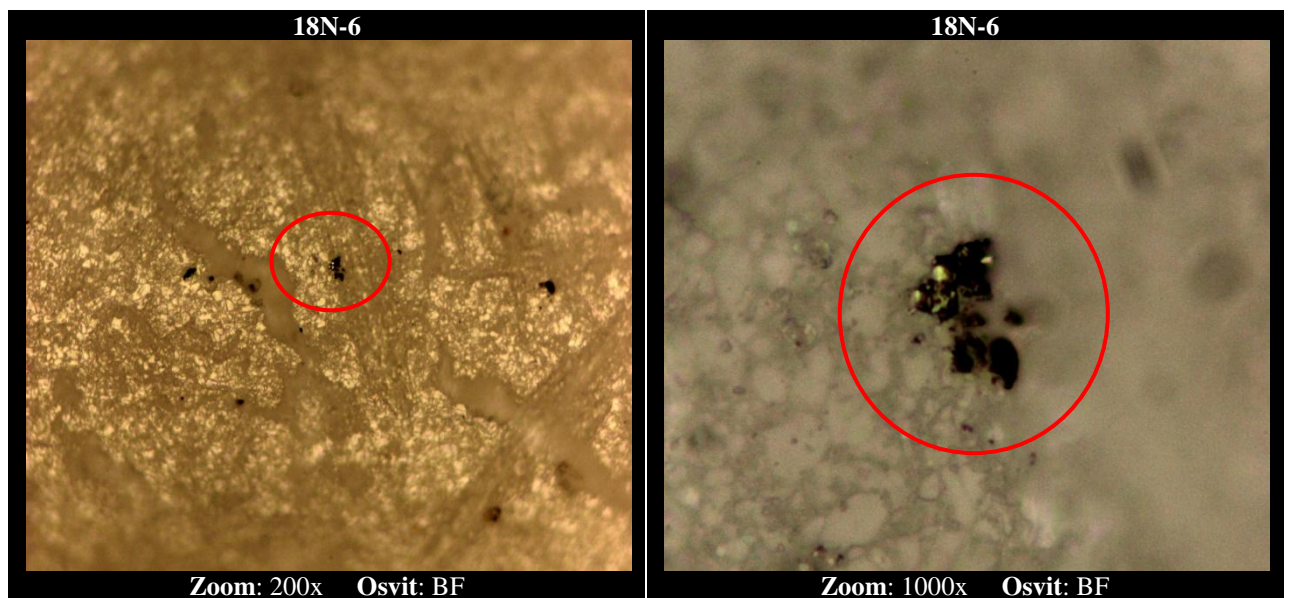
Tabulka 7. Grafické výsledky nálevek 18N ve 2D

3.3.4 Výsledky mikroskopu LeicaDMI3000 M nálevky 18N

U nálevek s interním označením 18N byl největší problém s odrazivostí. Vlivem nerovného povrchu nálevky si můžeme všimnout, že na digitálních fotografiích jsou vidět nezaostřená místa. Díky těmto nerovnostem při výrobě bylo problematické u tohoto typu nálevky pořídit kvalitní fotografii reálného povrchu. Také byl patrný razantní výskyt černých skvrn oproti jiným nálevkám a to ve větším množství.

Na detailní fotografii můžeme vidět jak nerovnost povrchu, tak výskyt lunger a také spálený uhlík.

Detail nálevky 18N

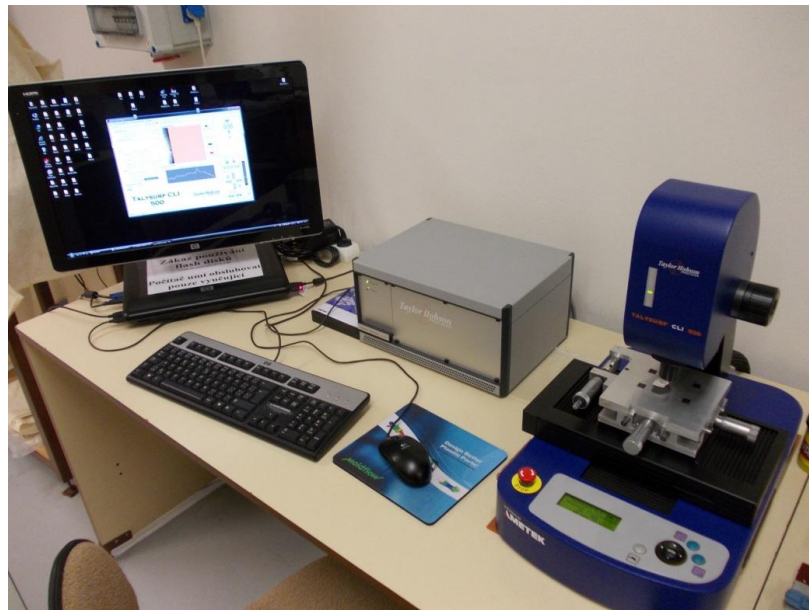


Obrázek 34. Vada nálevky 18N-6 ve 2D

3.4 Snímání na CLA

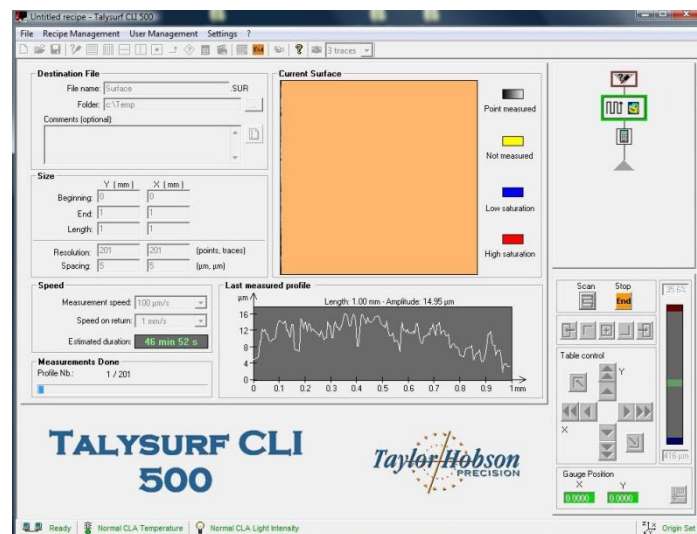
Z digitálních fotografií pořízených na mikroskopu Leica DMI3000 M se pak z každého typu nálevky vybraly 3 nálevky a ty se posléze nasnímaly na CLA.

Vybrané nálevky k snímání na CLA ze skupiny **17** byly vybrány 17-3, 17-7, 17-10, ze skupiny **17N** byly vybrány 17N-4, 17N-5, 17N-9, ze skupiny **18** byly vybrány 18-6, 18-8, 18-9 a ze skupiny **18N** byly vybrány 18N-4, 18N-5, 18N-7.



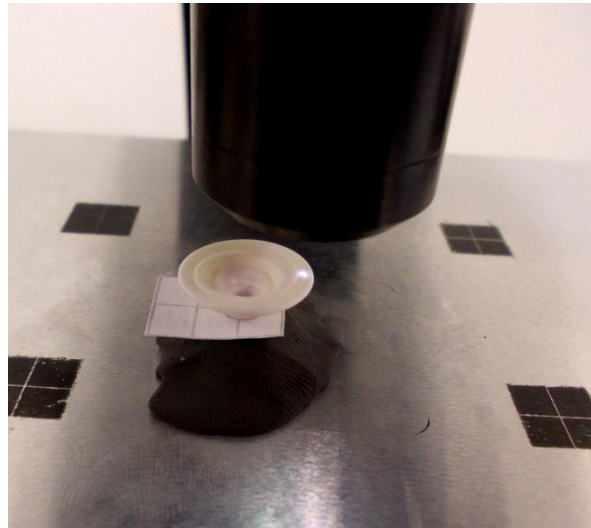
Obrázek 35. Taylor & Hobson

Na CLA snímání byl použit přístroj Taylor & Hobson. CLA měl software Talysurf CLI 500, na kterém se posléze nastavily hodnoty, které se musely dodržet u všech snímání.



Obrázek 36. Talysurf CLI 500

Nálevku bylo v první řadě nutné nějak stabilizovat pod měřícím zařízením, aby byla vodorovně a nehýbala se po dobu snímání. K tomu nám posloužila modelovací hmota, která splnila oba důležité požadavky. Posléze byla nálevka umístěna pod snímač a bylo zapotřebí nastavit odrazivost.



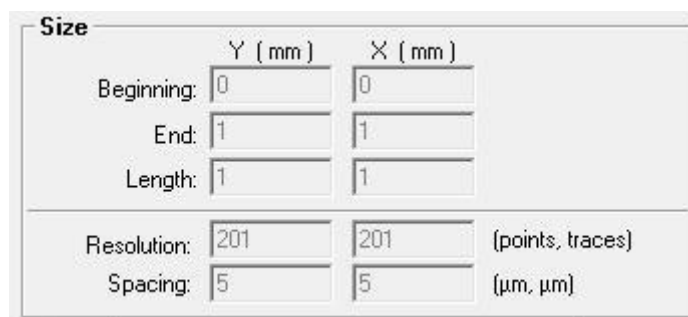
Obrázek 37. Umístění nálevky

Vlivem nerovnosti povrchu nálevky se odrazivost pohybovala kolem 55% až 60%. Dále se musel přístroj vynulovat a stanovit počáteční bod skenování a koncový bod.



Obrázek 38. Vynulování polohy

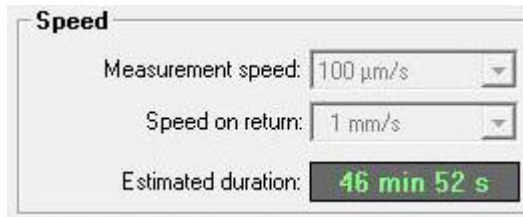
Potom bylo zapotřebí nastavit snímací plochu, ta byla konstantní u všech dvanácti snímání.



Obrázek 39. Velikost snímané plochy

Beginning - začátek, **End** - konec, **Length** - délka, **Resolution** - rozlišení, **Spacing** - posuv

Pak se nastavila rychlost snímání, taktéž bylo důležité dodržet ji u všech snímání.



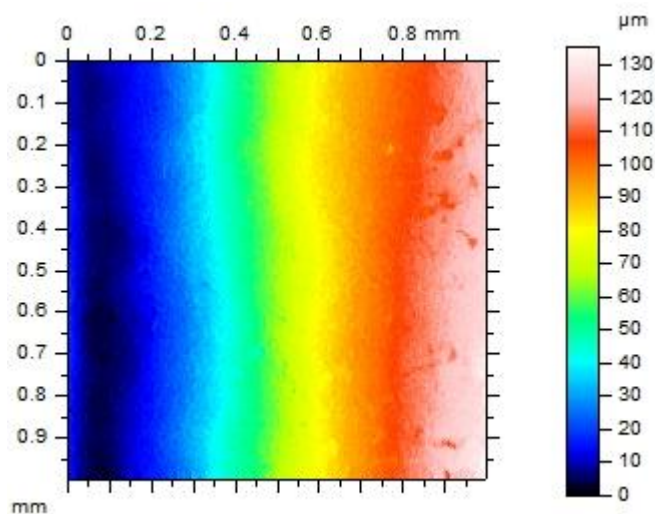
Obrázek 40. Rychlost snímání

Measurement speed – rychlost měření, **Speed on return** - rychlost návratu, **Estimated duration** – odhadovaná doba snímání

Po dobu CLA snímání se dodržoval klid v laboratoři, nesměl se způsobit žádný otřes, který by mohl zkreslit měření dané nálevky.

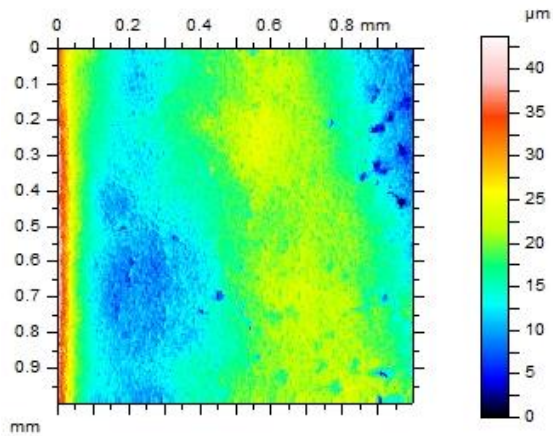
3.4.1 Výsledky TalyMap

V programu TalyMap, byly vyhodnoceny nasnímané povrchy jednotlivých vybraných nálevek tím způsobem, že nejprve po dokončení CLA snímání byl vytvořen nový pracovní soubor s názvem dané nálevky.

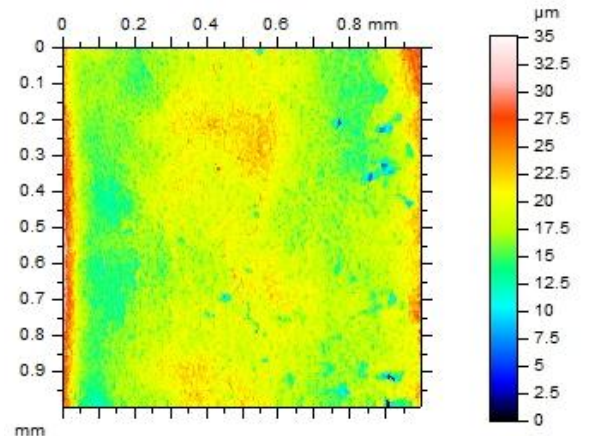


Obrázek 41. Vytvoření souboru

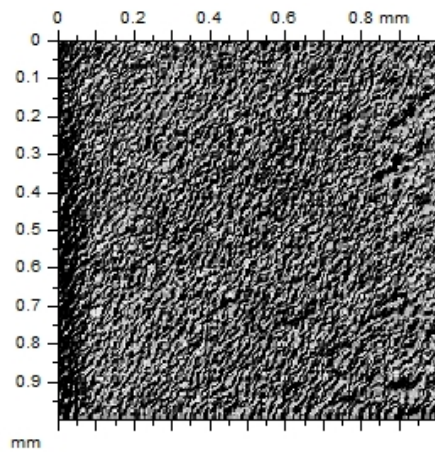
Posléze proběhlo vyhodnocení dané nálevky, nejprve se provedlo vyrovnání nasnímané plochy, potom následovalo odfiltrování nerovností podle Gausovského filtru o volené základní délce 0,25 mm dle ČSN ISO 4287 a ČSN ISO 4288. Také byla provedena foto simulace daného povrchu.



Obrázek 42. Vyrovnání povrchu

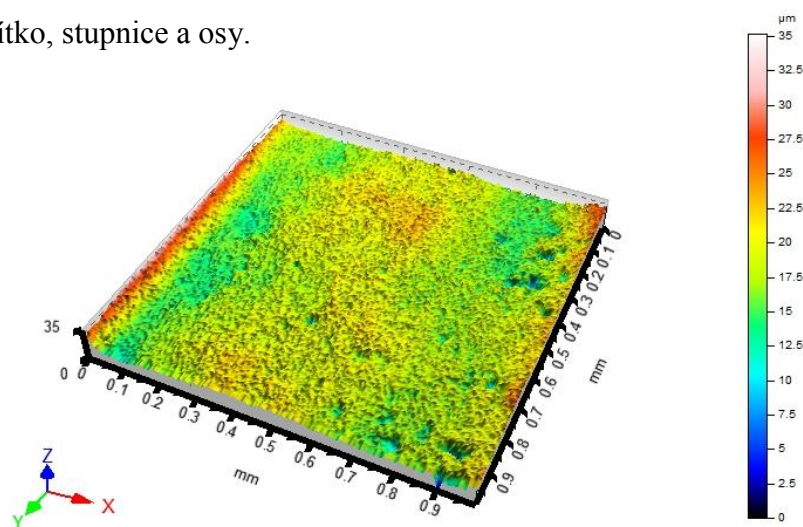


Obrázek 43. Odfiltrování nerovnosti



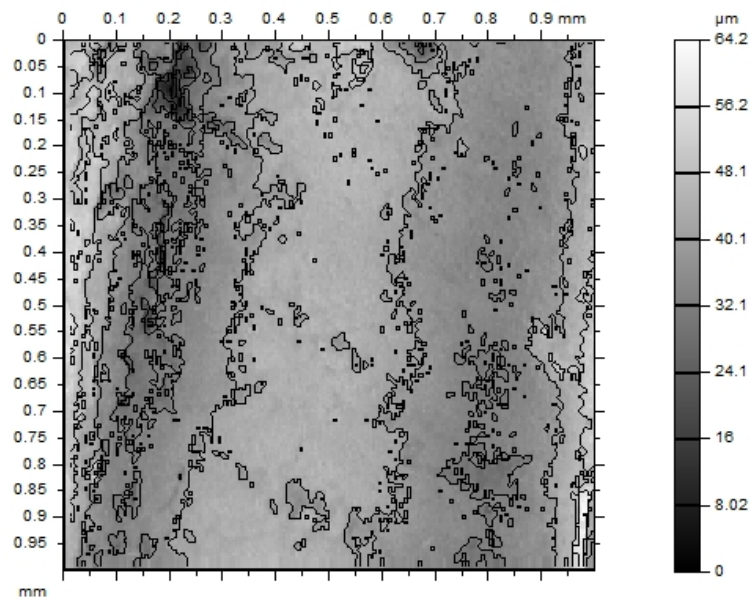
Obrázek 44. Foto simulace povrchu nálevky

Teprve po těchto krocích bylo možné vyvolat 3D obraz dané nálevky, ke kterému bylo přiřazeno měřítko, stupnice a osy.



Obrázek 45. Nálevka 3D obraz

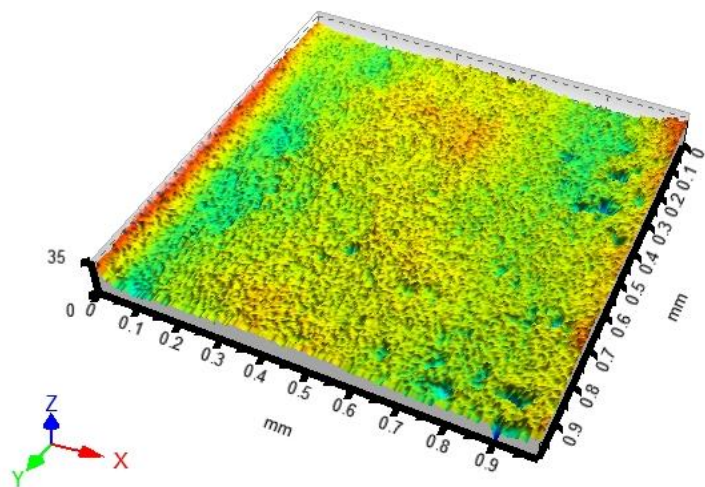
Také byl vytvořen konturový diagram, který umožnil zobrazit rozložení nerovností povrchu formou vrstevnic.



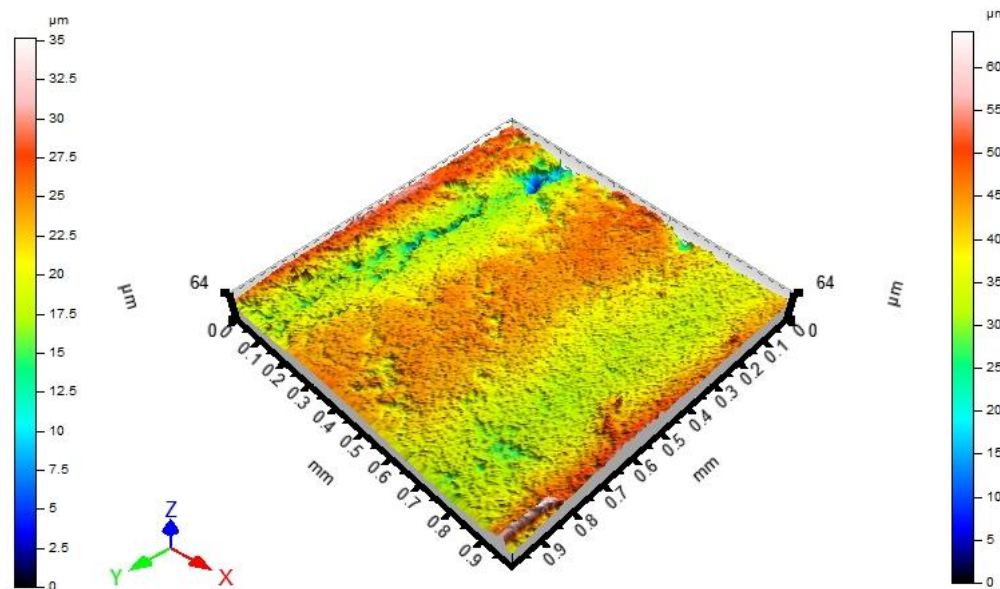
Obrázek 46. Konturový diagram

Dále se pokračovalo tím způsobem, že se 3D pohled (obraz) hodnotil jak v podélném, tak v příčném směru. Na daný povrch bylo vytvořeno díky snímání 201 řezů jak v podélném, tak příčném směru. Parametry, na které bylo měření zaměřeno z hlediska jakosti povrchu, byly R_p , R_v a R_a . K podélnému i k příčnému řezu byly také pomocí TalyMap vytvořeny Abbott-Firestonovy křivky.

3.4.2 Grafické výsledky TalyMap nálevky 17:

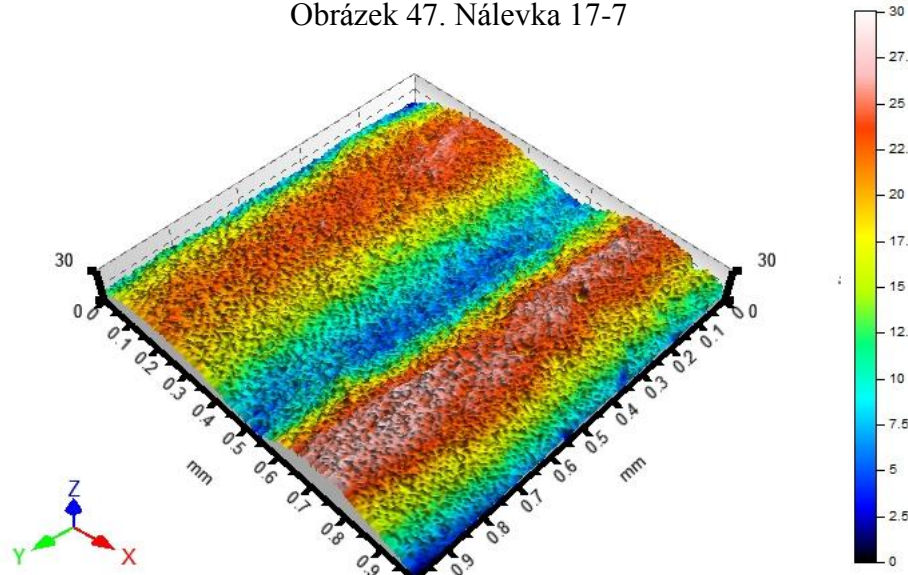


Obrázek 48. Nálevka 17-3



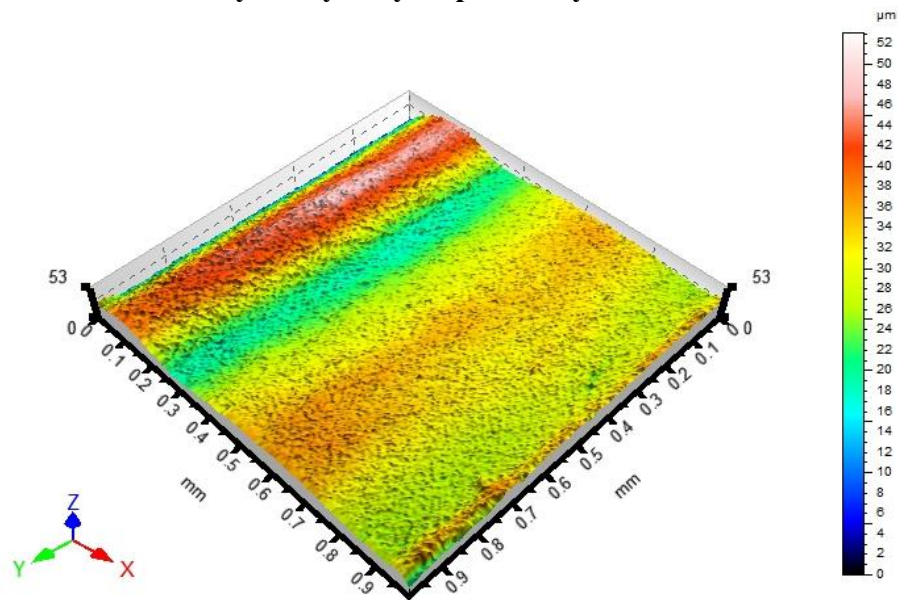
Obrázek 47. Nálevka 17-7

Pomocí 3D pohledu, který byl snímán u všech nálevek na stejném místě, můžeme vidět, že nálevky s interním označením 17-3, 17-7 a 17-10 mají zcela rozdílné povrchy. Vykazovaly charakteristické povrchové nehomogenity (lunkry, chyby sintrování, špičatost). Nejvýraznější špičatost povrchu je u nálevky s interním označením 17-10.

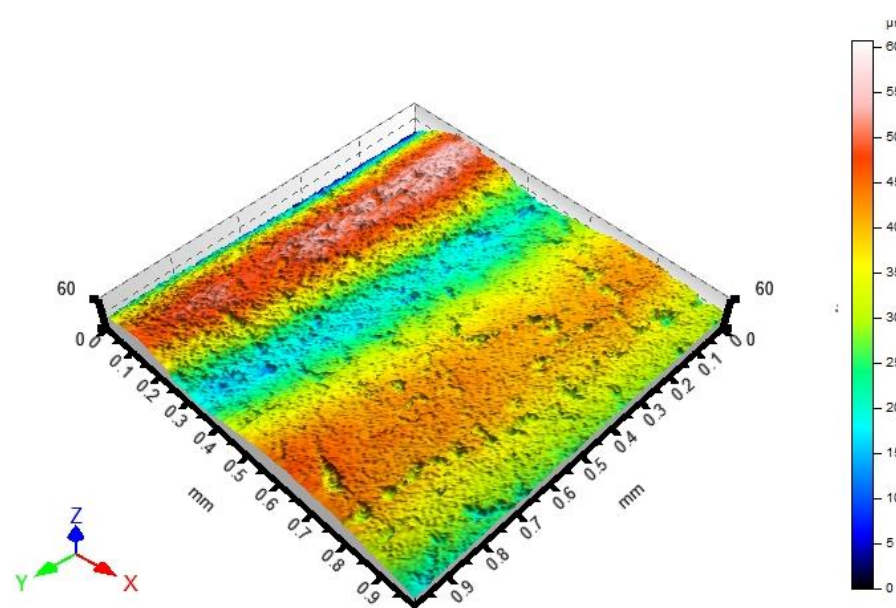


Obrázek 49. Nálevka 17-10

3.4.3 Grafické výsledky TalyMap nálevky 18:

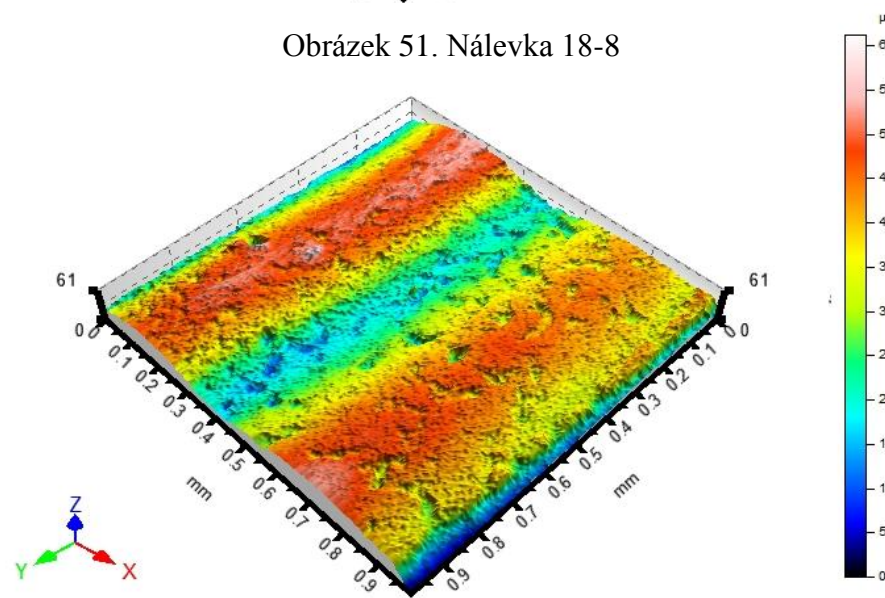


Obrázek 50. Nálevka 18-6



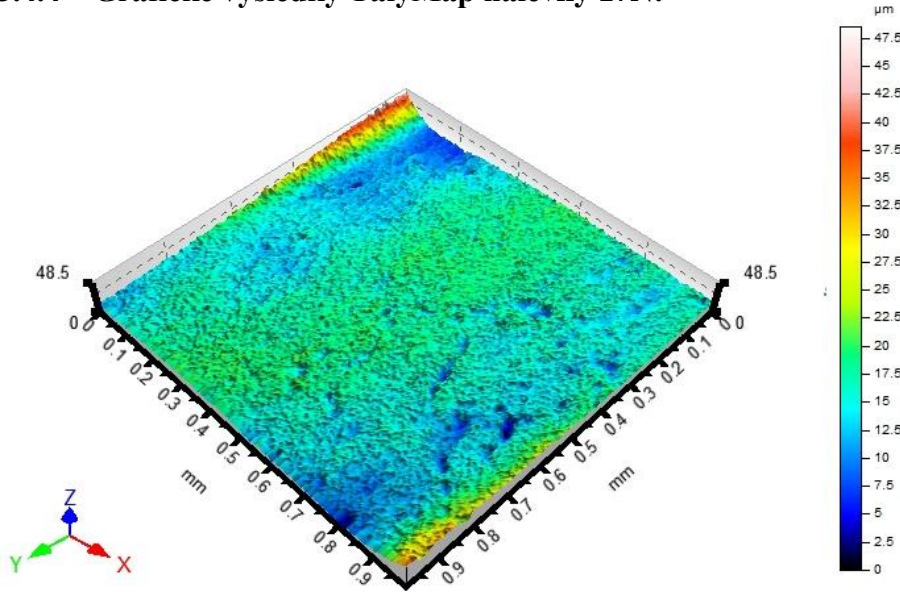
Obrázek 51. Nálevka 18-8

Pomocí 3D pohledu, který byl snímán u všech nálevek na stejném místě, můžeme vidět, že nálevky s interním označením 18-6, 18-8 a 18-9 vykazovaly charakteristické povrchové nehomogenity (lunkry, chyby sintrování, špičatost). Nejvýraznější jsou u nálevky 18-8 a 18-9. Nejvýraznější špičatost povrchu je u nálevky s interním označením 18-8.

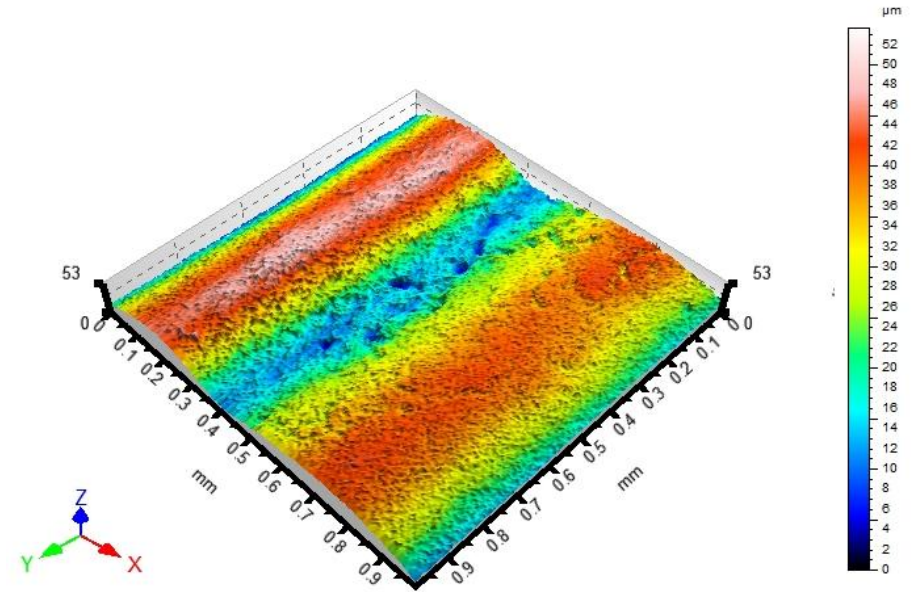


Obrázek 52. Nálevka 18-9

3.4.4 Grafické výsledky TalyMap nálevky 17N:

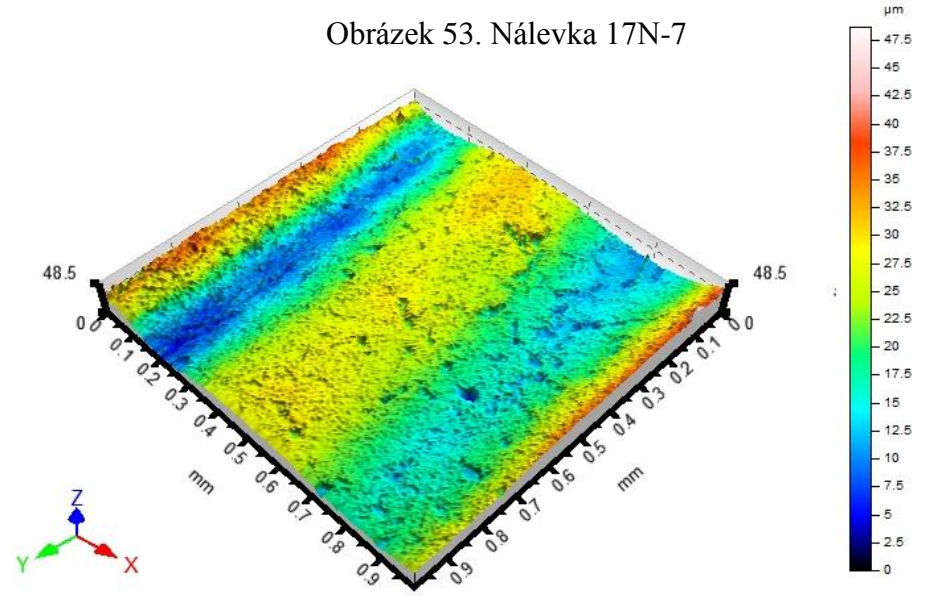


Obrázek 54. Nálevka 17N-4



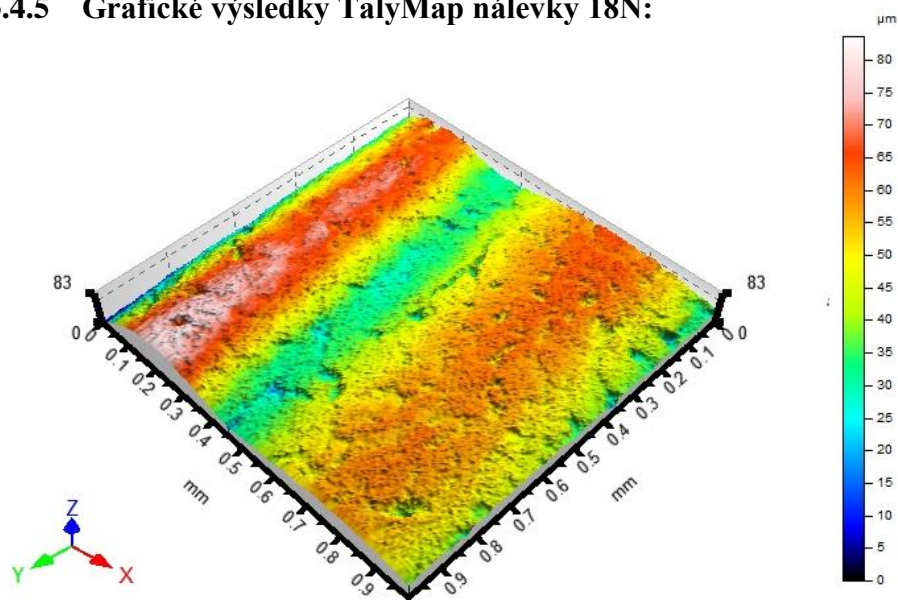
Obrázek 53. Nálevka 17N-7

Pomocí 3D pohledu, který byl snímán u všech nálevek na stejném místě, vykazovaly nálevky s interním označením 17N-4, 17N-7 a 17N-9 charakteristické povrchové nehomogenity (lunkry, chyby sintrování, špičatost). Nejvýraznější špičatost povrchu je u nálevky s interním označením 17N-7.

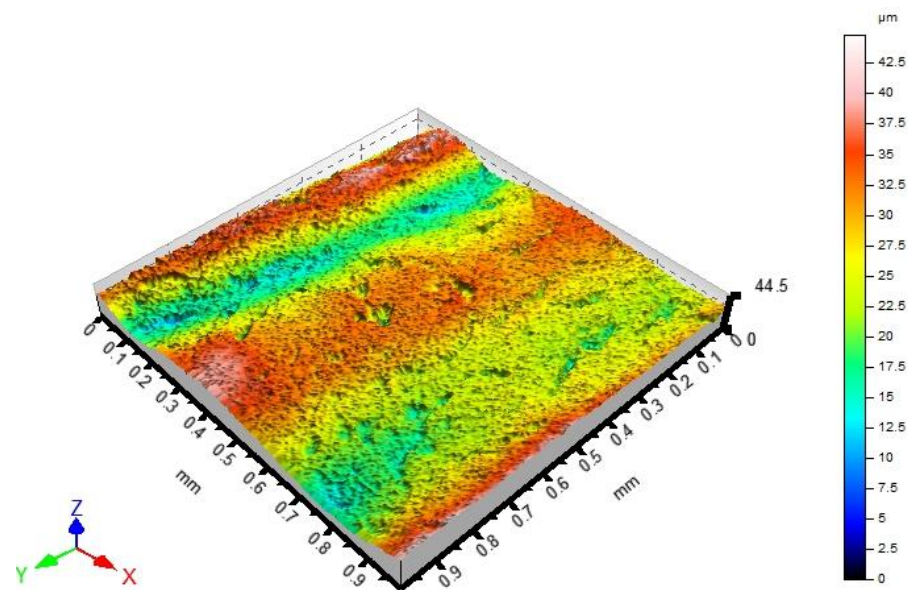


Obrázek 55. Nálevka 17N-9

3.4.5 Grafické výsledky TalyMap nálevky 18N:

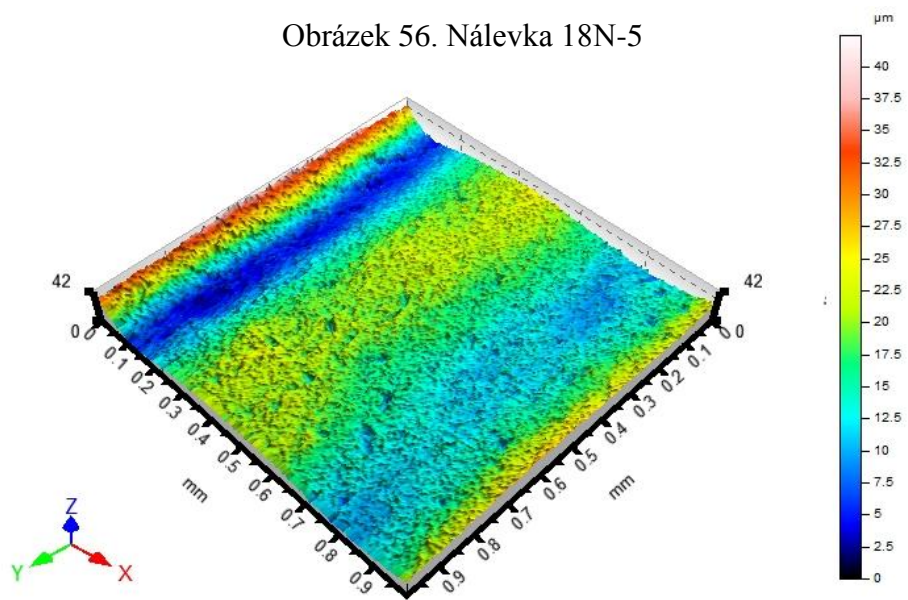


Obrázek 57. Nálevka 18N-4



Obrázek 56. Nálevka 18N-5

Pomocí 3D pohledu, který byl snímán u všech nálevek na stejném místě můžeme vidět, že nálevky 18N-4, 18N-5 a 18N-7 mají povrchové nehomogenity povrchu (lunkry, chyby sintrování, špičatost).



Obrázek 58. Nálevka 18N-7

3.5 Statistické hodnoty naměřených parametrů

Získané parametry R_p , R_v a R_a z TalyMapu pro nálevky 17, 18, 17N, 18N bylo nutné převést do programu Minitab 14, aby bylo možné dále naměřená data vyhodnocovat.

Nejprve se musela naměřená data z TalyMapu převést do WordPadu, jediný dostupný a schopný program na pracovním počítači u CLA, data se musela ukládat pro jednotlivé nálevky a ještě rozdělit na podélné a příčné.

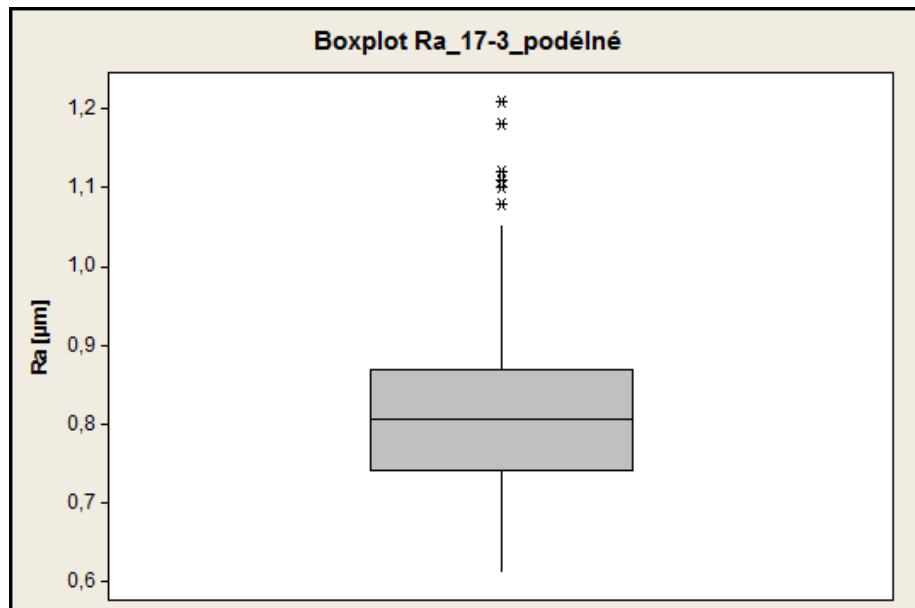
Takto vytvořené textové soubory ve WordPadu se musely převést pro jednotlivé nálevky zvlášť do Minitabu - všech 201 řádku pro podélné R_p , R_v a R_a , příčné R_p , R_v , R_a . Ale Minitab bral stále tato data jako text, ne jako numerické hodnoty a bylo nutné převést všechna data ještě z textového formátu na formát numerický. Tento postup se musel aplikovat u všech nasnímaných nálevek na CLA.

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Rp_17-3_podélné	Rv_17-3_podélné	Ra_17-3_podélné	Rp_17-3_příčné	Rv_17-3_příčné	Ra_17-3_příčné	
1	3,09	3,22	0,953	2,65	2,22	0,854	
2	2,59	3,65	1,020	2,69	2,67	1,020	
3	2,49	4,62	1,050	2,72	2,88	0,855	
4	2,31	4,26	0,943	2,58	2,43	0,967	
5	2,27	3,58	0,845	2,05	2,44	0,798	
6	1,99	2,09	0,773	2,22	1,80	0,807	
7	2,16	2,17	0,843	2,48	2,06	0,818	
8	1,96	2,10	0,733	2,25	2,70	0,830	
9	2,16	1,77	0,690	2,26	1,95	0,722	
10	2,30	2,34	0,764	2,12	1,78	0,750	
11	2,86	2,73	0,950	1,42	1,46	0,566	
12	2,42	2,87	0,735	1,62	1,50	0,619	
13	2,62	1,86	0,679	1,93	1,34	0,616	
14	2,42	1,97	0,747	1,53	1,44	0,564	
15	1,63	2,16	0,660	1,90	2,23	0,653	
16	1,60	2,03	0,744	1,74	1,69	0,579	
17	1,90	1,96	0,688	1,20	1,12	0,475	
18	1,80	1,86	0,681	1,96	2,04	0,630	
19	1,93	2,51	0,682	1,52	1,89	0,632	
20	1,55	2,12	0,630	2,01	1,35	0,653	
21	1,63	1,91	0,614	1,65	1,78	0,609	
22	1,74	1,79	0,710	1,90	2,05	0,744	
23	2,04	2,06	0,827	2,48	2,85	0,828	
24	1,91	2,22	0,776	2,02	1,41	0,669	

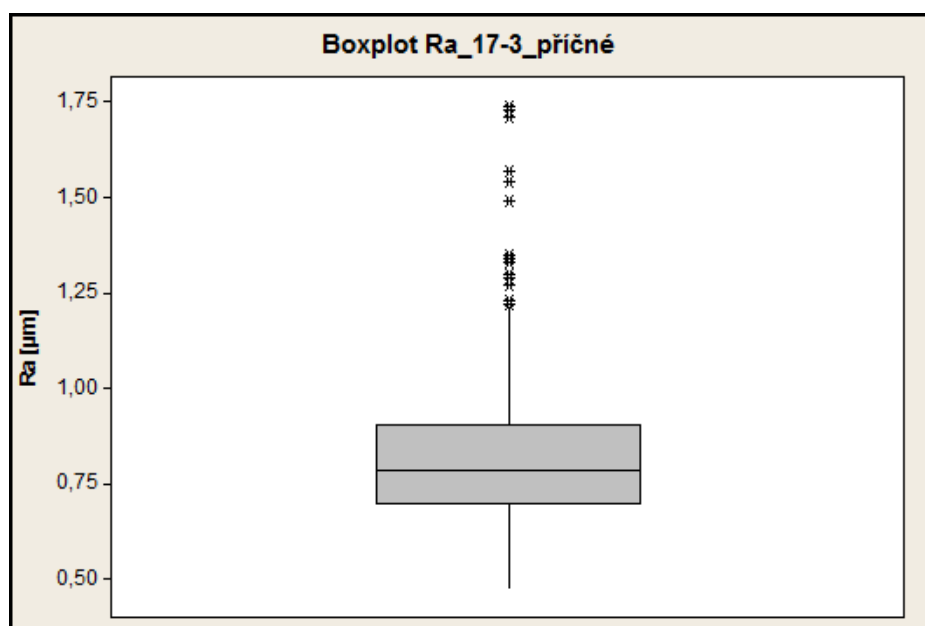
Obrázek 59. Statistické hodnoty pro nálevku 17-3

3.6 Zpracování dat Minitab 14

Postup vyhodnocení v Minitabu 14 pro jednotlivé nálevky - nachyštěná data na nálevku 17-3 se zpracovala jako první. Data se převedla z textového do numerického formátu, sloupce se vyměnily za řádky. Následně se provedla kontrola pomocí Boxplotového diagramu pro parametr R_a jak v podélném, tak v příčném směru, aby se našly vychýlené hodnoty.



Obrázek 60. Boxplot vychýlené hodnoty R_a v podélném směru

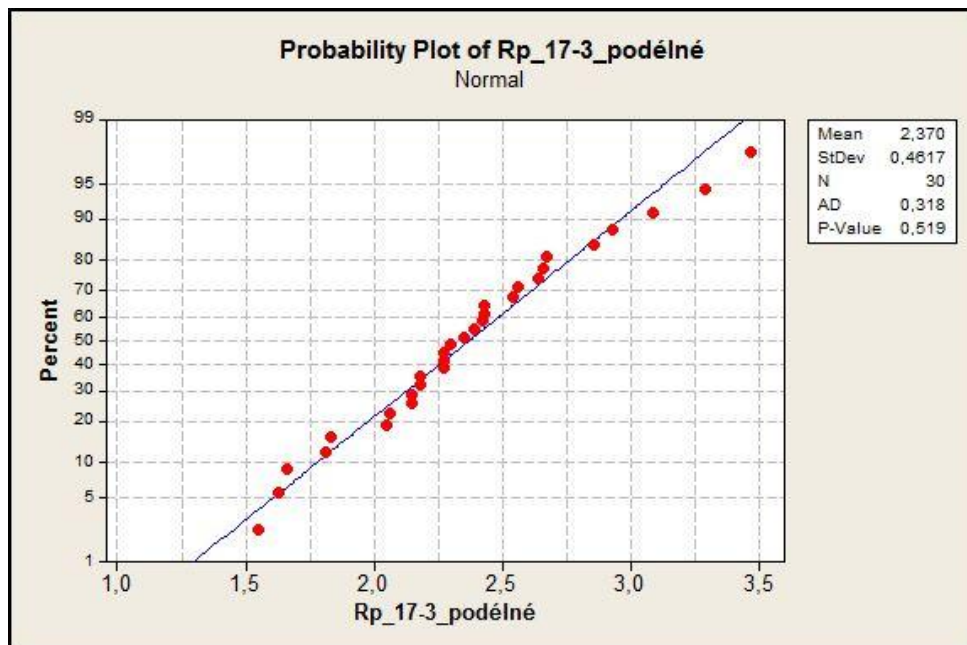


Obrázek 61. Boxplot vychýlené hodnoty R_a v příčném směru

Z počátečních hodnot 201 řádků pro podélné R_p , R_v a R_a a příčné R_p , R_v a R_a po odstranění vychýlených hodnot pro nálevku 17-3 zbylo 176 řádků, s kterými bylo možné dále pracovat a vyhodnocovat. Z těchto 176 řádků následovalo vybrat 30 řádků pro jednotlivé R_p , R_v a R_a jak podélné, tak příčné, aby byla splněna norma ČSN ISO 4287 a ČSN ISO 4288.

Ze 176 řádků se vybralo 30 řádků tak, že zbylý počet řádků po odstranění vychýlených hodnot se vždy vydělí 30 a vyjde hodnota např. 5,8. Tímto způsobem se brala hodnota z každého čtvrtého řádku ze 176 řádků jak podélné, tak příčné.

Takto vybraná data 30 řádků se dále kontrolovala AD (Anderson-Darling) testem normality (na konfidenční úrovni $1 - \alpha = 0,95$). Kontrola probíhala v pořadí podélné R_p , podélné R_v , podélné R_a , příčné R_p , příčné R_v a příčné R_a .



Obrázek 62. Test Normality pro R_p 17-3

Tento postup se musel opakovat pro každý měřený povrch. Výsledky viz Tabulka 8.

Nálevky	R_p podélné	R_v podélné	R_a podélné	R_p příčné	R_v příčné	R_a příčné
17-3						
17-7						
17-10						
17N-4						
17N-7					0,005	0,034
17N-9						
18_6					0,028	0,005
18_8						
18_9						
18N_4		0,008				
18N_5			0,027	0,012	0,012	0,012
18N_7						

Tabulka 8. Vyhodnocení testu normality P-value

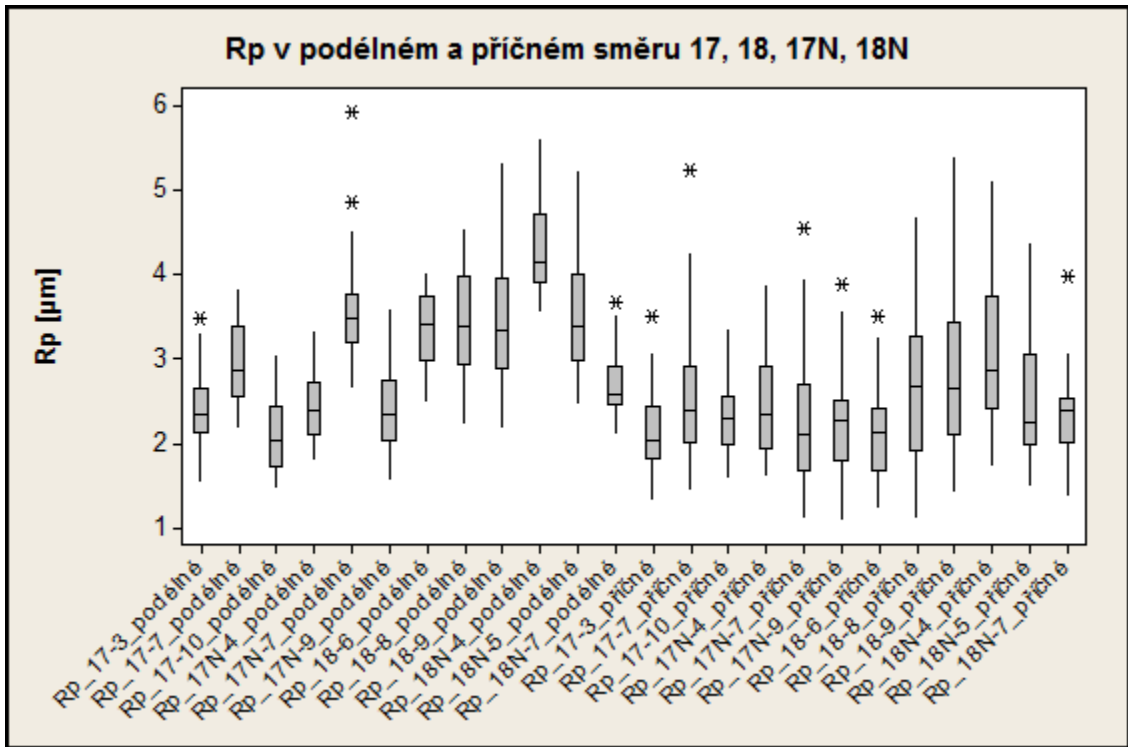
Zelená → nezamítám normalitu naměřených dat hodnota P-value > 0,05

Červená → zamítám normalitu naměřených dat hodnota P-value < 0,05

Z tabulky je jasné, že data nejsou parametrická a bude nutné je kontrolovat neparametricky pomocí testu Kruskal-Wallis. Parametry R_p , R_v a R_a v podélném a příčném směru bylo dále nutné seřadit v Minitabu 14 do jednoho pracovního listu.

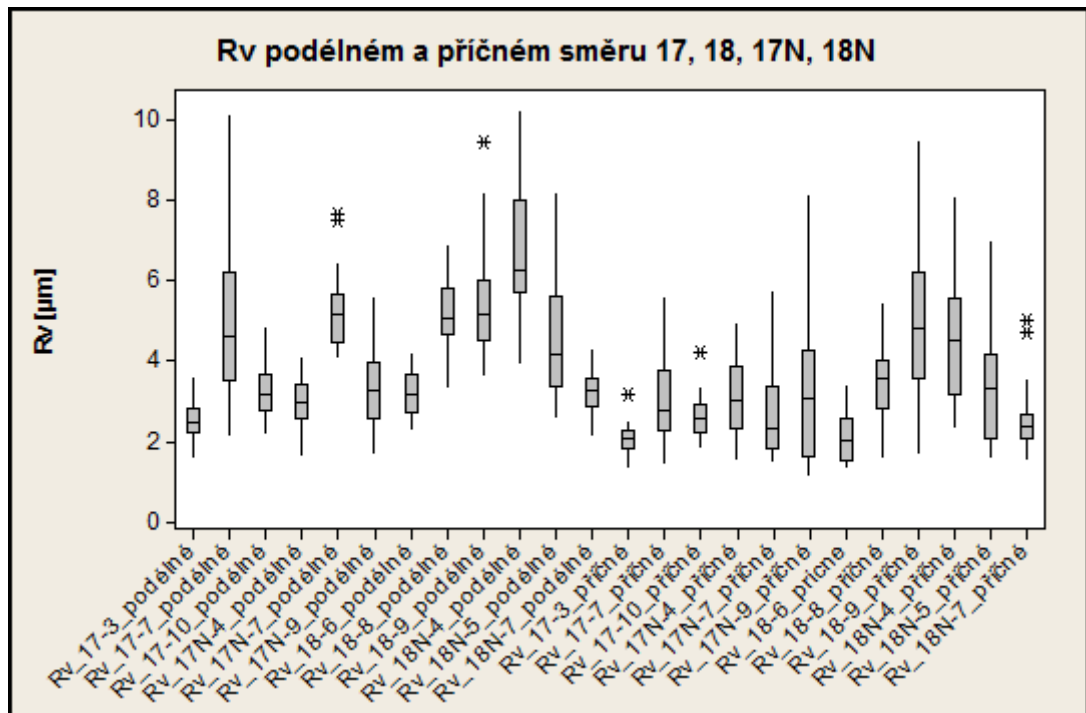
Všechny R_p jak v podélném, tak příčném směru pro všechny nálevky, to stejné se provedlo do druhého pracovního listu pro R_v jak v podélném, tak příčném směru pro všechny nálevky a R_a v podélném a příčném směru pro všechny nálevky. Až byly takto nachystané pracovní listy v Minitabu 14, bylo možné dále pokračovat v hodnocení.

Z takto vytvořených pracovních listů bylo nutné udělat Boxplotové diagramy pro jednotlivé R_p , R_v a R_a .



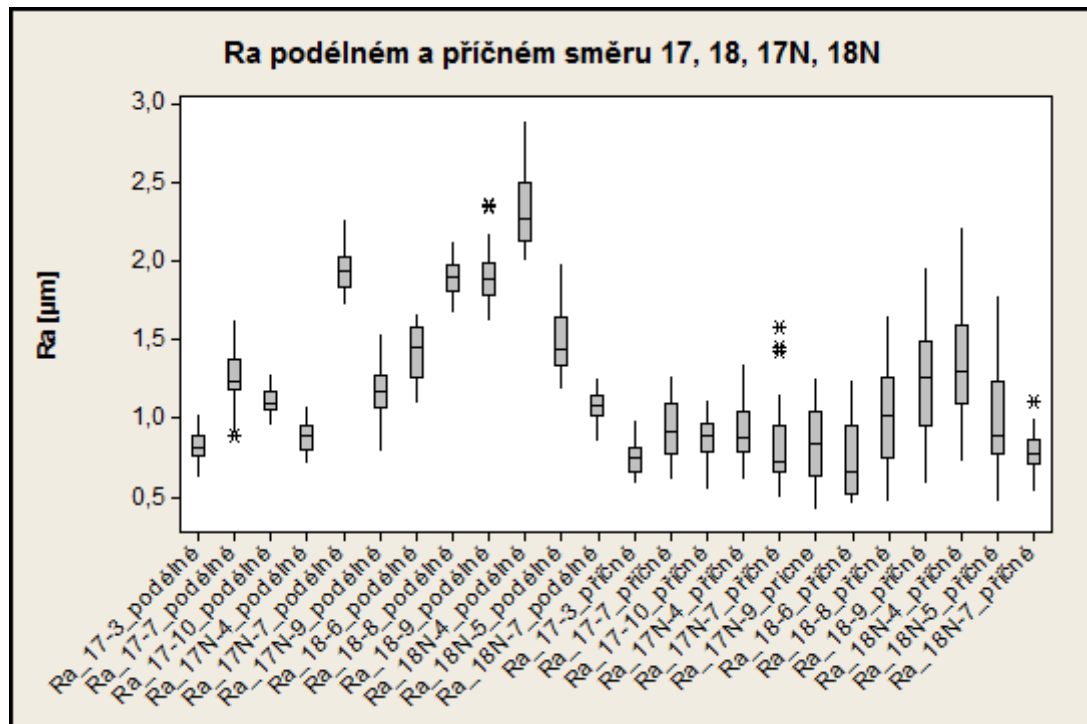
Obrázek 63. Boxplot R_p v podélném a příčném směru

Boxplotový diagram pro podélné a příčné R_p diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_p 17N a R_p 18N nemají tak velký rozptyl jako R_p 17 a R_p 18.



Obrázek 64. Boxplot R_v v podélném a příčném směru

Boxplotový diagram pro podélné a příčné R_v diagnostikuje, že hodnoty mediánu jsou značně variabilní.



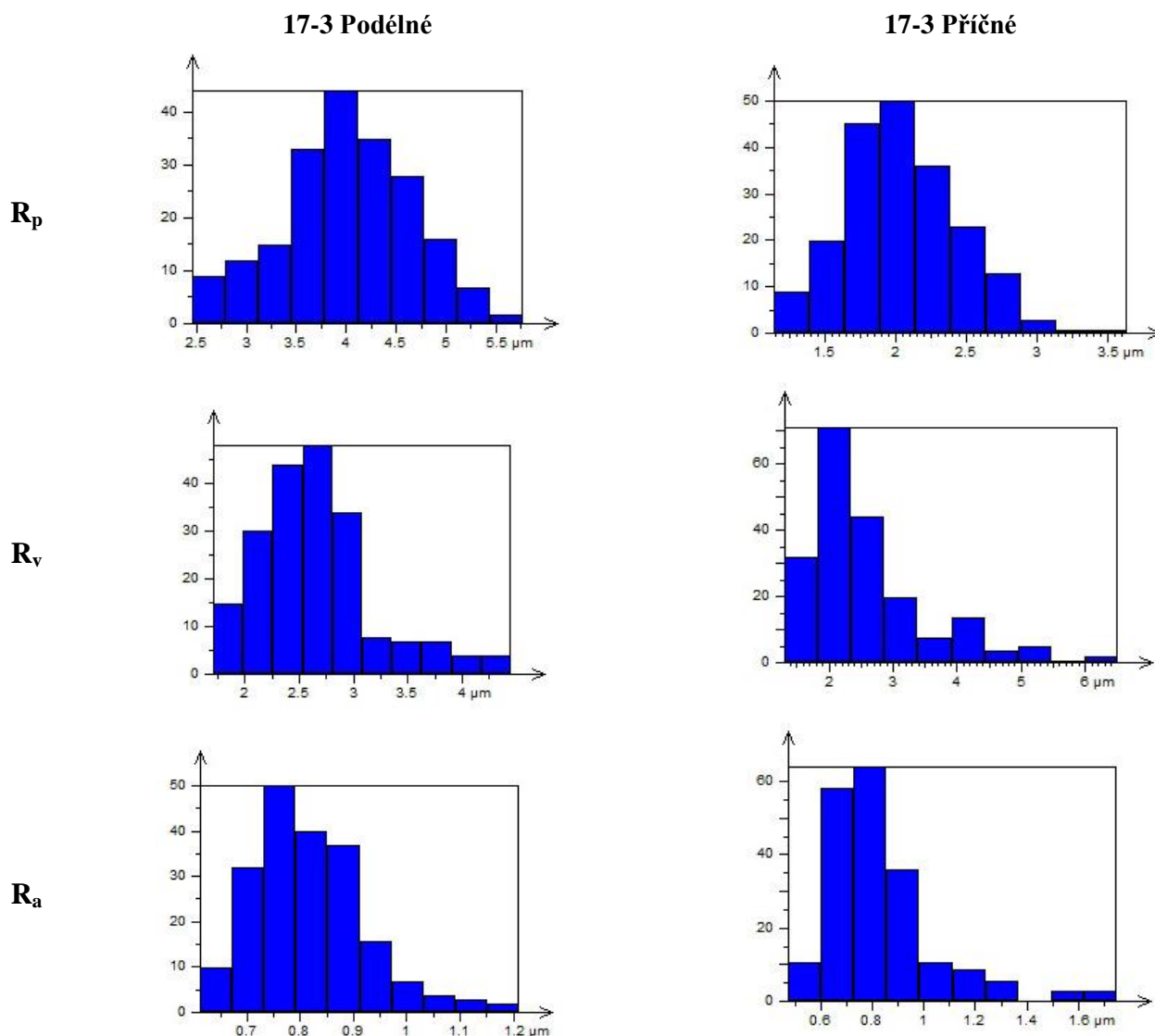
Obrázek 65. Boxplot R_a v podélném a příčném směru

Boxplotový diagram pro podélné a příčné R_a diagnostikuje, že hodnoty mediánu jsou značně variabilní.

4 NASNÍMANÉ TEXTURY POVRCHŮ VYHODNOŤTE A VÝSLEDKY MATEMATICKY ZPRACUJTE

K vyhodnocení numerických hodnot bylo v první řadě nejprve použito grafické vyhodnocení pomocí histogramu pro podélné hodnoty R_p , R_v a R_a , následně pro hodnoty příčné R_p , R_v a R_a a pomocí R_{mr} faktoru na hloubce C.

Nálevka s interním označením 17-3 - podélné a příčné řezy:

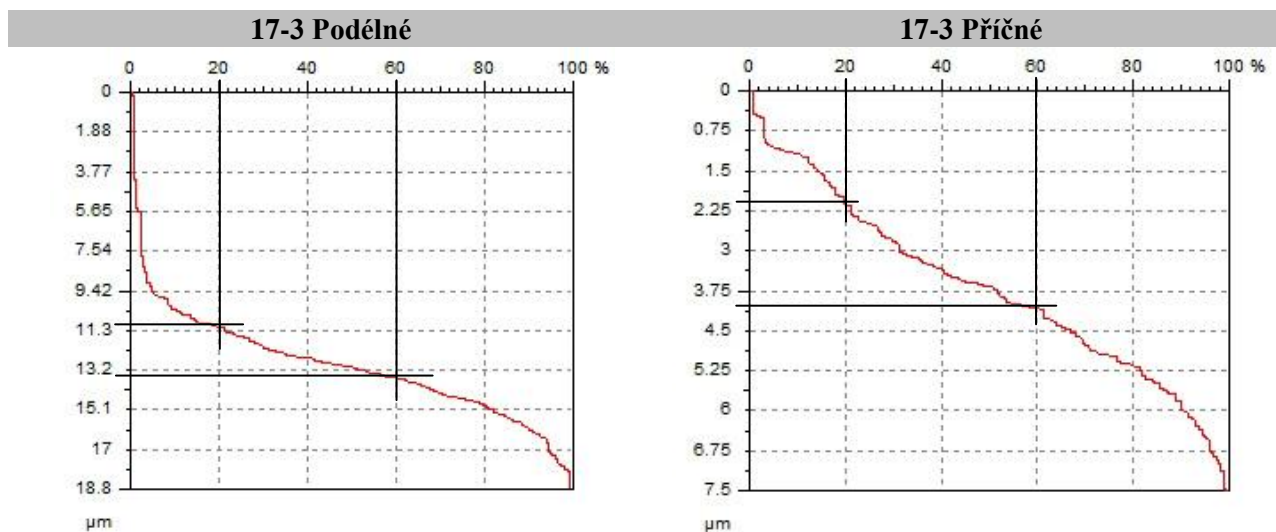


Tabulka 9. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-3

Histogramy k nálevkám 17, 18, 17N a 18N viz příloha.

Pro R_{mr} faktor na hloubce C byly zvoleny pro jednotlivé nálevky hodnoty **20%** a **60%** opotřebení povrchu jak v podélném, tak příčném řezu.

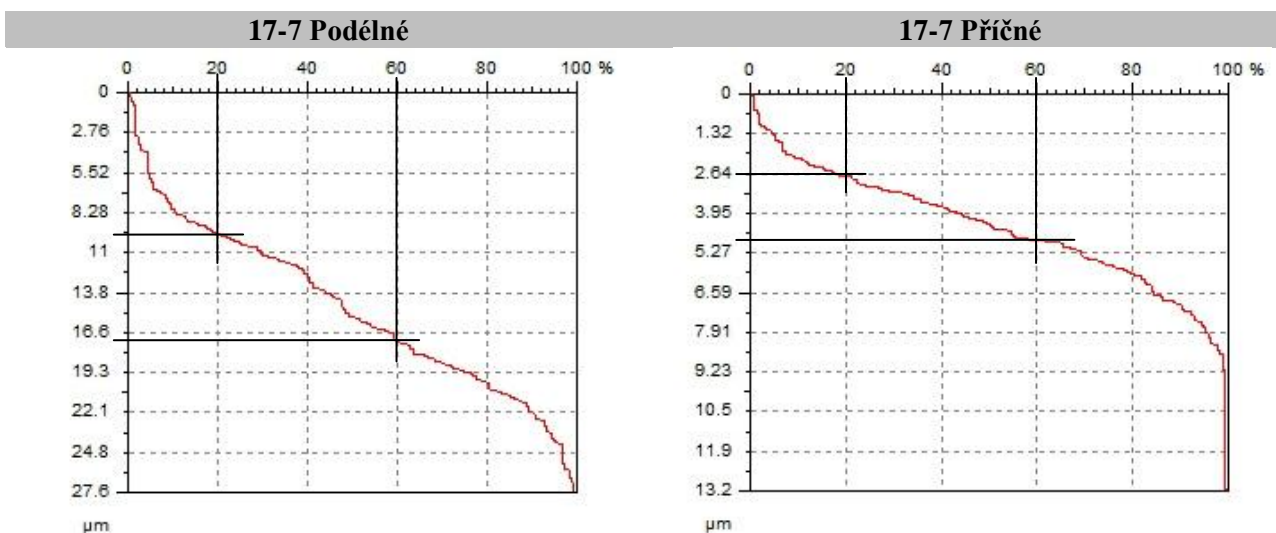
4.1 R_{mr} faktor na hloubce C



Tabulka 10. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-3

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 11,29\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 13,22\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 2,20\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 3,90\mu m$

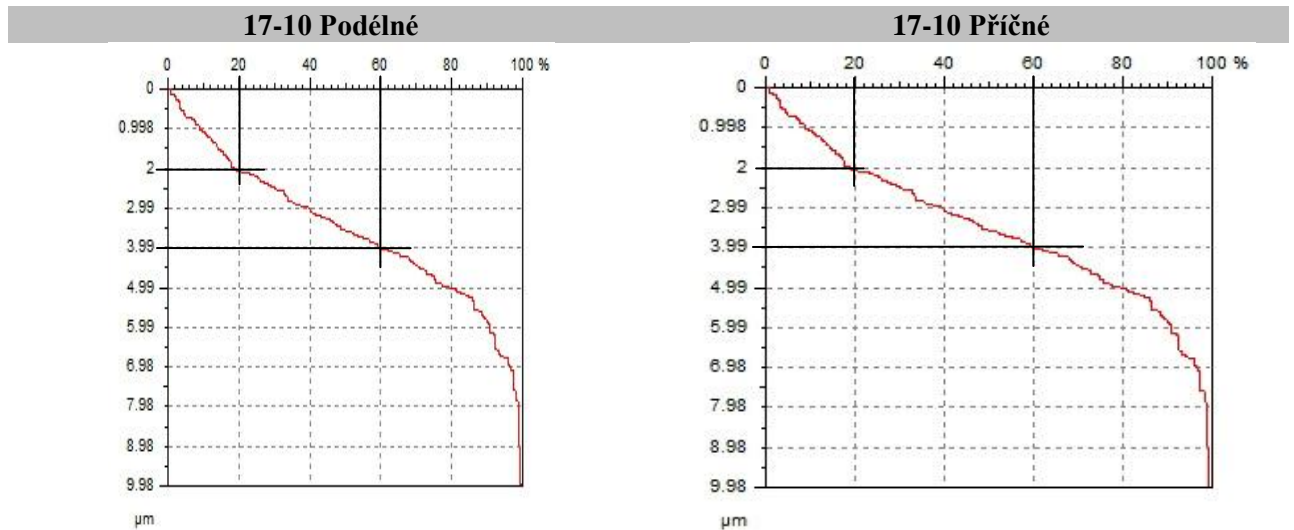
Podélný řez nálevky 17-3: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 11. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-7

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 10,10\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 16,90\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 2,64\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 4,60\mu m$

Podélný řez nálevky 17-7: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)

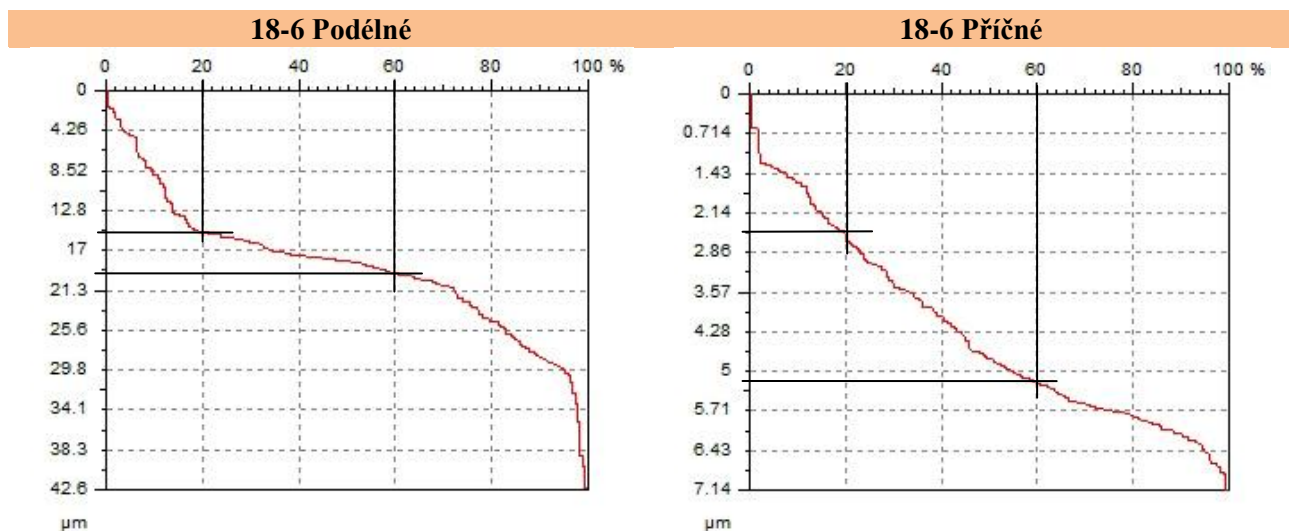


Tabulka 12. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-10

Podélné: 20% $R_{mr(c)} = 2,00\mu m$ 60% $R_{mr(c)} = 3,99\mu m$

Příčné: 20% $R_{mr(c)} = 2,00\mu m$ 60% $R_{mr(c)} = 3,99\mu m$

Podélný a příčný řez nálevky 17-10: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje menší charakter špičatosti. (viz Tabulka 22. ↓)

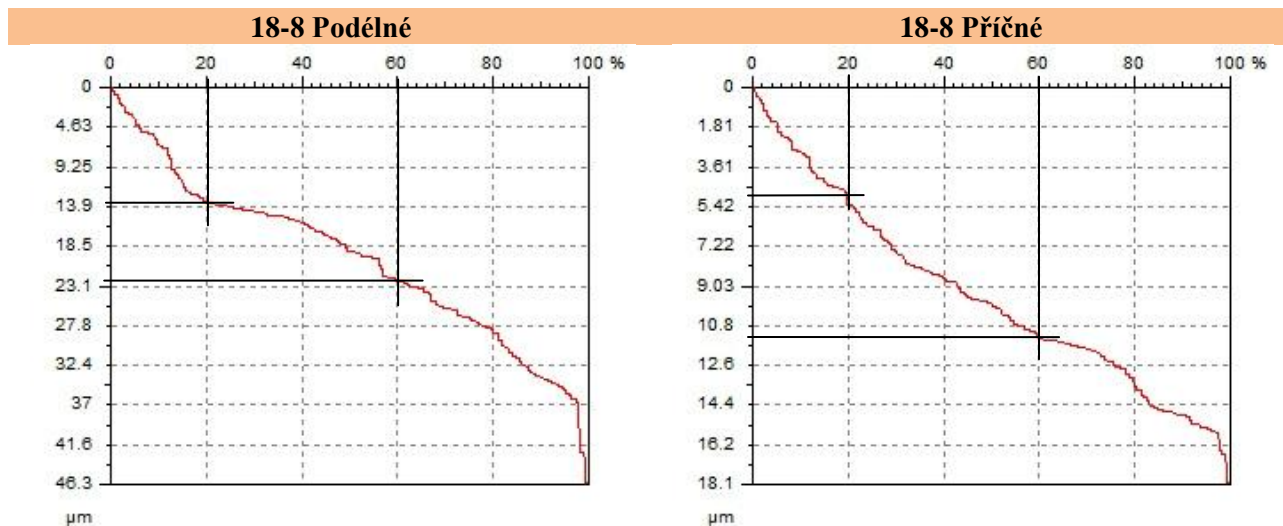


Tabulka 13. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-6

Podélné: 20% $R_{mr(c)} = 15,10\mu m$ 60% $R_{mr(c)} = 20,10\mu m$

Příčné: 20% $R_{mr(c)} = 2,35\mu m$ 60% $R_{mr(c)} = 5,30\mu m$

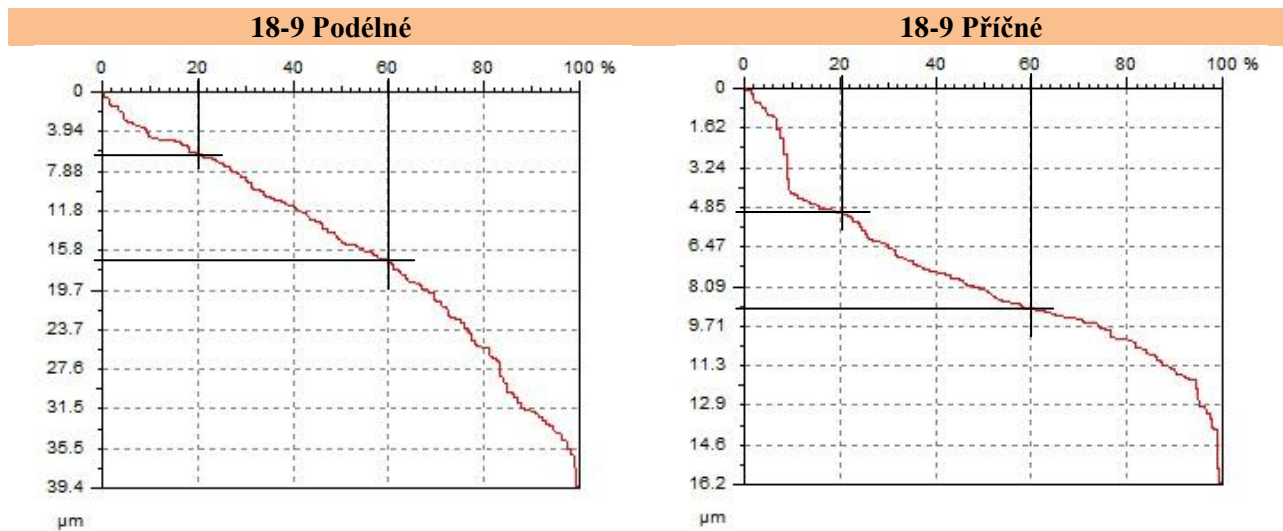
Podélný řez nálevky 18-6: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti. (viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 14. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-8

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 13,70\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 22,80\mu\text{m}$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 5,42\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 11,40\mu\text{m}$

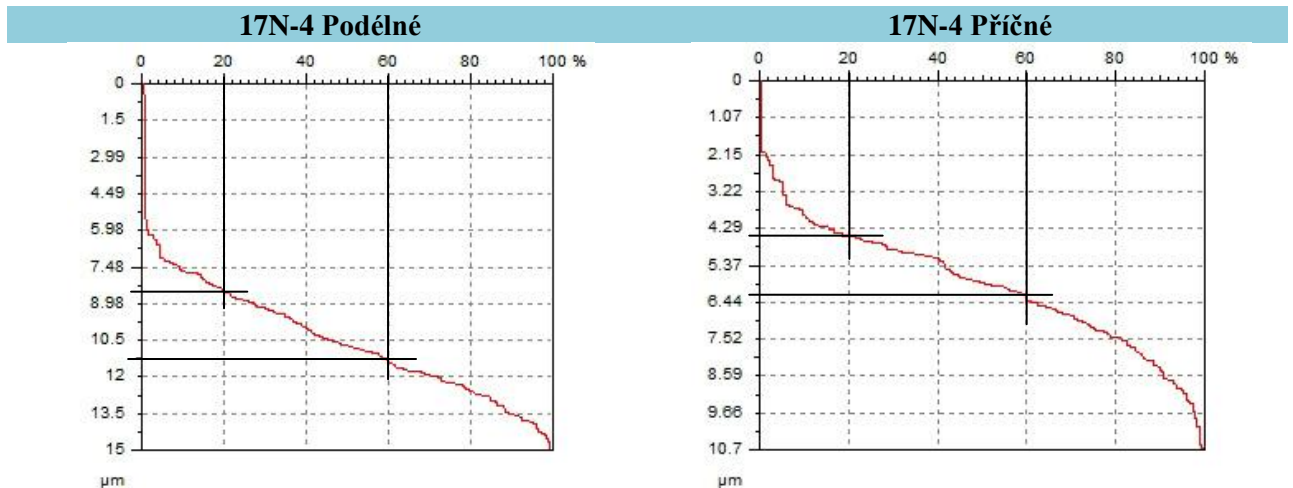
Podélný řez nálevky 18-8: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 15. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-9

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 6,20\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 17,5\mu\text{m}$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 5,10\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 9,10\mu\text{m}$

Podélný řez nálevky 18-9: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)

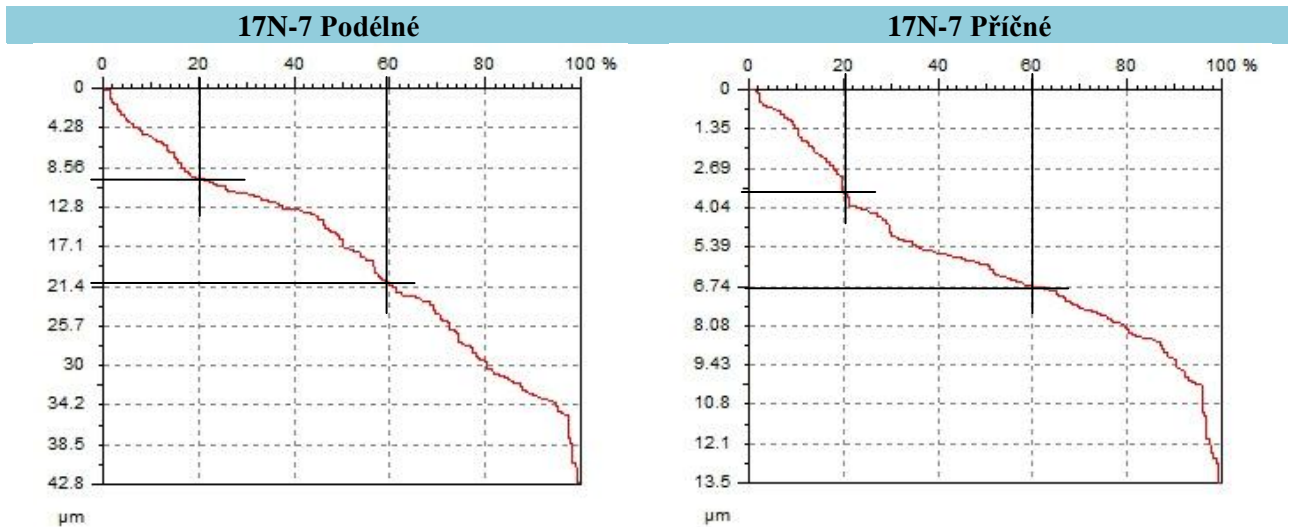


Tabulka 16. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-4

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 8,20\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 11,30\mu\text{m}$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 4,40\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 6,20\mu\text{m}$

Podélný řez nálevky 17N-4: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.

(viz Tabulka 22. \uparrow)

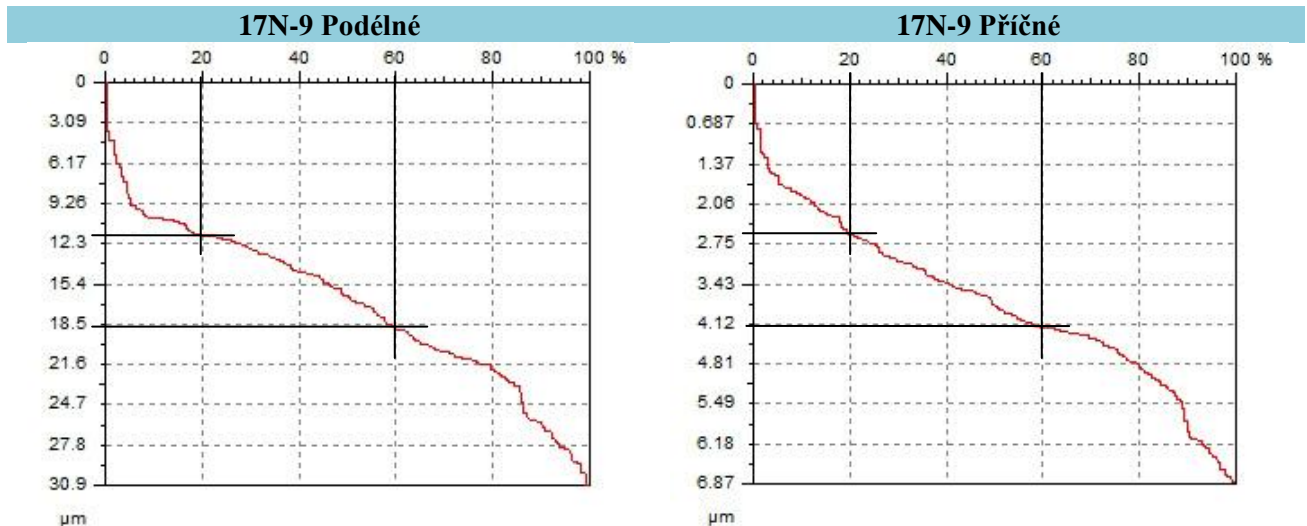


Tabulka 17. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-7

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 10,40\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 21,30\mu\text{m}$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 3,10\mu\text{m}$	60%	$R_{mr(c)} = 6,74\mu\text{m}$

Podélný řez nálevky 17N-7: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.

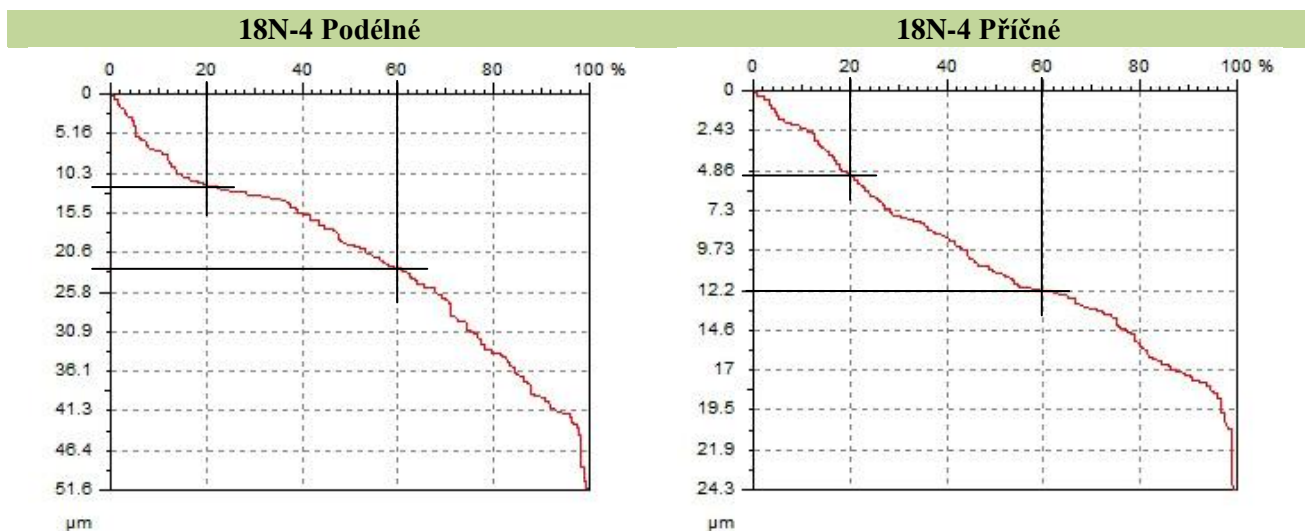
(viz Tabulka 22. \uparrow)



Tabulka 18. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-9

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 11,80\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 18,60\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 2,55\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 4,20\mu m$

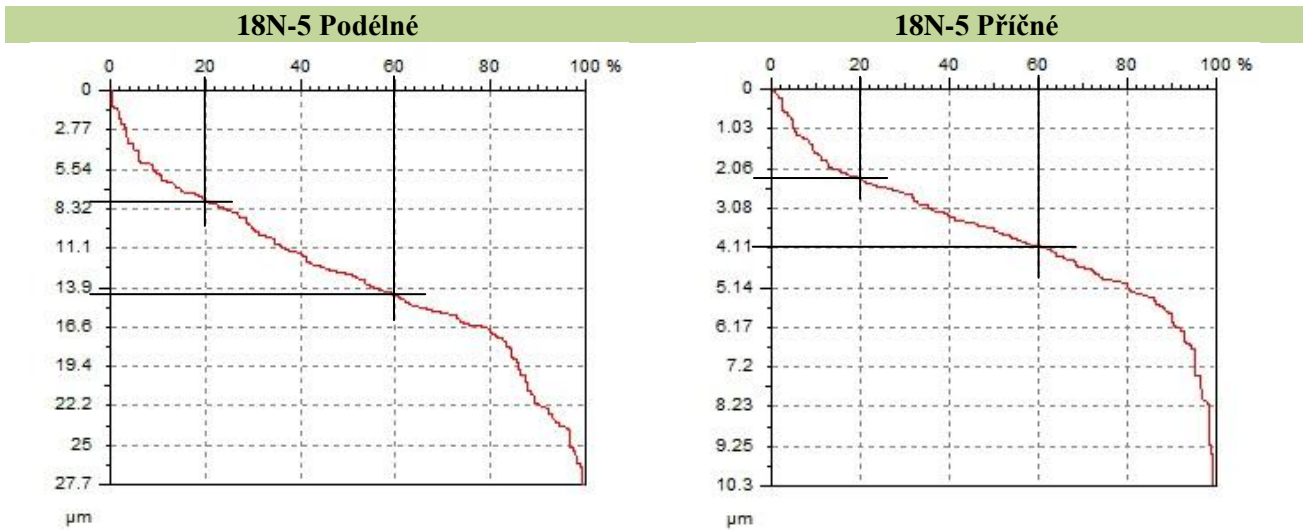
Podélný řez nálevky 17N-9: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 19. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-4

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 11,70\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 22,60\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 4,90\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 12,20\mu m$

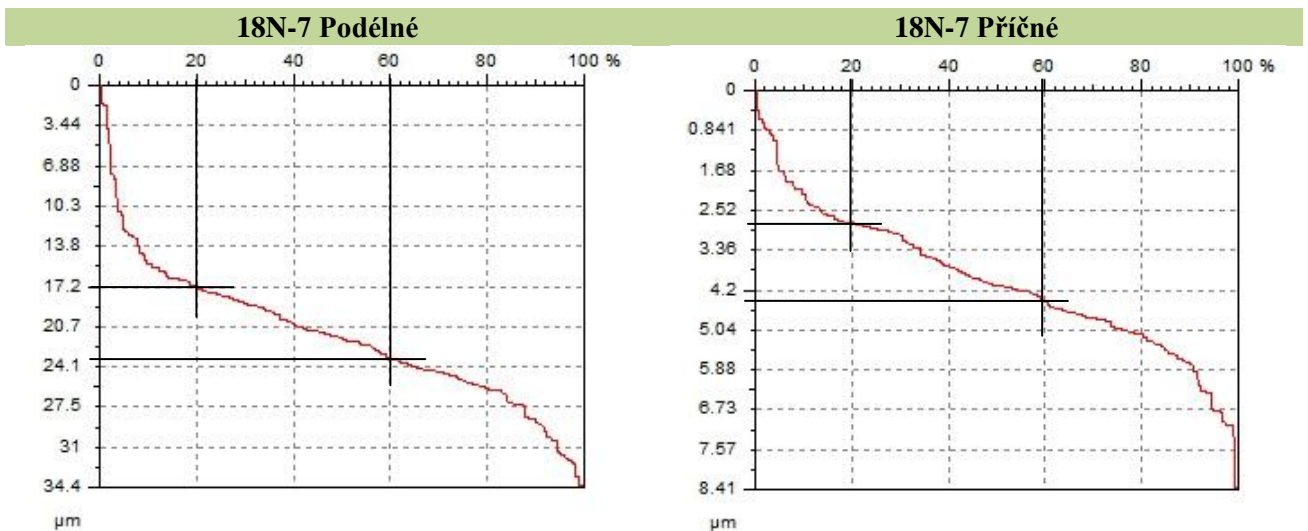
Podélný řez nálevky 18N-4: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 20. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-5

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 8,10\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 14,20\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 2,50\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 4,11\mu m$

Podélný řez nálevky 18N-5: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)



Tabulka 21. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-7

Podélné:	20%	$R_{mr(c)} = 17,20\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 23,40\mu m$
Příčné:	20%	$R_{mr(c)} = 2,80\mu m$	60%	$R_{mr(c)} = 4,60\mu m$

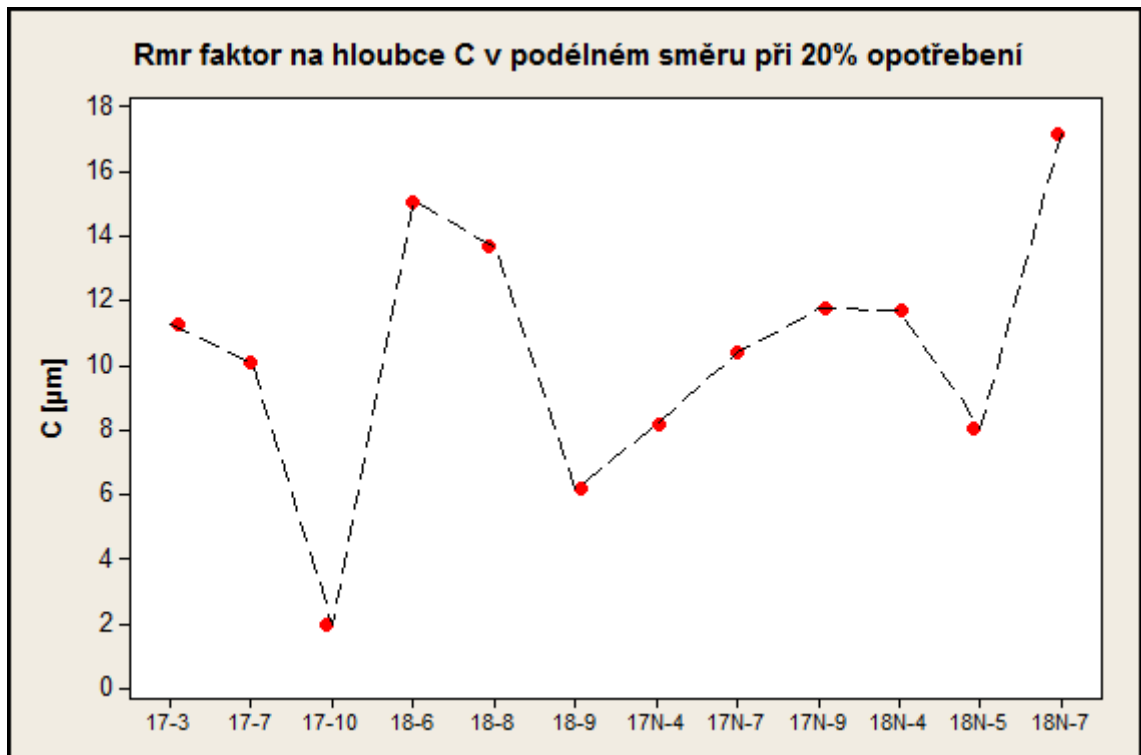
Podélný řez nálevky 18N-7: R_{mr} faktor na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti.
(viz Tabulka 22. ↑)

4.2 Vyhodnocení výsledků TalyMap

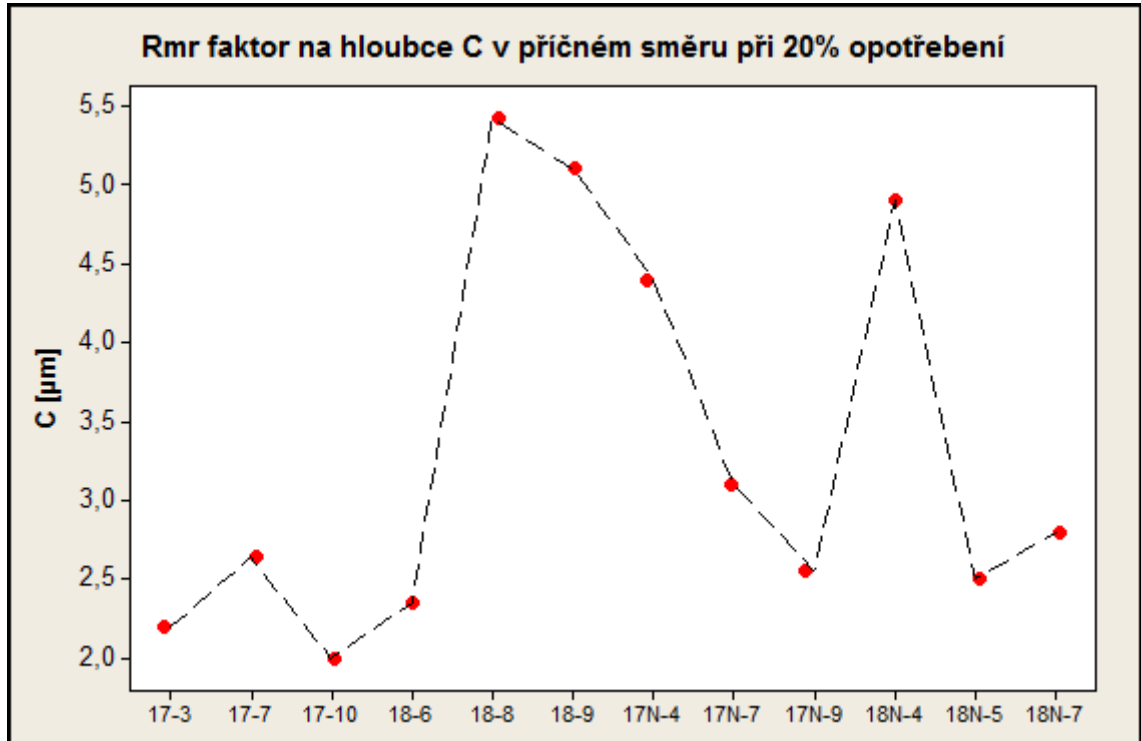
Nálevka	Řezy	Jednotky	R _{mr} 20% C	R _{mr} 60% C	R _{mr} faktor na hloubce C
17-3	Podélné	μm	11,29	13,22	↑
	Příčné	μm	2,20	3,90	↓
17-7	Podélné	μm	10,10	16,90	↑
	Příčné	μm	2,64	4,60	↓
17-10	Podélné	μm	2,00	3,99	↓
	Příčné	μm	2,00	3,99	↓
18-6	Podélné	μm	15,10	20,10	↑
	Příčné	μm	2,35	5,30	↓
18-8	Podélné	μm	13,70	22,80	↑
	Příčné	μm	5,42	11,40	↓
18-9	Podélné	μm	6,20	17,5	↑
	Příčné	μm	5,10	9,10	↓
17N-4	Podélné	μm	8,20	11,30	↑
	Příčné	μm	4,40	6,20	↓
17N-7	Podélné	μm	10,40	21,30	↑
	Příčné	μm	3,10	6,74	↓
17M-9	Podélné	μm	11,80	18,60	↑
	Příčné	μm	2,55	4,20	↓
18N-4	Podélné	μm	11,70	22,60	↑
	Příčné	μm	4,90	12,20	↓
18N-5	Podélné	μm	8,10	14,20	↑
	Příčné	μm	2,50	4,11	↓
18N-7	Podélné	μm	17,20	23,40	↑
	Příčné	μm	2,80	4,60	↓

Tabulka 22. Výsledky R_{mr} faktoru na hloubce C

Z numerických hodnot je na první pohled patrné, že křivka materiálového poměru v závislosti na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti v podélném řezu u všech nálevek až na 17-10, u které křivka materiálového poměru v závislosti na hloubce C vykazuje menší charakter špičatosti jak u podélného tak příčného řezu.

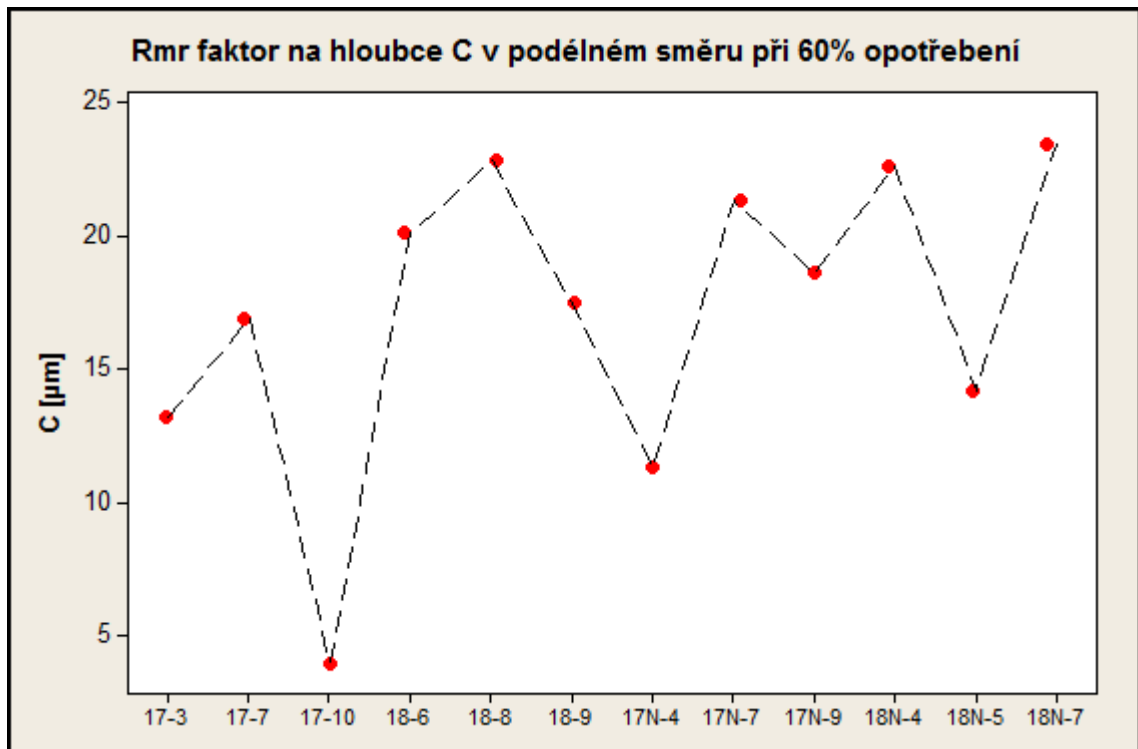
4.2.1 Grafické vyhodnocení R_{mr} faktoru

Obrázek 66. Rmr faktor na hloubce C v podélném směru při 20% opotřebení

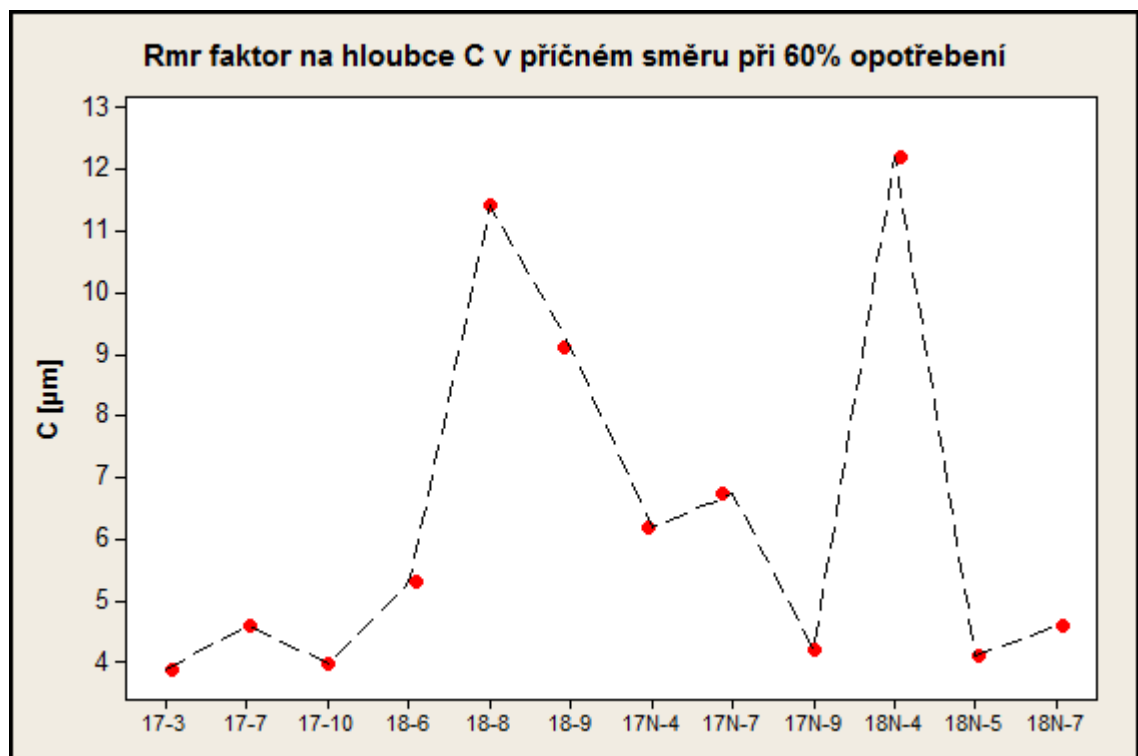


Obrázek 67. Rmr faktor na hloubce C v příčném směru při 20% opotřebení

Z obrázku 66 a 67 je patrné, že křivka materiálového poměru v závislosti na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti v podélném řezu při 20%.



Obrázek 68. Rmr faktor na hloubce C v podélném směru při 60% opotřebení



Obrázek 69. Rmr faktor na hloubce C v příčném směru při 60% opotřebení

Z obrázku 68 a 69 je patrné, že křivka materiálového poměru v závislosti na hloubce C vykazuje větší charakter špičatosti v podélném řezu při 60%

4.3 Vyhodnocení R_p

Nálevky byly vyhodnoceny pro parametr R_p podélném směru a příčném směru:

1. 17 podélné x 18 podélné
2. 17 příčné x 18 příčné
3. 17N podélné x 18N podélné
4. 17N příčné x 18N příčné

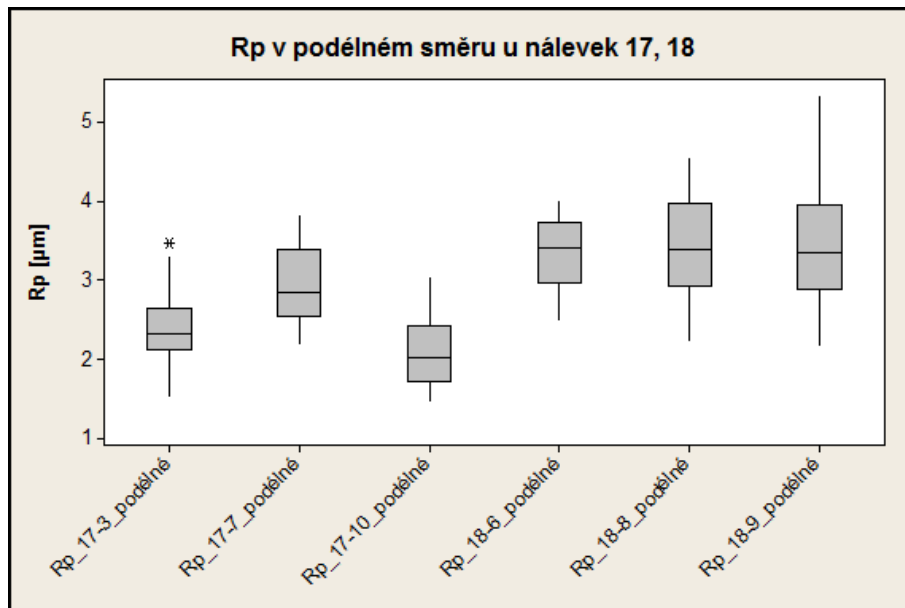
Tento postup vyhodnocení bude i u parametru R_v a R_a .

Vysvětlivky tabulky:

Count -	Součet
Mean -	Odhad aritmetického průměru
SE Mean -	Nejistota měření typu A
StDev -	Odhad směrodatné odchylky
CoefVar -	Odhad variačního koeficientu výběrového souboru
Minimum -	Minimální hodnota výběrového souboru
Q1 -	První kvartil výběrového souboru
Median -	Prostřední hodnota výběrového souboru, seřazených dle velikosti
Q3 -	Třetí kvartil výběrového souboru
Maximum -	Maximální hodnota výběrového souboru
Range -	Variační rozpětí R výběrového souboru
IQR -	Interkvartilové rozpětí výběrového souboru Q_3-Q_1 , 50% hodnot nejbliže mediánu

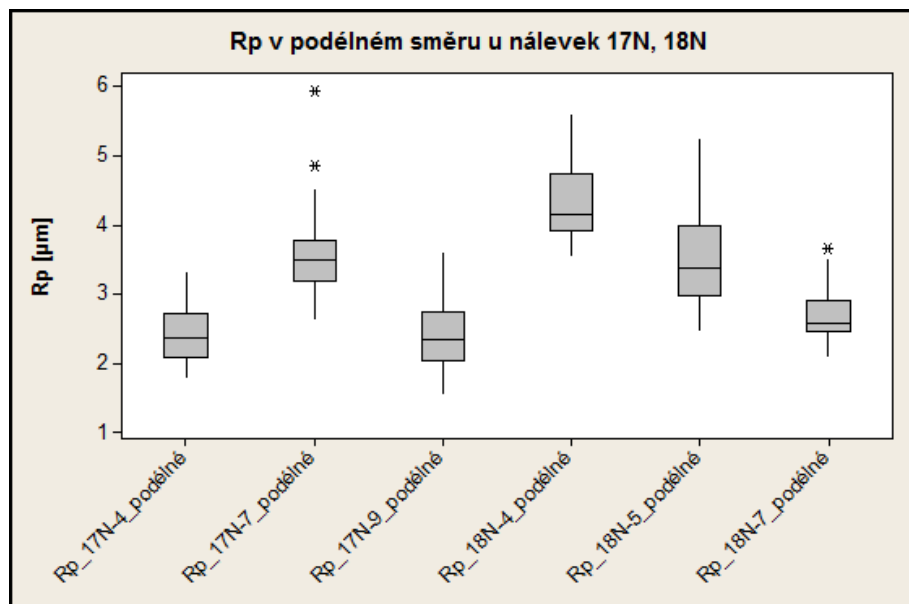
4.4 Vyhodnocení R_p

Podélné R_p :



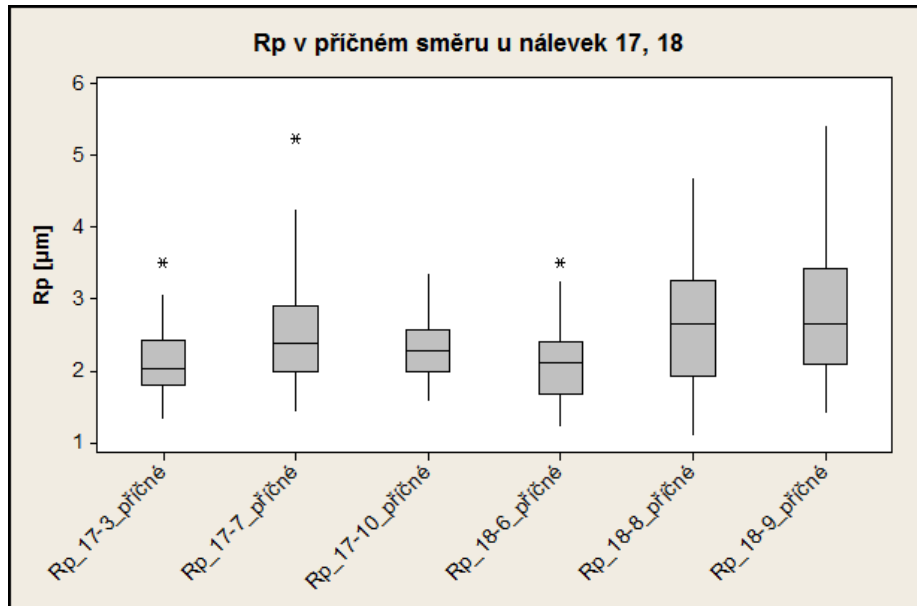
Obrázek 70. R_p v podélném směru u nálevek 17, 18

Boxplotový diagram pro podélné R_p diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_p 18 nemají tak velký rozptyl jako R_p 17.

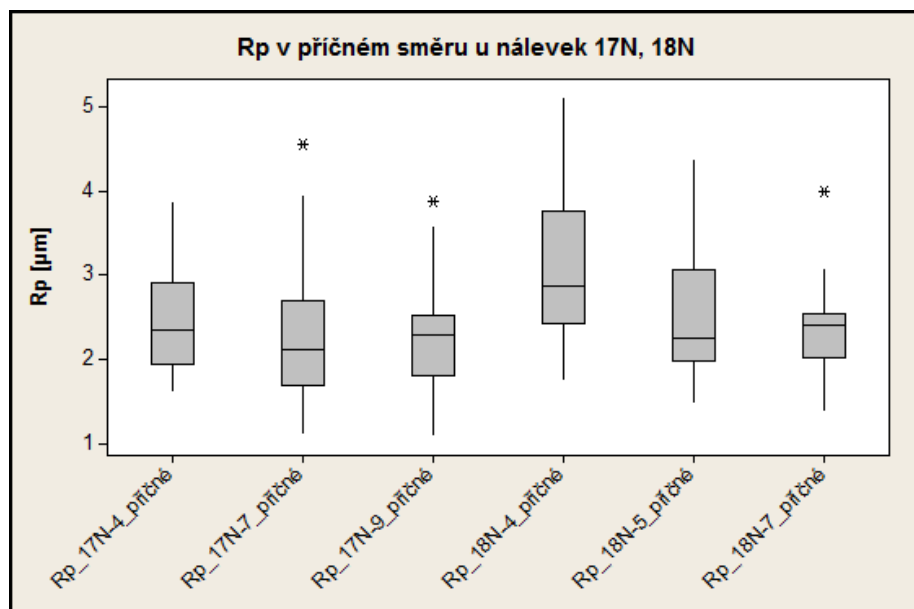


Obrázek 71. R_p v podélném směru u nálevek 17N, 18N

Boxplotový diagram pro podélné R_p diagnostikuje, že hodnoty mediánu R_p 17N a R_p 18N jsou značně variabilní.

Příčné R_p :Obrázek 72. R_p v příčném směru u nálevek 17, 18

Boxplotový diagram pro příčné R_p diagnostikuje, že hodnoty mediánu R_p 17 a R_p 18 příčném směru nemají vůči sobě příliš velký rozptyl.

Obrázek 73. R_p v příčném směru u nálevek 17N, 18N

Boxplotový diagram pro příčné R_p diagnostikuje, že hodnoty mediánu R_p 17N a R_p 18N jsou značně variabilní

4.4.1 Statistika pro podélné R_p 17 x 18

dle ISO 4287

Podélné R_p	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,3697	2,9393	2,0557	3,3783	3,479	3,521
SE Mean	[μm]	0,0843	0,0853	0,0723	0,0722	0,109	0,149
StDev	[μm]	0,4617	0,4674	0,3961	0,3957	0,599	0,818
CoefVar	[%]	19,49	15,90	19,27	11,71	17,22	23,24
Minimum	[μm]	1,5500	2,2000	1,4800	2,5000	2,250	2,190
Q1	[μm]	2,1275	2,5400	1,7275	2,9800	2,928	2,883
Median	[μm]	2,325	2,850	2,035	3,415	3,385	3,345
Q3	[μm]	2,6450	3,3925	2,4225	3,7425	3,973	3,950
Maximum	[μm]	3,4700	3,8200	3,0300	4,0000	4,530	5,310
Range	[μm]	1,9200	1,6200	1,5500	1,5000	2,280	3,120
IQR	[μm]	0,5175	0,8525	0,6950	0,7625	1,045	1,068

Tabulka 23. Statistické hodnoty podélné R_p 17, 18**Kruskal- Wallis podélné R_p :**

$$H_0: M_{R_{p_{pod}}} 17 - 3 = M_{R_{p_{pod}}} 17 - 7 = M_{R_{p_{pod}}} 17 - 10 = M_{R_{p_{pod}}} 18 - 6 = M_{R_{p_{pod}}} 18 - 8 \\ = M_{R_{p_{pod}}} 18 - 9$$

 $H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rp_17-10_podélné	30	2,035	28,4	-7,15
Rp_17-3_podélné	30	2,325	48,2	-4,87
Rp_17-7_podélné	30	2,850	91,1	0,07
Rp_18-6_podélné	30	3,415	125,1	3,99
Rp_18-8_podélné	30	3,385	127,0	4,21
Rp_18-9_podélné	30	3,345	123,1	3,75
Overall	180		90,5	
H = 102,02 DF = 5 P = 0,000				
H = 102,03 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 74. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.4.2 Statistika pro příčné R_p 17 x 18

dle ISO 4287

Příčné R_p	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,1450	2,597	2,3317	2,088	2,712	2,876
SE Mean	[μm]	0,0919	0,154	0,0757	0,103	0,172	0,169
StDev	[μm]	0,5035	0,843	0,4148	0,564	0,941	0,924
CoefVar	[%]	23,47	32,45	17,79	27,01	34,71	32,11
Minimum	[μm]	1,3400	1,450	1,6000	1,240	1,120	1,430
Q1	[μm]	1,8000	1,993	1,9875	1,665	1,918	2,093
Median	[μm]	2,0300	2,375	2,2800	2,110	2,660	2,650
Q3	[μm]	2,4325	2,913	2,5600	2,395	3,260	3,433
Maximum	[μm]	3,5100	5,240	3,3300	3,500	4,670	5,390
Range	[μm]	2,1700	3,790	1,7300	2,260	3,550	3,960
IQR	[μm]	0,6325	0,920	0,5725	0,730	1,343	1,340

Tabulka 24. Statistické hodnoty příčné R_p 17, 18**Kruskal- Wallis příčné R_p :**

$$H_0: M_{R_{p_{\text{příč}}}} 17 - 3 = M_{R_{p_{\text{příč}}}} 17 - 7 = M_{R_{p_{\text{příč}}}} 17 - 10 = M_{R_{p_{\text{příč}}}} 18 - 6 = M_{R_{p_{\text{příč}}}} 18 - 8 \\ = M_{R_{p_{\text{příč}}}} 18 - 9$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rp_17-10_příčné	30	2,280	89,1	-0,16
Rp_17-3_příčné	30	2,030	69,5	-2,42
Rp_17-7_příčné	30	2,375	98,6	0,93
Rp_18-6_příčné	30	2,110	65,0	-2,94
Rp_18-8_příčné	30	2,660	104,6	1,63
Rp_18-9_příčné	30	2,650	116,3	2,97
Overall	180		90,5	
H = 22,34 DF = 5 P = 0,000				
H = 22,35 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 75. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.4.3 Statistika pro podélné R_p 17N x 18N

dle ISO 4287

Podélné R_p	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,4073	3,619	2,4310	4,294	3,497	2,7080
SE Mean	[μm]	0,0710	0,119	0,0964	0,101	0,123	0,0692
StDev	[μm]	0,3887	0,654	0,5283	0,553	0,672	0,3792
CoefVar	[%]	16,15	18,08	21,73	12,87	19,21	14,00
Minimum	[μm]	1,8100	2,660	1,5800	3,570	2,490	2,1100
Q1	[μm]	2,0875	3,188	2,0325	3,910	2,980	2,4525
Median	[μm]	2,3750	3,485	2,3400	4,155	3,385	2,5800
Q3	[μm]	2,7150	3,773	2,7350	4,730	3,993	2,9000
Maximum	[μm]	3,3100	5,930	3,5800	5,590	5,220	3,6600
Range	[μm]	1,5000	3,270	2,0000	2,020	2,730	1,5500
IQR	[μm]	0,6275	0,585	0,7025	0,820	1,013	0,4475

Tabulka 25. Statistické hodnoty podélné R_p 17N, 18N

Kruskal- Wallis podélné R_p :

$$\begin{aligned}
 H_o: M_{R_{ppod}} 17N - 4 &= M_{R_{ppod}} 17N - 7 = M_{R_{ppod}} 17N - 9 = M_{R_{ppod}} 18N - 4 \\
 &= M_{R_{ppod}} 18N - 5 = M_{R_{ppod}} 18N - 7
 \end{aligned}$$

$H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rp_17N-4_podélné	30	2,375	41,8	-5,61
Rp_17N-7_podélné	30	3,485	122,5	3,69
Rp_17N-9_podélné	30	2,340	44,5	-5,30
Rp_18N-4_podélné	30	4,155	155,2	7,44
Rp_18N-5_podélné	30	3,385	114,5	2,76
Rp_18N-7_podélné	30	2,580	64,6	-2,98
Overall	180		90,5	
H = 120,97 DF = 5 P = 0,000				
H = 120,97 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 76. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.4.4 Statistika pro příčné R_p 17N x 18N

dle ISO 4287

Příčné R_p	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,433	2,198	2,211	3,050	2,510	2,3027
SE Mean	[μm]	0,106	0,141	0,115	0,165	0,138	0,0902
StDev	[μm]	0,580	0,770	0,627	0,904	0,753	0,4942
CoefVar	[%]	23,82	35,03	28,38	29,64	30,02	21,46
Minimum	[μm]	1,620	1,120	1,100	1,750	1,490	1,3900
Q1	[μm]	1,928	1,675	1,790	2,410	1,973	2,0050
Median	[μm]	2,345	2,095	2,275	2,870	2,240	2,3900
Q3	[μm]	2,905	2,683	2,510	3,748	3,058	2,5225
Maximum	[μm]	3,850	4,550	3,880	5,090	4,350	3,9800
Range	[μm]	2,230	3,430	2,780	3,340	2,860	2,5900
IQR	[μm]	0,977	1,007	0,720	1,337	1,085	0,5175

Tabulka 26. Statistické hodnoty příčné R_p 17N, 18N**Kruskal- Wallis příčné R_p :**

$$H_0: M_{R_{p_{\text{přič}}}} 17N - 4 = M_{R_{p_{\text{přič}}}} 17N - 7 = M_{R_{p_{\text{přič}}}} 17N - 9 = M_{R_{p_{\text{přič}}}} 18N - 4 \\ = M_{R_{p_{\text{přič}}}} 18N - 5 = M_{R_{p_{\text{přič}}}} 18N - 7$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rp_17N-4_přičné	30	2,345	92,2	0,19
Rp_17N-7_přičné	30	2,095	70,8	-2,27
Rp_17N-9_přičné	30	2,275	76,2	-1,64
Rp_18N-4_přičné	30	2,870	126,7	4,16
Rp_18N-5_přičné	30	2,240	92,6	0,24
Rp_18N-7_přičné	30	2,390	84,6	-0,68
Overall	180		90,5	
H = 21,48 DF = 5 P = 0,001				
H = 21,48 DF = 5 P = 0,001 (adjusted for ties)				

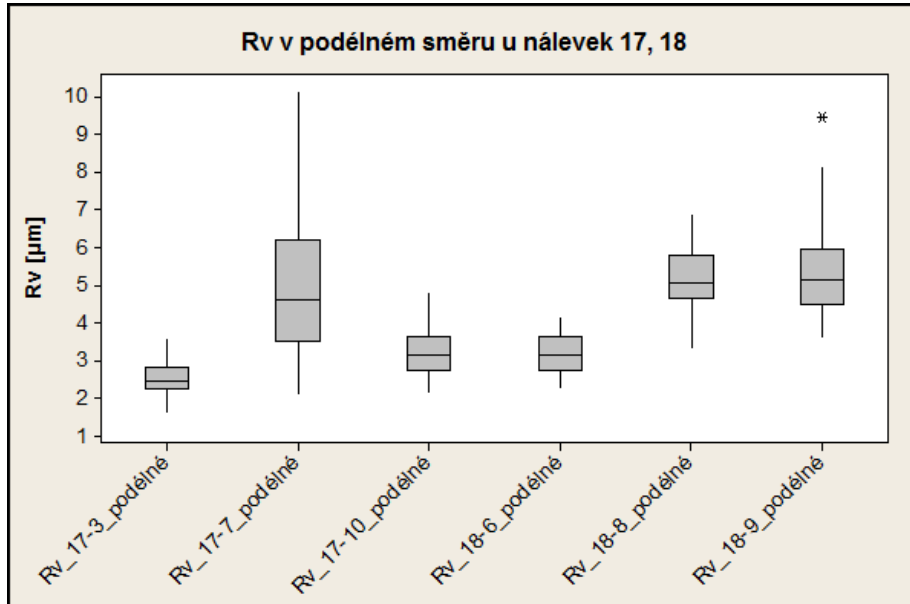
Obrázek 77. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17N, 18N

$$P = 0,001 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

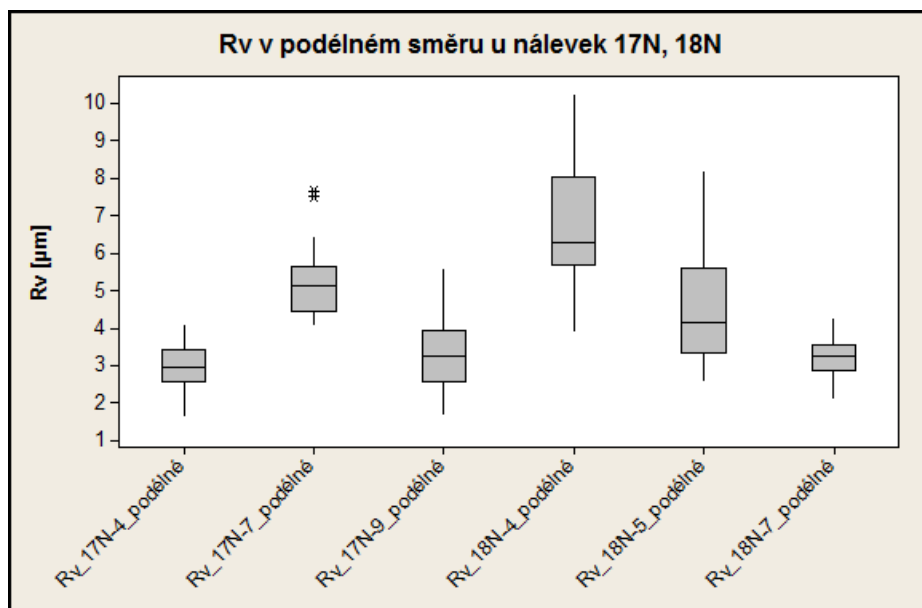
4.5 Vyhodnocení R_v

Podélné:



Obrázek 78. R_v v podélném směru u nálevek 17, 18

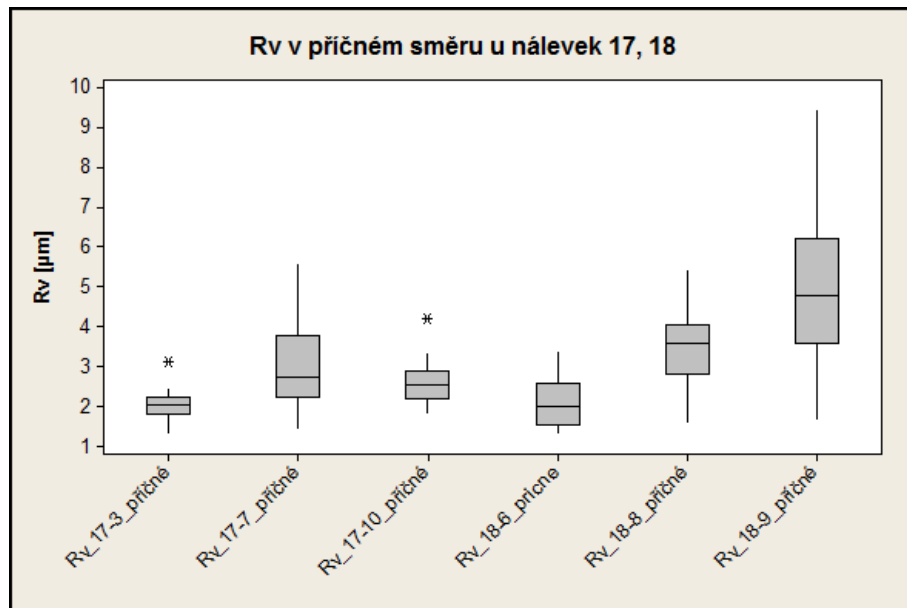
Boxplotový diagram pro podélné R_v diagnostikuje, že hodnoty mediánu R_v 17 a R_v 18 jsou značně variabilní.



Obrázek 79. R_v v podélném směru u nálevek 17N, 18N

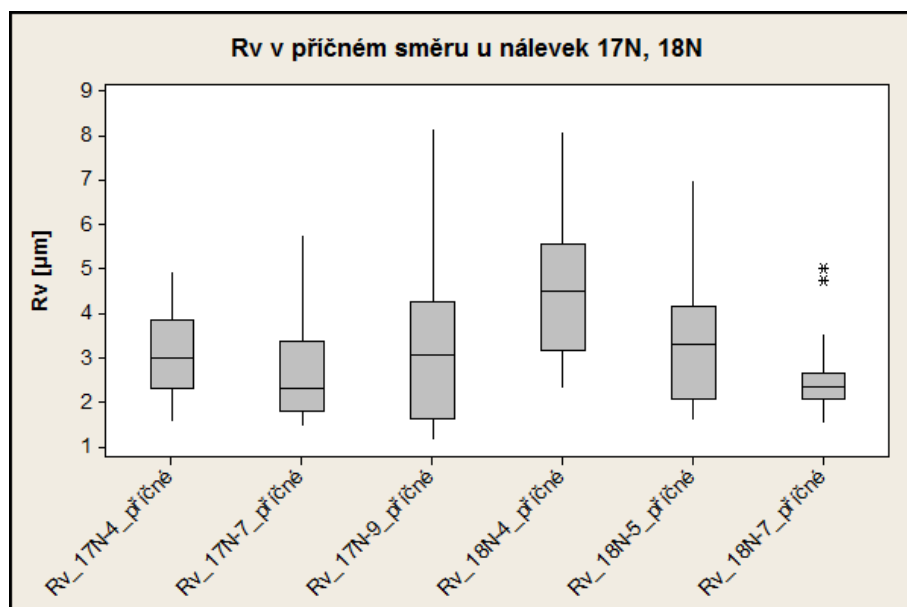
Boxplotový diagram pro podélné R_v diagnostikuje, že hodnoty mediánu R_v 17Na R_v 18N jsou značně variabilní.

Příčné:



Obrázek 80. R_v v příčném směru u nálevek 17, 18

Boxplotový diagram pro příčné R_v diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_v 17 nemají tak velký rozptyl jako R_v 18.



Obrázek 81. R_v v příčném směru u nálevek 17N, 18N

Boxplotový diagram pro příčné R_v diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_v 17N nemají tak velký rozptyl jako R_v 18N.

4.5.1 Statistika pro podélné R_v 17 x 18

dle ISO 4287

Podélné R_v	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,5147	4,975	3,260	3,2030	5,195	5,470
SE Mean	[μm]	0,0788	0,348	0,120	0,0980	0,153	0,251
StDev	[μm]	0,4319	1,905	0,655	0,5367	0,839	1,374
CoefVar	[%]	17,17	38,28	20,10	16,76	16,15	25,11
Minimum	[μm]	1,6300	2,150	2,190	2,2900	3,350	3,640
Q1	[μm]	2,2375	3,508	2,743	2,7275	4,665	4,503
Median	[μm]	2,4550	4,630	3,165	3,1700	5,050	5,160
Q3	[μm]	2,8100	6,205	3,638	3,6550	5,795	5,983
Maximum	[μm]	3,5800	10,100	4,800	4,1400	6,840	9,450
Range	[μm]	1,9500	7,950	2,610	1,8500	3,490	5,810
IQR	[μm]	0,5725	2,698	0,895	0,9275	1,130	1,480

Tabulka 27. Statistické hodnoty podélné R_v 17, 18**Kruskal- Wallis podélné R_v :**

$$H_0: M_{R_{v_{pod}} 17-3} = M_{R_{v_{pod}} 17-7} = M_{R_{v_{pod}} 17-10} = M_{R_{v_{pod}} 18-6} = M_{R_{v_{pod}} 18-8} \\ = M_{R_{v_{pod}} 18-9}$$

 $H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rv_17-10_podélné	30	3,165	64,0	-3,05
Rv_17-3_podélné	30	2,455	27,9	-7,21
Rv_17-7_podélné	30	4,630	115,7	2,90
Rv_18-6_podélné	30	3,170	62,2	-3,26
Rv_18-8_podélné	30	5,050	135,6	5,20
Rv_18-9_podélné	30	5,160	137,7	5,43
Overall	180		90,5	
H = 114,05 DF = 5 P = 0,000				
H = 114,05 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 82. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.5.2 Statistika pro příčné R_v 17 x 18

dle ISO 4287

Příčné R_v	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,0323	3,079	2,5927	2,104	3,499	5,096
SE Mean	[μm]	0,0608	0,197	0,0907	0,111	0,178	0,375
StDev	[μm]	0,3331	1,077	0,4967	0,608	0,976	2,056
CoefVar	[%]	16,39	34,98	19,16	28,90	27,90	40,35
Minimum	[μm]	1,3500	1,460	1,8500	1,360	1,620	1,690
Q1	[μm]	1,7950	2,240	2,1900	1,540	2,793	3,573
Median	[μm]	2,0400	2,750	2,5500	2,010	3,575	4,790
Q3	[μm]	2,2450	3,783	2,9000	2,568	4,033	6,203
Maximum	[μm]	3,1400	5,570	4,2000	3,350	5,420	9,420
Range	[μm]	1,7900	4,110	2,3500	1,990	3,800	7,730
IQR	[μm]	0,4500	1,543	0,7100	1,028	1,240	2,630

Tabulka 28. Statistické hodnoty podélné R_v 17, 18Kruskal- Wallis příčné R_v :

$$H_o: M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{17-3} = M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{17-7} = M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{17-10} = M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{18-6} = M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{18-8} \\ = M_{R_{v_{\text{přic}}}}^{18-9}$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rp_17-10_přičné	30	2,280	89,1	-0,16
Rp_17-3_přičné	30	2,030	69,5	-2,42
Rp_17-7_přičné	30	2,375	98,6	0,93
Rp_18-6_přičné	30	2,110	65,0	-2,94
Rp_18-8_přičné	30	2,660	104,6	1,63
Rp_18-9_přičné	30	2,650	116,3	2,97
Overall	180		90,5	
H = 22,34 DF = 5 P = 0,000				
H = 22,35 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 83. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.5.3 Statistika pro podélné R_v 17N x 18N

dle ISO 4287

Podélné R_v	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	2,968	5,247	3,296	6,792	4,589	3,2303
SE Mean	[μm]	0,104	0,161	0,172	0,271	0,271	0,0897
StDev	[μm]	0,572	0,883	0,945	1,482	1,484	0,4911
CoefVar	[%]	19,27	16,83	28,66	21,82	32,34	15,20
Minimum	[μm]	1,670	4,100	1,710	3,940	2,620	2,1500
Q1	[μm]	2,585	4,460	2,580	5,688	3,338	2,8575
Median	[μm]	2,940	5,135	3,255	6,275	4,155	3,2750
Q3	[μm]	3,418	5,658	3,953	8,020	5,600	3,5475
Maximum	[μm]	4,070	7,640	5,570	10,200	8,160	4,2400
Range	[μm]	2,400	3,540	3,860	6,260	5,540	2,0900
IQR	[μm]	0,833	1,198	1,373	2,333	2,263	0,6900

Tabulka 29. Statistické hodnoty podélné R_v 17N, 18N**Kruskal- Wallis podélné R_v :**

$$H_0: M_{R_{v_{pod}}} 17N - 4 = M_{R_{v_{pod}}} 17N - 7 = M_{R_{v_{pod}}} 17N - 9 = M_{R_{v_{pod}}} 18N - 4 \\ = M_{R_{v_{pod}}} 18N - 5 = M_{R_{v_{pod}}} 18N - 7$$

 $H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rv_17N-4_podélné	30	2,940	43,4	-5,42
Rv_17N-7_podélné	30	5,135	128,1	4,33
Rv_17N-9_podélné	30	3,255	57,8	-3,76
Rv_18N-4_podélné	30	6,275	156,0	7,55
Rv_18N-5_podélné	30	4,155	101,2	1,23
Rv_18N-7_podélné	30	3,275	56,4	-3,92
Overall	180		90,5	
H = 113,43 DF = 5 P = 0,000				
H = 113,44 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 84. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.5.4 Statistika pro příčné R_v 17N x 18N

dle ISO 4287

Příčné R_v	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	3,105	2,716	3,231	4,601	3,440	2,541
SE Mean	[μm]	0,167	0,221	0,305	0,300	0,262	0,142
StDev	[μm]	0,912	1,210	1,670	1,641	1,437	0,776
CoefVar	[%]	29,38	44,55	51,68	35,66	41,78	30,52
Minimum	[μm]	1,580	1,500	1,190	2,360	1,620	1,560
Q1	[μm]	2,310	1,795	1,640	3,150	2,058	2,070
Median	[μm]	2,995	2,305	3,075	4,510	3,290	2,360
Q3	[μm]	3,848	3,385	4,270	5,555	4,153	2,640
Maximum	[μm]	4,910	5,710	8,110	8,060	6,950	5,000
Range	[μm]	3,330	4,210	6,920	5,700	5,330	3,440
IQR	[μm]	1,538	1,590	2,630	2,405	2,095	0,570

Tabulka 30. Statistické hodnoty příčné R_v 17N, 18N**Kruskal- Wallis příčné R_v :**

$$H_0: M_{R_{v_{\text{příč}}}} 17N - 4 = M_{R_{v_{\text{příč}}}} 17N - 7 = M_{R_{v_{\text{příč}}}} 17N - 9 = M_{R_{v_{\text{příč}}}} 18N - 4 \\ = M_{R_{v_{\text{příč}}}} 18N - 5 = M_{R_{v_{\text{příč}}}} 18N - 7$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Rv_17N-4_příčné	30	2,995	91,8	0,15
Rv_17N-7_příčné	30	2,305	68,0	-2,59
Rv_17N-9_příčné	30	3,075	84,9	-0,65
Rv_18N-4_příčné	30	4,510	134,9	5,11
Rv_18N-5_příčné	30	3,290	98,2	0,89
Rv_18N-7_příčné	30	2,360	65,2	-2,91
Overall	180		90,5	
H = 35,45 DF = 5 P = 0,000				
H = 35,45 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

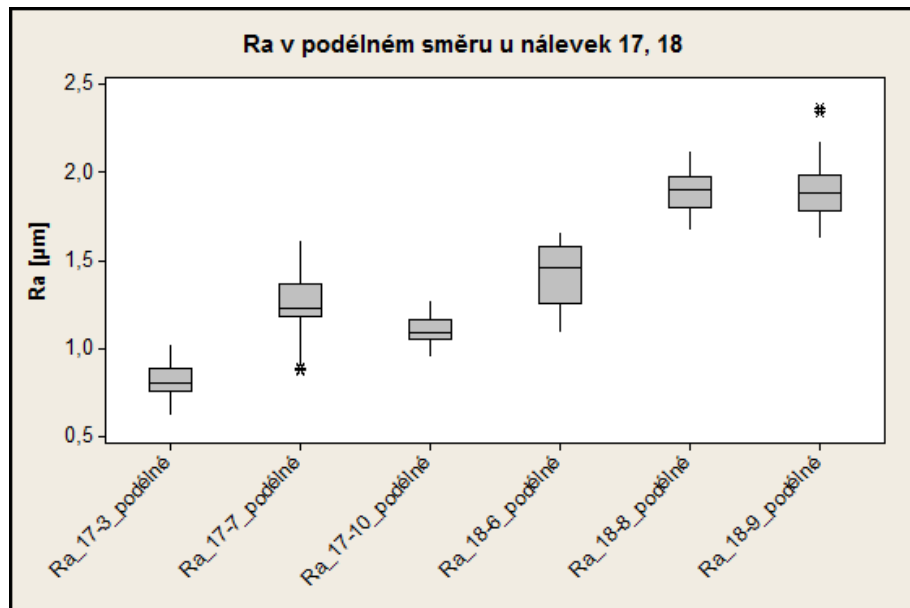
Obrázek 85. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17N, 18N

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

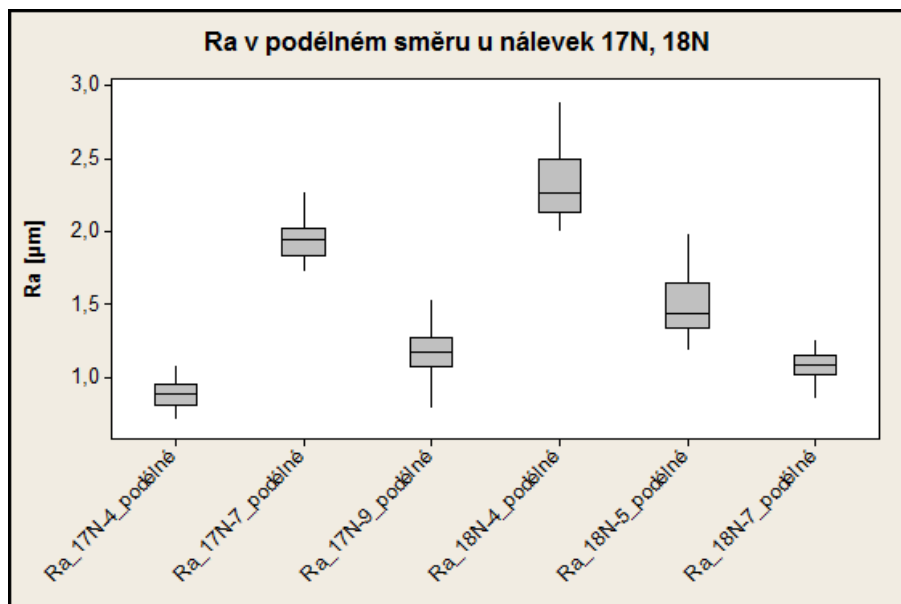
4.6 Vyhodnocení R_a

Podélné:



Obrázek 86. R_a v podélném směru u nálevek 17, 18

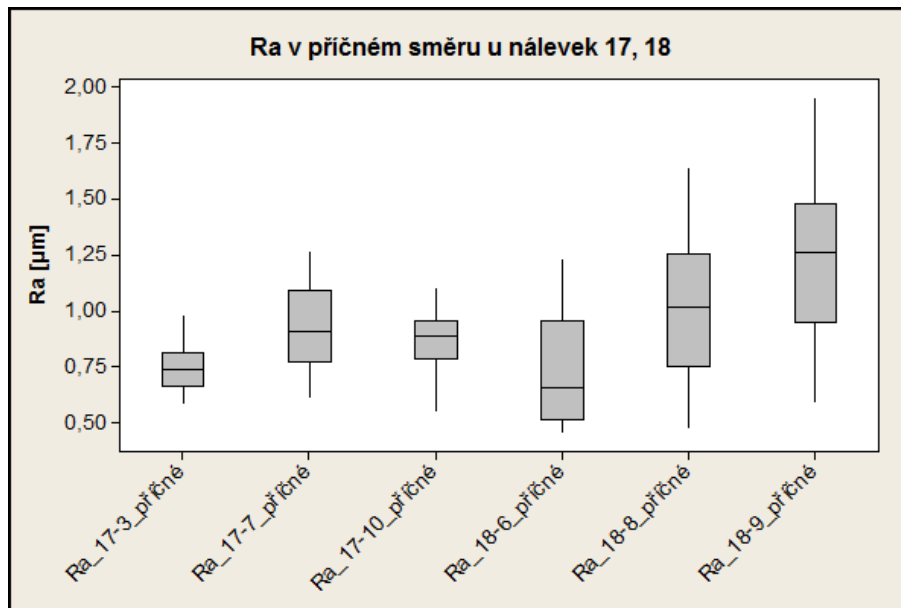
Boxplotový diagram pro podélné R_a diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_a 17 a R_a 18 jsou značně variabilní.



Obrázek 87. R_a v podélném směru u nálevek 17N, 18N

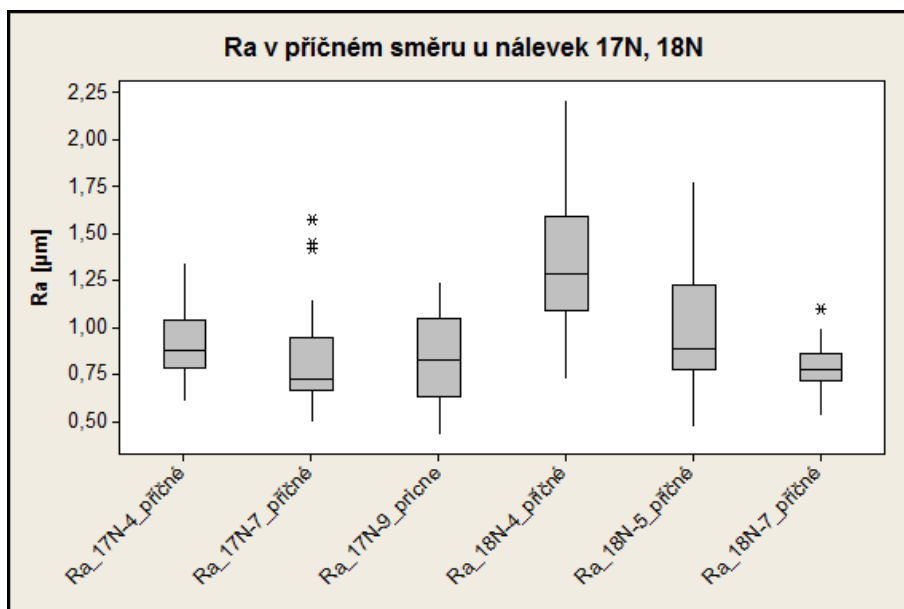
Boxplotový diagram pro podélné R_a diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_a 17N a R_a 18N jsou značně variabilní.

Příčné:



Obrázek 88. R_a v příčném směru u nálevek 17, 18

Boxplotový diagram pro příčné R_a diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_a 17 nemají tak velký rozptyl jako R_a 18.



Obrázek 89. R_a v příčném směru u nálevek 17N, 18N

Boxplotový diagram pro příčné R_a diagnostikuje, že hodnoty mediánu pro R_a 17N nemají tak velký rozptyl jako R_a 18N.

4.6.1 Statistika pro podélné R_a 17 x 18

dle ISO 4287

Podélné R_a	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	0,8159	1,2364	1,1026	1,4043	1,8870	1,9013
SE Mean	[μm]	0,0172	0,0322	0,0140	0,0322	0,0215	0,0328
StDev	[μm]	0,0942	0,1762	0,0766	0,1764	0,1180	0,1797
CoefVar	[%]	11,54	14,25	6,95	12,56	6,25	9,45
Minimum	[μm]	0,6300	0,8830	0,9610	1,1000	1,6800	1,6300
Q1	[μm]	0,7573	1,1800	1,0500	1,2550	1,8025	1,7775
Median	[μm]	0,8085	1,2300	1,0900	1,4550	1,9000	1,8850
Q3	[μm]	0,8860	1,3675	1,1625	1,5825	1,9700	1,9850
Maximum	[μm]	1,0200	1,6100	1,2700	1,6500	2,1100	2,3600
Range	[μm]	0,3900	0,7270	0,3090	0,5500	0,4300	0,7300
IQR	[μm]	0,1288	0,1875	0,1125	0,3275	0,1675	0,2075

Tabulka 31. Statistické hodnoty podélné R_a 17, 18**Kruskal- Wallis podélné R_a :**

$$H_0: M_{R_{a_{pod}}} 17 - 3 = M_{R_{a_{pod}}} 17 - 7 = M_{R_{a_{pod}}} 17 - 10 = M_{R_{a_{pod}}} 18 - 6 = M_{R_{a_{pod}}} 18 - 8 \\ = M_{R_{a_{pod}}} 18 - 9$$

 $H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Ra_17-10_podélné	30	1,0900	53,3	-4,28
Ra_17-3_podélné	30	0,8085	16,4	-8,53
Ra_17-7_podélné	30	1,2300	76,5	-1,62
Ra_18-6_podélné	30	1,4550	95,9	0,63
Ra_18-8_podélné	30	1,9000	150,9	6,96
Ra_18-9_podélné	30	1,8850	150,0	6,86
Overall	180		90,5	
H = 157,97 DF = 5 P = 0,000				
H = 158,00 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 90. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.6.2 Statistika pro příčné R_a 17 x 18

dle ISO 4287

Příčné R_a	Jednotky	17-3	17-7	17-10	18-6	18-8	18-9
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	0,7473	0,9288	0,8754	0,7380	1,0104	1,2236
SE Mean	[μm]	0,0175	0,0352	0,0239	0,0436	0,0553	0,0599
StDev	[μm]	0,0958	0,1927	0,1311	0,2387	0,3028	0,3281
CoefVar	[%]	12,82	20,75	14,97	32,35	29,97	26,81
Minimum	[μm]	0,5910	0,6140	0,5560	0,4590	0,4780	0,5920
Q1	[μm]	0,6608	0,7700	0,7878	0,5160	0,7483	0,9520
Median	[μm]	0,7400	0,9085	0,8885	0,6560	1,0195	1,2600
Q3	[μm]	0,8103	1,0925	0,9590	0,9533	1,2550	1,4825
Maximum	[μm]	0,9740	1,2600	1,1000	1,2300	1,6400	1,9500
Range	[μm]	0,3830	0,6460	0,5440	0,7710	1,1620	1,3580
IQR	[μm]	0,1495	0,3225	0,1712	0,4373	0,5067	0,5305

Tabulka 32. Statistické hodnoty příčné R_a 17, 18**Kruskal- Wallis příčné R_a :**

$$H_0: M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17 - 3 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17 - 7 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17 - 10 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18 - 6 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18 - 8 \\ = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18 - 9$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Ra_17-10_příčné	30	0,8885	89,1	-0,16
Ra_17-3_příčné	30	0,7400	55,5	-4,03
Ra_17-7_příčné	30	0,9085	97,5	0,80
Ra_18-6_příčné	30	0,6560	56,9	-3,87
Ra_18-8_příčné	30	1,0195	106,6	1,85
Ra_18-9_příčné	30	1,2600	137,5	5,41
Overall	180		90,5	
H = 53,89 DF = 5 P = 0,000				
H = 53,90 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 91. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.6.3 Statistika pro podélné R_a 17N x 18N

dle ISO 4287

Podélné R_a	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	0,8849	1,9387	1,1676	2,3323	1,4900	1,0768
SE Mean	[μm]	0,0170	0,0227	0,0322	0,0436	0,0373	0,0184
StDev	[μm]	0,0931	0,1241	0,1762	0,2389	0,2043	0,1008
CoefVar	[%]	10,52	6,40	15,09	10,24	13,71	9,36
Minimum	[μm]	0,7160	1,7300	0,7990	2,0100	1,1900	0,8570
Q1	[μm]	0,8023	1,8300	1,0675	2,1300	1,3400	1,0200
Median	[μm]	0,8860	1,9400	1,1650	2,2650	1,4350	1,0800
Q3	[μm]	0,9528	2,0200	1,2700	2,4925	1,6400	1,1475
Maximum	[μm]	1,0700	2,2600	1,5200	2,8800	1,9800	1,2500
Range	[μm]	0,3540	0,5300	0,7210	0,8700	0,7900	0,3930
IQR	[μm]	0,1505	0,1900	0,2025	0,3625	0,3000	0,1275

Tabulka 33. Statistické hodnoty příčné R_a 17N, 18N**Kruskal- Wallis příčné R_a :**

$$H_0: M_{R_{a_{pod}}} 17N - 4 = M_{R_{a_{pod}}} 17N - 7 = M_{R_{a_{pod}}} 17N - 9 = M_{R_{a_{pod}}} 18N - 4 \\ = M_{R_{a_{pod}}} 18N - 5 = M_{R_{a_{pod}}} 18N - 7$$

 $H_A: NON$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Ra_17N-4_podélné	30	0,8860	20,3	-8,09
Ra_17N-7_podélné	30	1,9400	135,5	5,18
Ra_17N-9_podélné	30	1,1650	66,7	-2,74
Ra_18N-4_podélné	30	2,2650	164,1	8,48
Ra_18N-5_podélné	30	1,4350	103,6	1,50
Ra_18N-7_podélné	30	1,0800	52,9	-4,33
Overall	180		90,5	
H = 160,55 DF = 5 P = 0,000				
H = 160,56 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 92. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.6.4 Statistika pro příčné R_a 17N x 18N

dle ISO 4287

Příčné R_a	Jednotky	17N-4	17N-7	17N-9	18N-4	18N-5	18N-7
Count	[μm]	30	30	30	30	30	30
Mean	[μm]	0,9186	0,8323	0,8405	1,3329	0,9982	0,7836
SE Mean	[μm]	0,0318	0,0500	0,0422	0,0610	0,0565	0,0240
StDev	[μm]	0,1741	0,2736	0,2309	0,3342	0,3096	0,1315
CoefVar	[%]	18,96	32,88	27,47	25,07	31,02	16,78
Minimum	[μm]	0,6120	0,5040	0,4320	0,7350	0,4770	0,5370
Q1	[μm]	0,7813	0,6615	0,6293	1,0925	0,7760	0,7133
Median	[μm]	0,8790	0,7245	0,8290	1,2900	0,8840	0,7755
Q3	[μm]	1,0400	0,9445	1,0450	1,5900	1,2300	0,8588
Maximum	[μm]	1,3400	1,5800	1,2400	2,2100	1,7700	1,1000
Range	[μm]	0,7280	1,0760	0,8080	1,4750	1,2930	0,5630
IQR	[μm]	0,2588	0,2830	0,4157	0,4975	0,4540	0,1455

Tabulka 34. Statistické hodnoty příčné R_a 17N, 18N**Kruskal- Wallis příčné R_a :**

$$H_0: M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17N - 4 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17N - 7 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 17N - 9 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18N - 4 \\ = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18N - 5 = M_{R_{a_{\text{příč}}}} 18N - 7$$

 $H_A: \text{NON}$

Kruskal-Wallis Test on C2				
Subscripts	N	Median	Ave Rank	Z
Ra_17N-4_příčné	30	0,8790	93,5	0,34
Ra_17N-7_příčné	30	0,7245	66,1	-2,81
Ra_17N-9_příčné	30	0,8290	75,2	-1,76
Ra_18N-4_příčné	30	1,2900	146,2	6,41
Ra_18N-5_příčné	30	0,8840	99,7	1,06
Ra_18N-7_příčné	30	0,7755	62,4	-3,23
Overall	180		90,5	
H = 53,21 DF = 5 P = 0,000				
H = 53,22 DF = 5 P = 0,000 (adjusted for ties)				

Obrázek 93. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18

$$P = 0,000 < 0,05$$

Zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

4.6.5 Grafická tabulka Kruskal-Wallis

Vyhodnocení R_p	Hodnota P	H_0	H_A
17 podélné x 18 podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17 příčné x 18 příčné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N podélné x 18N podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N příčné x 18N příčné	0,001 < 0,05	Zamítám	-

Tabulka 35. Hodnota P pro R_p

Vyhodnocení R_v	Hodnota P	H_0	H_A
17 podélné x 18 podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17 příčné x 18 příčné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N podélné x 18N podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N příčné x 18N příčné	0,000 < 0,05	Zamítám	-

Tabulka 36. Hodnota P pro R_v

Vyhodnocení R_a	Hodnota P	H_0	H_A
17 podélné x 18 podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17 příčné x 18 příčné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N podélné x 18N podélné	0,000 < 0,05	Zamítám	-
17N příčné x 18N příčné	0,000 < 0,05	Zamítám	-

Tabulka 37. Hodnota P pro R_a

Z tabulek 35, 36 a 37 je patrné, že zamítám nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy na konfidenční úrovni 95% s možností omylu 5%.

ZÁVĚR

Úkolem bylo prozkoumat a nalézt způsob vyhodnocení povrchu součástky vzniklé sintrováním s pracovním názvem nálevka. Zjistil jsem - měřicí mikroskop 50x zvětšující, optika je nedostatečná, je zapotřebí mnohem větší zvětšení. Při použití mikroskopu Leica DMI3000 M jsem našel optimální zvětšení 500x a způsob osvitů BF tak, že se na povrchu vzorku začalo objevovat množství poruch, které jsem pracovním názvem nazval praskliny - chyby při sintrování, patrně zbytek uhlíku, opět vedlejší produkt sintrování.

Objevily se značné problémy s vlnitostí povrchu, nejen mezi skupinami 17, 18, 17N a 18N, ale i mezi jednotlivými nálevkami. Prakticky lze říct, že každá z nálevek má unikátní povrch a z výrobního hlediska hrubý nedostatek.

Teprve poté jsem provedl výběr podle fotografií, prostorové naskenování povrchů sintrovaných dílů s rozměry 1mm x 1mm a naskenování podle jednotlivých řezů (podélné, příčné) tak, abych byl schopen objektivně hodnotit povrch.

Provedl jsem odfiltrování nerovností podle Gaussovského filtru a volené základní délky 0,25mm dle ČSN EN ISO 4287 a ČSN EN ISO 4288. Parametry, na které jsem se zaměřil z hlediska jakosti povrchu, byly R_p , R_v a R_a . Provedl jsem grafické vyhodnocení pomocí histogramů numerických hodnot, dále jsem využil teorie hypotéz pro neparametrickou statistiku - Kruskal-Wallis test.

Na základě výše uvedeného vyhodnocení jakosti povrchů konstatuji, že se jedná o sérii neshodných výrobků díky vyšším hodnotám R_p a R_v , dále problémům s vlnitostí a celou řadou povrchových trhlin prasklin a zbytků uhlíku. Abbot-Firestoneho křivky dokázaly, že R_{mr} faktor se mění nelineárně, což má za následek to, že příze, která nálevkami prochází, se dere a nálevka se tak ucpává. Doporučuji proto zkvalitnit proces sintrování, aby nevznikaly výše popsané chyby, a upravit technologický proces, tak aby hodnoty R_p , R_v a následně hodnoty $R_{mr(c)}$ faktoru nezpůsobovaly výše uvedené problémy, a zvýšila se jakost a homogenita povrchu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARČÍKOVÁ, Bc. Helena. *Vývoj polymerního pojiva pro vysoce plněné směsi s keramickými prášky*. Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Doc. Ing. Bérenika Hausnerová, Ph.D.
- [2] OUJEZDSKÁ, Anna. *Studium biointerakcí pomocí AFM*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. RNDr. Peter Skládal, CSc.
- [3] *CCI MP: Small footprint automated optical profiler*. Taylor Hobson, 2012. Dostupné z: <http://www.taylor-hobson.com/uploads/files/CCI%20MP%20Brochure_V4_Low.pdf>
- [4] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobu (GPS): Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [5] ČSN EN ISO 4288. *Geometrické požadavky (GPS): Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [6] Leica DMI3000 M
Zdroj z <<http://www.leica-microsystems.com/products/light-microscopes/industrial-materials/inverted-microscopes/details/product/leica-dmi3000-m/downloads>>
- [7] AFM bezkontaktní mód
Zdroj z <<http://ntmdt.com/spm-principles/view/non-contact-mode>>
- [8] Metoda laseru
Zdroj z <<http://ebookbrowse.com/3-1-hladik-novak-talysurf-product-family-pdf-d308356610>>
- [9] CLA snímač
Zdroj z <<http://ebookbrowse.com/3-1-hladik-novak-talysurf-product-family-pdf-d308356610>>
- [10] Chyba I. a II. druhu
Zdroj z <<http://new.euromise.org/czech/tajne/ucebnice/html/html/node9.html>>

- [11] Talysurf
Zdroj z <http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2_Novak_3D_mereni_textury.pdf>
- [12] Rozlišení AFM
Zdroj z <http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/AFM_mikroskopie.pdf>
- [13] Chyby měření
Zdroj z <<http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/texty/pext2-nejistoty.pdf>>
- [14] PIM výrobky
Zdroj z <<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-820X/2008/0350-820X0801079Z.pdf>>
- [15] CCD snímač
Zdroj z
<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/16782/2008_Snajdarek_Ladislav_76118.pdf?sequence=1>
- [16] Aktivní triangulace
Zdroj z <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03013/kap_2.htm>
- [17] Křivka materiálového poměru
Zdroj z
<http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/16302/jurena_2011_dp.pdf?sequence=1>
- [18] Taylor- Hobson
Zdroj z
<http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/16302/jurena_2011_dp.pdf?sequence=1>
- [19] AFM hrot a nosník
Zdroj z <http://is.muni.cz/th/211396/prif_b/Bakalarska_prace.doc>
- [20] Síly AFM
Zdroj z
<http://www.vscht.cz/kat/download/lab2_charakteristika_povrchu_vrstev.pdf>

- [21] WHITEHOUSE, David. *Handbook of surface and nanometrology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011, xxiii, 975 p. ISBN 978-142-0082-012.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina
AFM	Mikroskopie atomárních sil
1D	Jednorozměrný prostor
1- α	Konfidenční úroveň
1- β	Síla testu
2D	Dvourozměrný prostor
3D	Trojrozměrný prostor
BF	Spodní osvit
CIM	Vstříkování keramických prášků
CoefVar	Odhad variačního koeficientu výběrového souboru
Count	Součet
ČSN	Česká státní norma
DF	Přímý osvit
DIC	Rozdílný interferenční kontrast
dx	Místní sklon
EN	Evropská norma
F	Numerická hodnota
H _A	Alternativní hypotéza
H _o	Nulová hypotéza
IQR	Interkvartilové rozpětí výběrového souboru
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
l	Základní délka
ln	Vyhodnocovaná délka
lp,lr,lw	Základní délka

Maximum	Maximální hodnota výběrového souboru
Mean	Odhad aritmetického průměru
Median	Prostřední hodnota výběrového souboru, seřazených dle velikosti
MIM	Vstříkování kovových prášků
Minimum	Minimální hodnota výběrového souboru
MI(c)	Materiálová délka profilu na úrovni c
n	Počet měření výběrového souboru
p	Hladina významnosti
P _a	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu
P _c	Průměrná výška prvků profilu
PIM	Vstříkování práškovových materiálů
P _{mr(c)}	Materiálový poměr profilu
POL	Polarizované světlo
P _p	Největší výška výstupků profilu
P _q	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu
P _v	Největší hloubka profilu
P-value	P – hodnota
P _z	Největší výška profilu
Q1	První kvartil výběrového souboru
Q3	Třetí kvartil výběrového souboru
R _a	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu
Range	Variační rozpětí R výběrového souboru
R _c	Průměrná výška prvků profilu
R _{mr(c)}	Materiálový poměr profilu
R _p	Největší výška výstupků profilu
R _q	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu

R_v	Největší hloubka profilu
R_z	Největší výška profilu
s^2	Rozptyl výběrového souboru
SE Mean	Nejistota měření typu A
s_p	Odhad výběrového souboru
StDev	Odhad směrodatné odchylky
T	Numerická hodnota
W_a	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu
W_c	Průměrná výška prvků profilu
$W_{mr(c)}$	Materiálový poměr profilu
W_p	Největší výška výstupků profilu
W_q	Průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu
W_v	Největší hloubka profilu
\bar{x}_1	Odhad aritmetického průměru výběrového souboru
Z	Numerická hodnota
Z(x)	Hodnota pořadnice
Z_p	Výška výstupku profilu
Z_t	Výška prvku profilu
Z_v	Hloubka prohlubně profilu
α	Chyba I. druhu
μ	Populační průměr výběrového souboru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. PIM technologie [1]	13
Obrázek 2. PIM výrobky [14].....	13
Obrázek 3. Leica DMI3000 M [6]	14
Obrázek 4. Optika Leica [6]	14
Obrázek 5. Umístění optiky Leica [6]	15
Obrázek 6. Solární článek 50x, DIC [6]	15
Obrázek 7. Aktivní triangulační metoda 1D [16]	16
Obrázek 8. Schéma laserové hlavy pro 2D triangulaci [8].....	17
Obrázek 10. Laserový snímač [3]	17
Obrázek 9. Monochromatický CCD snímač typu FF [15].....	17
Obrázek 11. CLA snímač [9].....	18
Obrázek 12. Talysurf 2000, Talysurf 1000, Talysurf 500 [9].....	19
Obrázek 13. Síly AFM [20]	20
Obrázek 14. AFM schéma metod [2].....	20
Obrázek 15. AFM bezkontaktní režim [7].....	21
Obrázek 16. AFM hrot [12]	22
Obrázek 17. Největší výška výstupků profilu [4]	28
Obrázek 18. Největší hloubka prohlubní profilu [4].....	28
Obrázek 19. Největší výška profilu [4].....	29
Obrázek 20. Výška prvků profilu [4].....	29
Obrázek 21. Křivka materiálového poměru [17]	30
Obrázek 22. Základní délky drsnosti pro měření [5]	31
Obrázek 24. Štítek na nálevku	33
Obrázek 23. Štítek.....	33
Obrázek 25. Nálevky 17 a 17N.....	34
Obrázek 26. Nálevky 18 a 18N.....	35
Obrázek 27. Metalografický mikroskop Leica DMI3000 M	36
Obrázek 28. Umístění vzorku na Leica DMI3000 M	37
Obrázek 29. Před gama korekcí Obrázek 30. Po gama korekcí.....	38
Obrázek 31. Vada nálevky 17-5 ve 2D.....	40
Obrázek 32. Vada nálevky 17N-7 ve 2D	42
Obrázek 33. Vada nálevky 18-10 ve 2D.....	44

Obrázek 34. Vada nálevky 18N-6 ve 2D	46
Obrázek 35. Taylor & Hobson.....	47
Obrázek 36. Talysurf CLI 500.....	47
Obrázek 37. Umístění nálevky.....	48
Obrázek 38. Vynulování polohy	48
Obrázek 39. Velikost snímané plochy	48
Obrázek 40. Rychlost snímání	49
Obrázek 41. Vytvoření souboru.....	49
Obrázek 42. Vyrovnání povrchu Obrázek 43. Odfiltrování nerovnosti.....	50
Obrázek 44. Foto simulace povrchu nálevky.....	50
Obrázek 45. Nálevka 3D obraz.....	50
Obrázek 46. Konturový diagram	51
Obrázek 47. Nálevka 17-7	52
Obrázek 48. Nálevka 17-3	52
Obrázek 49. Nálevka 17-10	52
Obrázek 50. Nálevka 18-6	53
Obrázek 51. Nálevka 18-8	53
Obrázek 52. Nálevka 18-9	53
Obrázek 53. Nálevka 17N-7	54
Obrázek 54. Nálevka 17N-4	54
Obrázek 55. Nálevka 17N-9	54
Obrázek 56. Nálevka 18N-5	55
Obrázek 57. Nálevka 18N-4	55
Obrázek 58. Nálevka 18N-7	55
Obrázek 59. Statistické hodnoty pro nálevku 17-3.....	56
Obrázek 60. Boxplot vychýlené hodnoty R_a v podélném směru	57
Obrázek 61. Boxplot vychýlené hodnoty R_a v příčném směru.....	57
Obrázek 62. Test Normality pro R_p 17-3.....	58
Obrázek 63. Boxplot R_p v podélném a příčném směru.....	60
Obrázek 64. Boxplot R_v v podélném a příčném směru.....	60
Obrázek 65. Boxplot R_a v podélném a příčném směru.....	61
Obrázek 66. Rmr faktor na hloubce C v podélném směru při 20% opotřebení.....	70
Obrázek 67. Rmr faktor na hloubce C v příčném směru při 20% opotřebení	70

Obrázek 68. Rmr faktor na hloubce C v podélném směru při 60% opotřebení.....	71
Obrázek 69. Rmr faktor na hloubce C v příčném směru při 60% opotřebení	71
Obrázek 70. R_p v podélném směru u nálevek 17, 18.....	73
Obrázek 71. R_p v podélném směru u nálevek 17N, 18N	73
Obrázek 72. R_p v příčném směru u nálevek 17, 18.....	74
Obrázek 73. R_p v příčném směru u nálevek 17N, 18N.....	74
Obrázek 74. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18	75
Obrázek 75. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18.....	76
Obrázek 76. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N	77
Obrázek 77. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17N, 18N	78
Obrázek 78. R_v v podélném směru u nálevek 17, 18.....	79
Obrázek 79. R_v v podélném směru u nálevek 17N, 18N	79
Obrázek 80. R_v v příčném směru u nálevek 17, 18.....	80
Obrázek 81. R_v v příčném směru u nálevek 17N, 18N.....	80
Obrázek 82. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18	81
Obrázek 83. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18	82
Obrázek 84. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N	83
Obrázek 85. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17N, 18N	84
Obrázek 86. R_a v podélném směru u nálevek 17, 18	85
Obrázek 87. R_a v podélném směru u nálevek 17N, 18N	85
Obrázek 88. R_a v příčném směru u nálevek 17, 18.....	86
Obrázek 89. R_a v příčném směru u nálevek 17N, 18N	86
Obrázek 90. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17, 18	87
Obrázek 91. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18.....	88
Obrázek 92. Minitab Kruskal-Wallis podélné 17N, 18N	89
Obrázek 93. Minitab Kruskal-Wallis příčné 17, 18.....	90

Obrázek: 23 až 93, Zdroj: Vlastní

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Typy osvitu na Leica DMI3000 M [6]	15
Tabulka 2. Možné výsledky statistického testu [10].....	24
Tabulka 3. Grafické značení na přístroji Leica DMI3000M	36
Tabulka 4. Grafické výsledky nálevek 17 ve 2D	39
Tabulka 5. Grafické výsledky nálevek 17N ve 2D	41
Tabulka 6. Grafické výsledky nálevek 18 ve 2D	43
Tabulka 7. Grafické výsledky nálevek 18N ve 2D	45
Tabulka 8. Vyhodnocení testu normality P-value	59
Tabulka 9. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-3	62
Tabulka 10. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-3	63
Tabulka 11. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-7	63
Tabulka 12. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17-10	64
Tabulka 13. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-6	64
Tabulka 14. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-8	65
Tabulka 15. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18-9	65
Tabulka 16. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-4	66
Tabulka 17. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-7	66
Tabulka 18. Výsledky z TalyMap pro nálevku 17N-9	67
Tabulka 19. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-4	67
Tabulka 20. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-5	68
Tabulka 21. Výsledky z TalyMap pro nálevku 18N-7	68
Tabulka 22. Výsledky R_{mr} faktoru na hloubce C.....	69
Tabulka 23. Statistické hodnoty podélné R_p 17, 18.....	75
Tabulka 24. Statistické hodnoty příčné R_p 17, 18.....	76
Tabulka 25. Statistické hodnoty podélné R_p 17N, 18N	77
Tabulka 26. Statistické hodnoty příčné R_p 17N, 18N.....	78
Tabulka 27. Statistické hodnoty podélné R_v 17, 18.....	81
Tabulka 28. Statistické hodnoty podélné R_v 17, 18.....	82
Tabulka 29. Statistické hodnoty podélné R_v 17N, 18N	83
Tabulka 30. Statistické hodnoty příčné R_v 17N, 18N.....	84
Tabulka 31. Statistické hodnoty podélné R_a 17, 18	87
Tabulka 32. Statistické hodnoty příčné R_a 17, 18.....	88

Tabulka 33. Statistické hodnoty příčné R_a 17N, 18N.....	89
Tabulka 34. Statistické hodnoty příčné R_a 17N, 18N.....	90
Tabulka 35. Hodnota P pro R_p	91
Tabulka 36. Hodnota P pro R_v	91
Tabulka 37. Hodnota P pro R_a	91

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: HISTOGRAM 17-7

PŘÍLOHA P II: HISTOGRAM 17-10

PŘÍLOHA P III: HISTOGRAM 18-6

PŘÍLOHA P IV: HISTOGRAM 18-8

PŘÍLOHA P V: HISTOGRAM 18-9

PŘÍLOHA P VI: HISTOGRAM 17N-4

PŘÍLOHA P VII: HISTOGRAM 17N-7

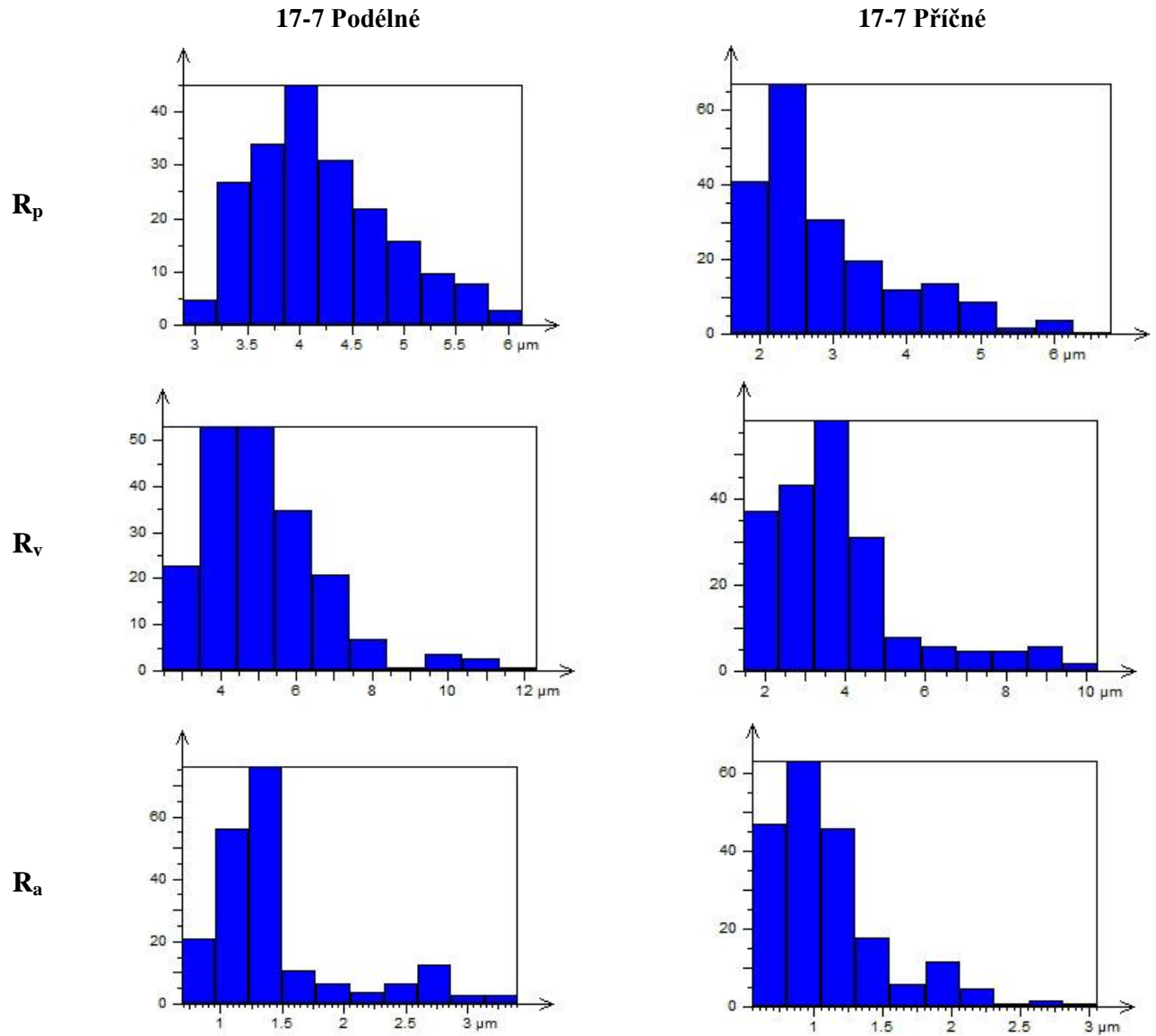
PŘÍLOHA P VIII: HISTOGRAM 17N-9

PŘÍLOHA P IX: HISTOGRAM 18N-4

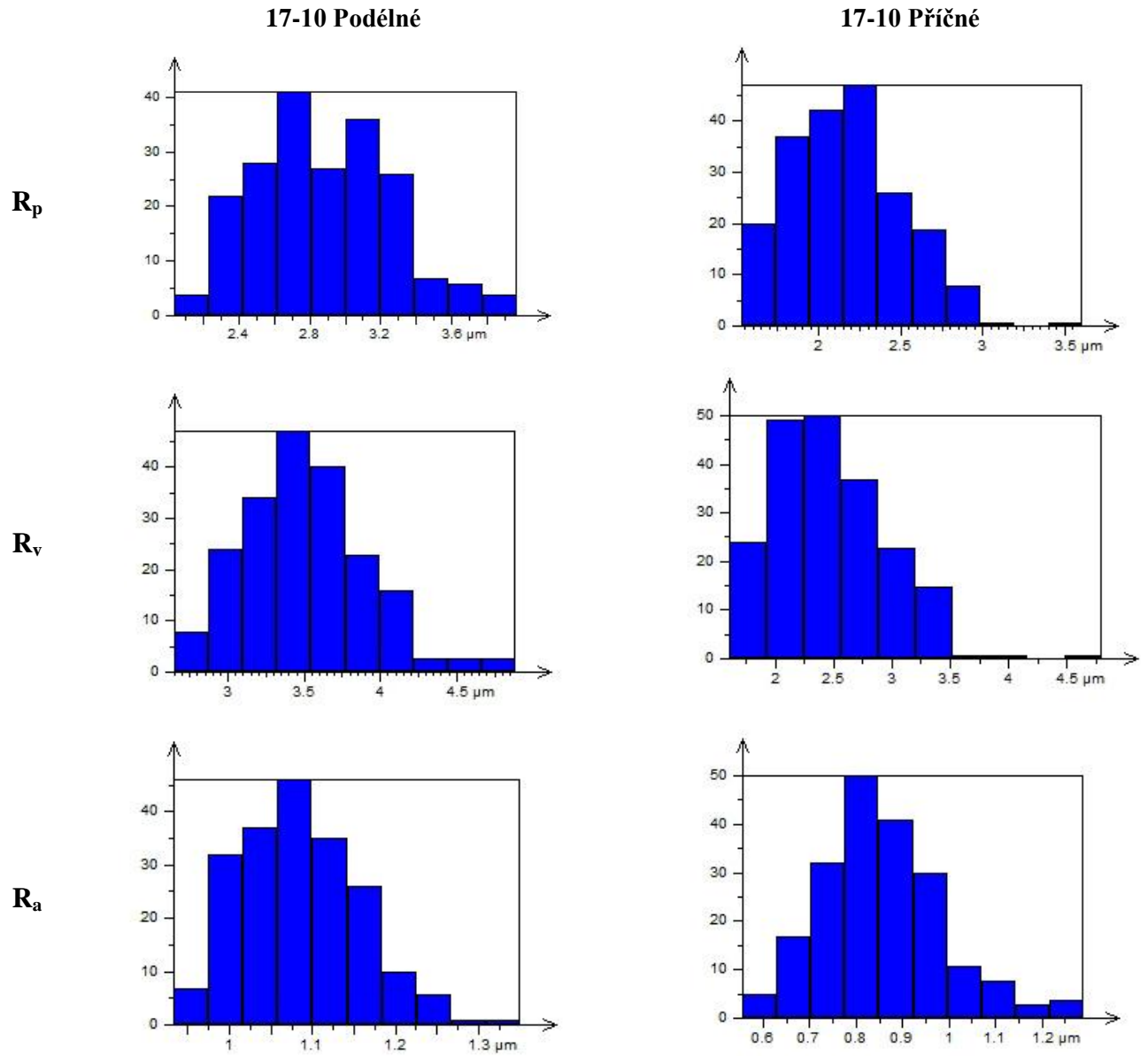
PŘÍLOHA P X: HISTOGRAM 18N-5

PŘÍLOHA P XI: HISTOGRAM 18N-7

PŘÍLOHA P I: HISTOGRAM 17-7

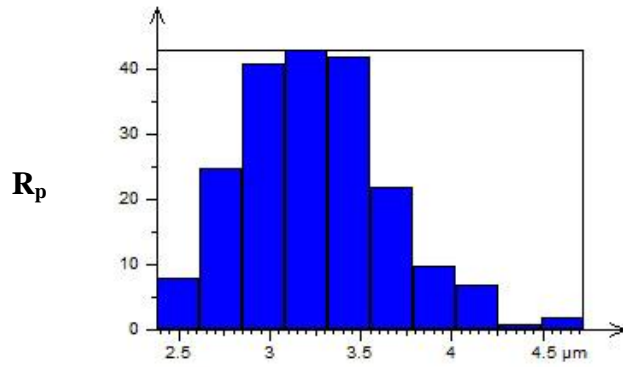


PŘÍLOHA P II: HISTOGRAM 17-10

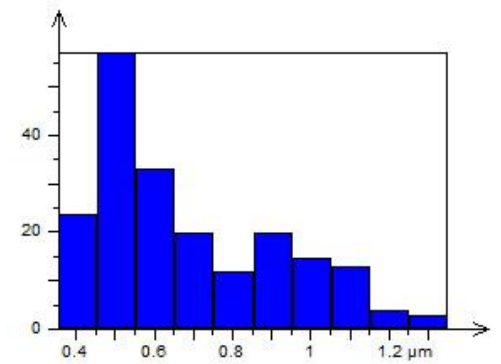
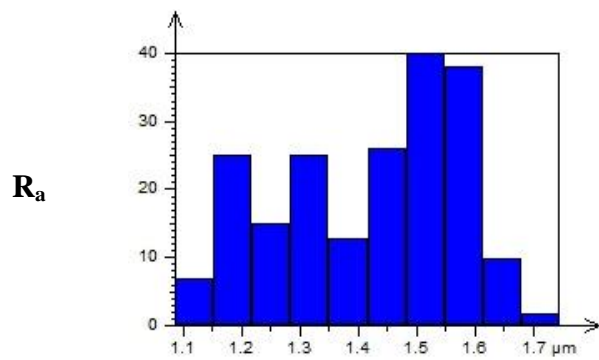
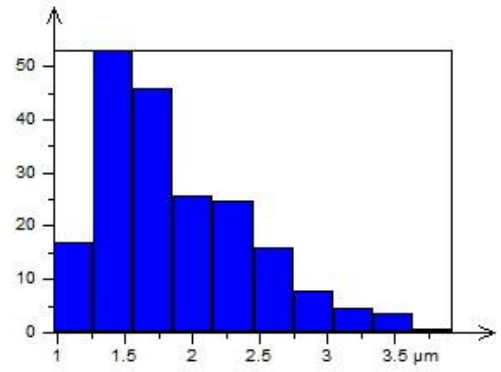
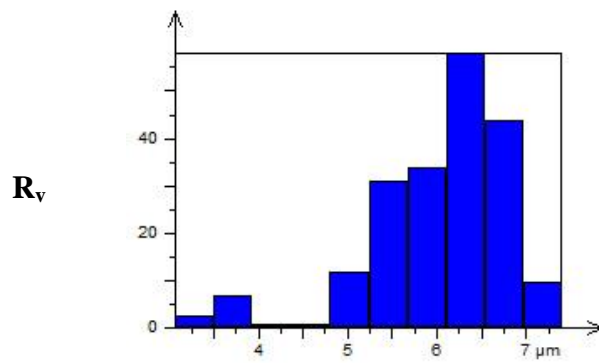
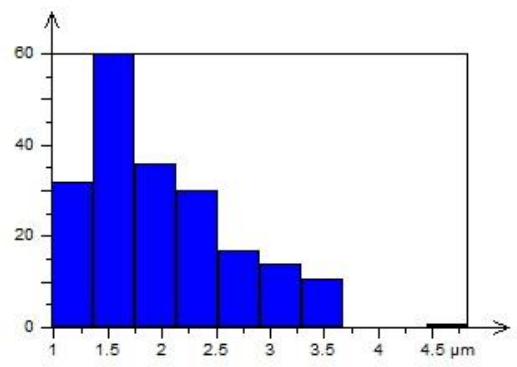


PŘÍLOHA P III: HISTOGRAM 18-6

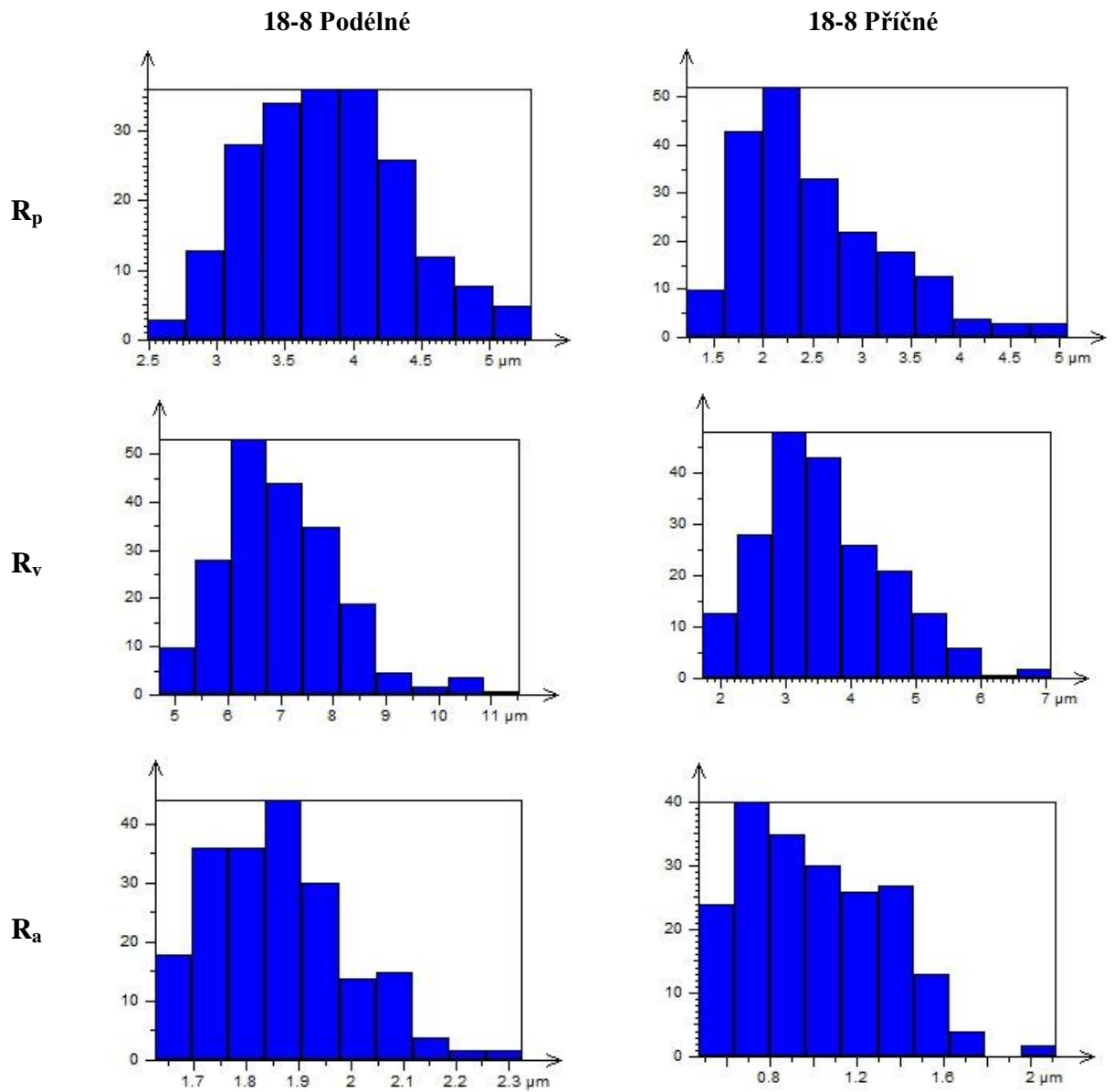
18-6 Podélné



18-6 Příčné

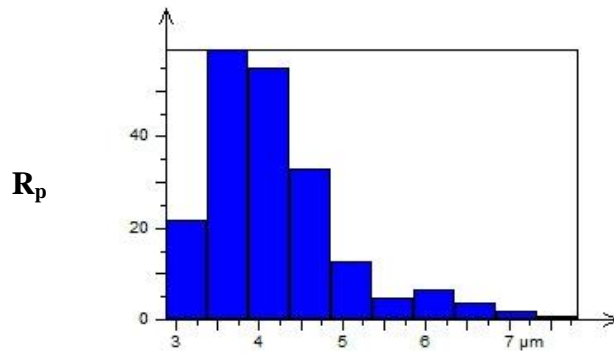


PŘÍLOHA P IV: HISTOGRAM 18-8

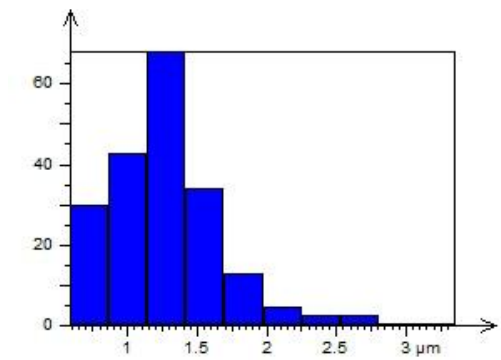
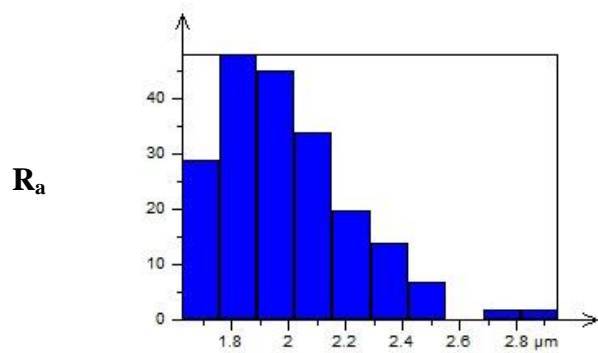
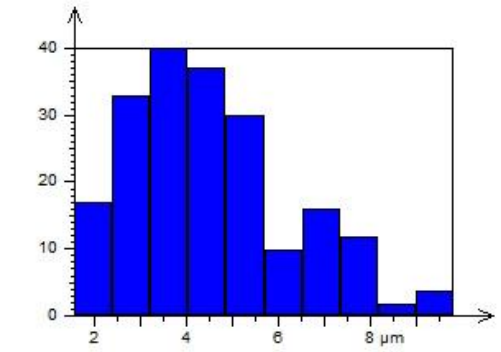
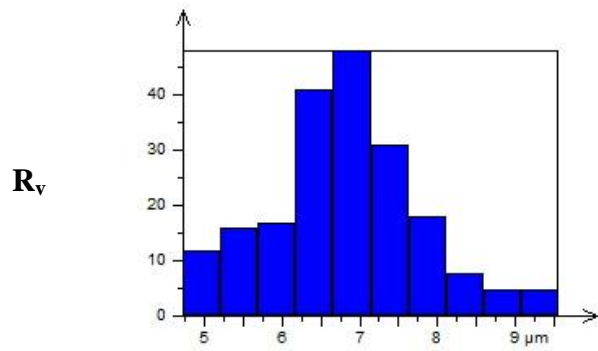
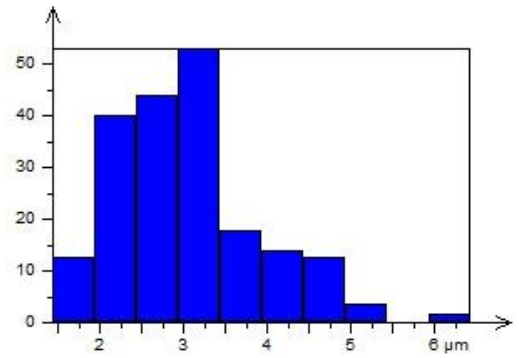


PŘÍLOHA P V: HISTOGRAM 18-9

18-9 Podélné

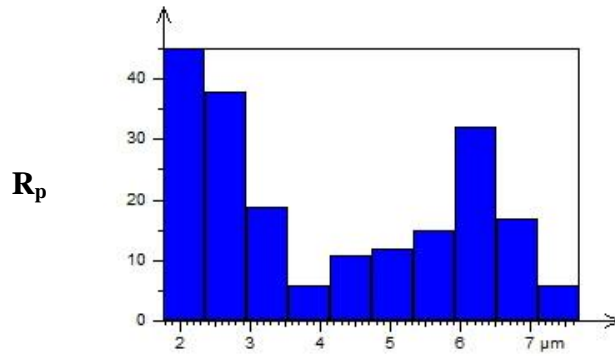


18-9 Příčné

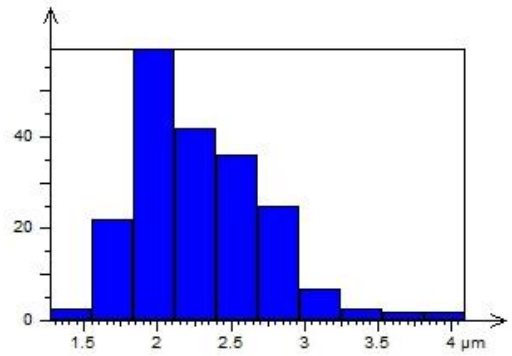


PŘÍLOHA P VI: HISTOGRAM 17N-4

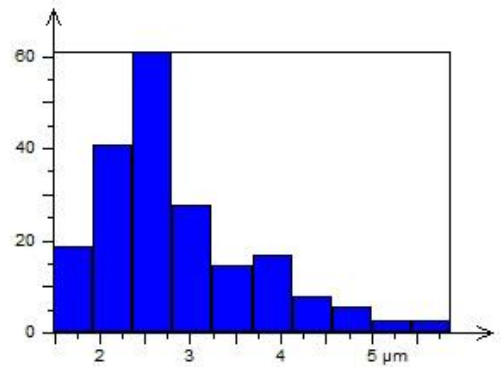
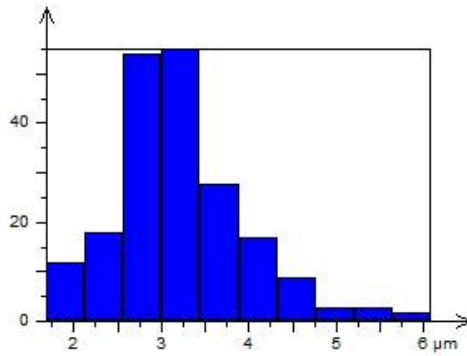
17N-4 Podélné



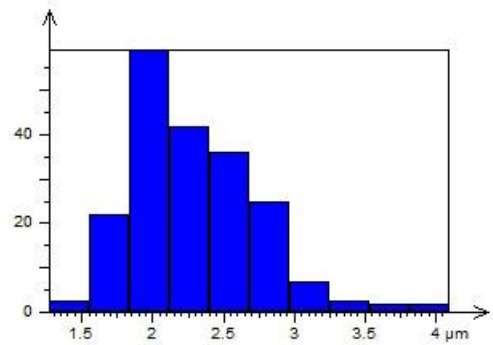
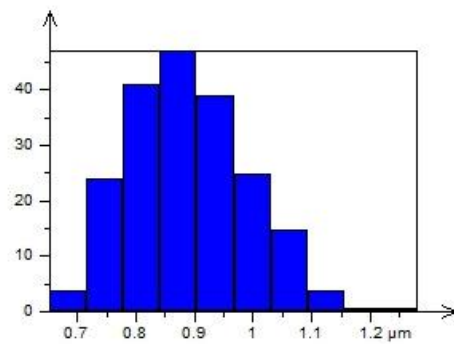
17N-4 Příčné



R_v

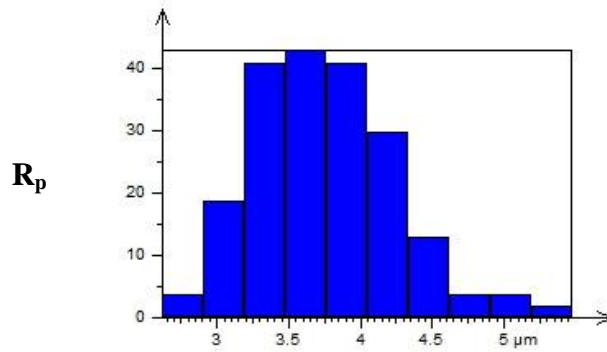


R_a

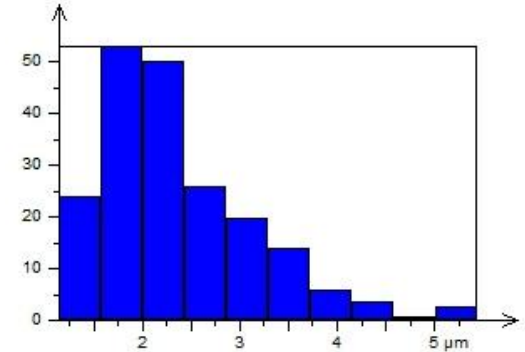


ŘÍLOHA P VII: HISTOGRAM 17N-7

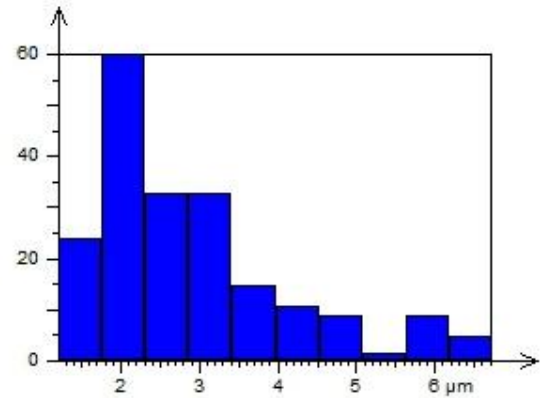
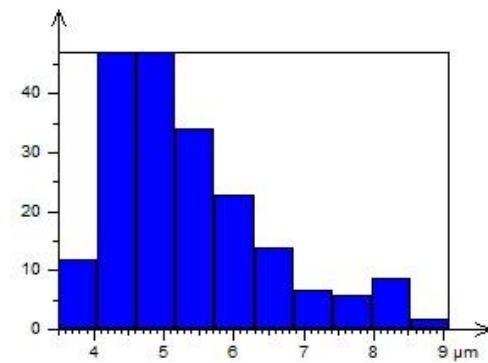
17N-7 Podélné



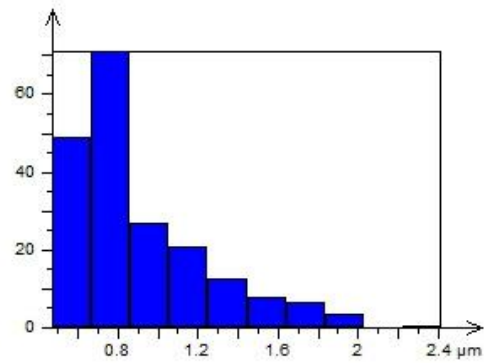
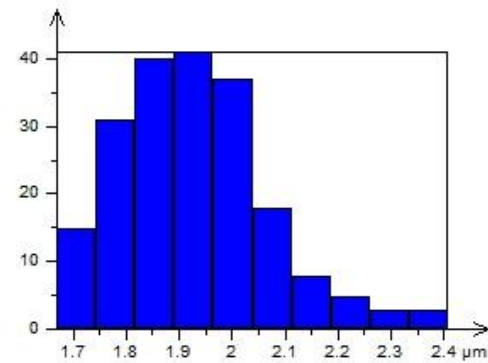
17N-7 Příčné



R_v

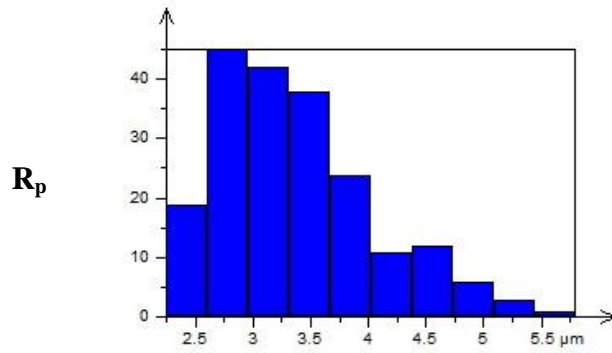


R_a

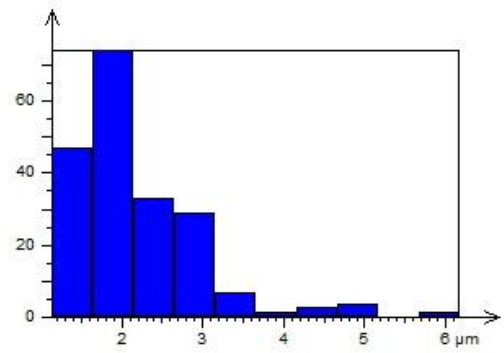


PŘÍLOHA P VIII: HISTOGRAM 17N-9

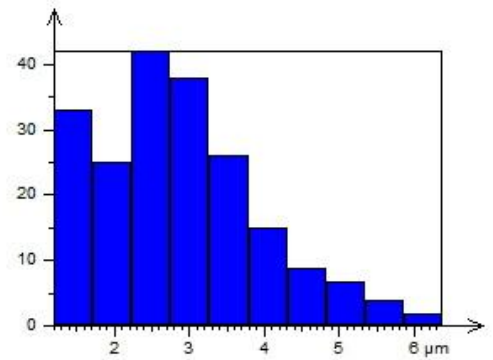
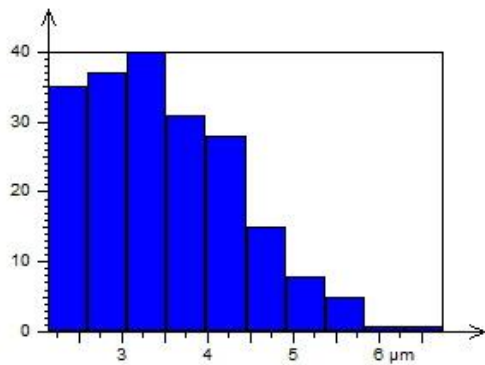
17N-9 Podélné



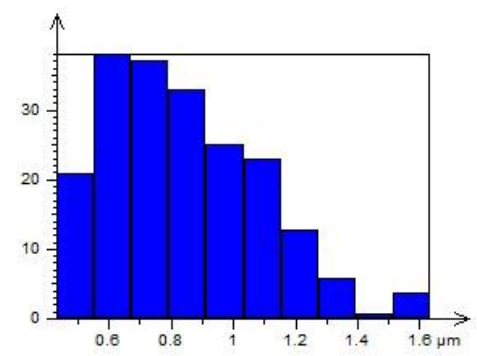
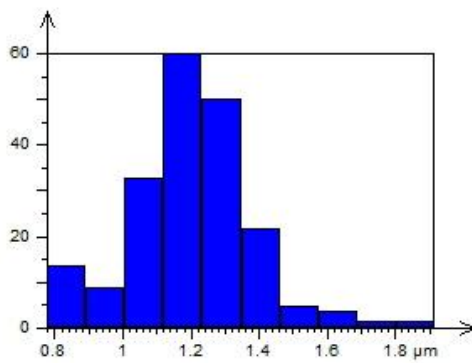
17N-9 Příčné



R_v

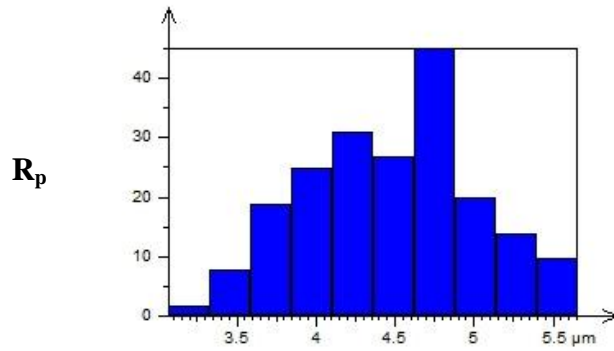


R_a

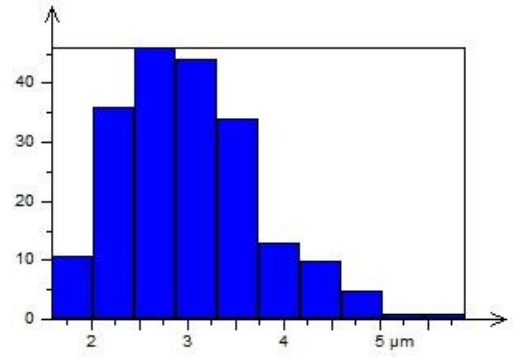


PŘÍLOHA P IX: HISTOGRAM 18N-4

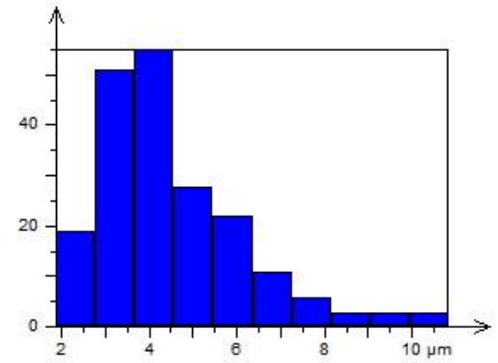
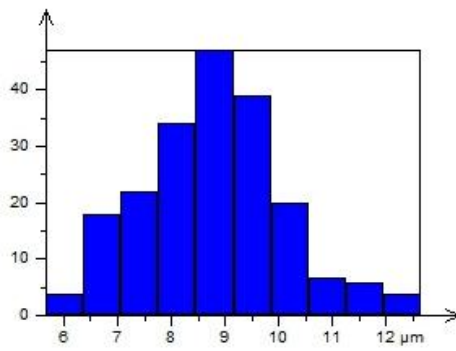
18N-4 Podélné



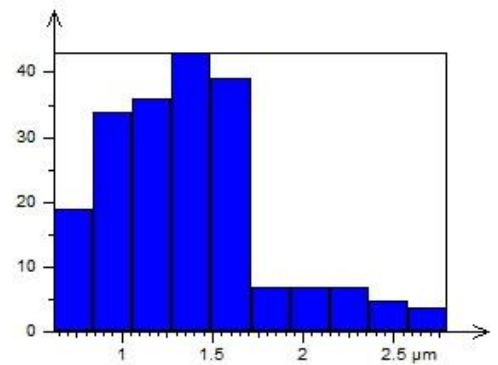
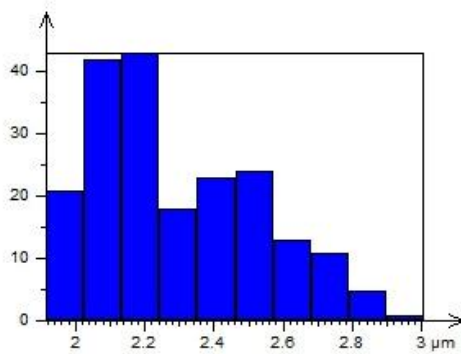
18N-4 Příčné



R_v

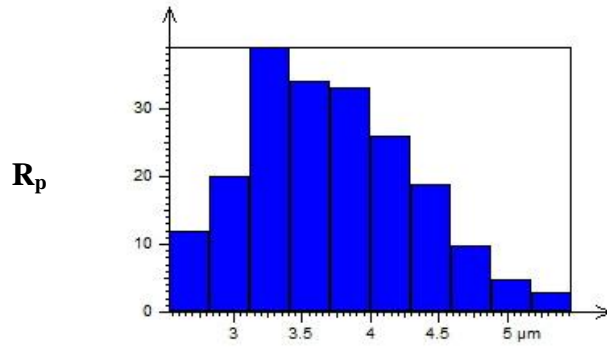


R_a

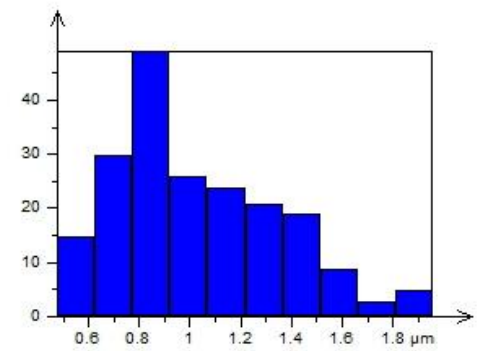
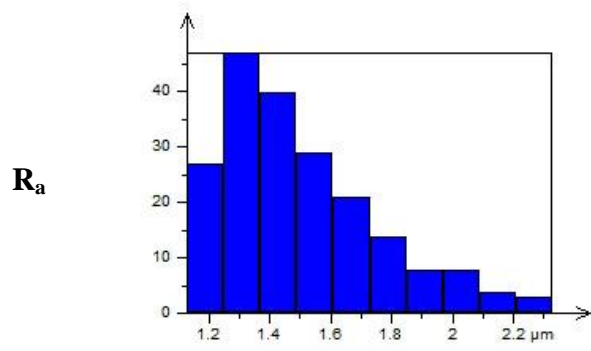
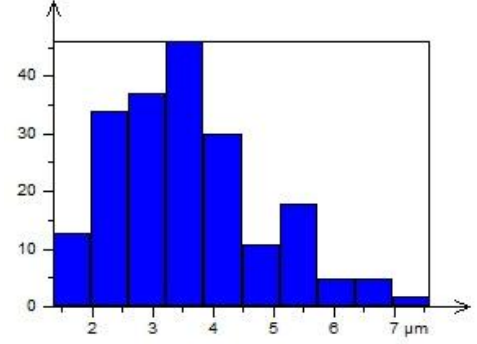
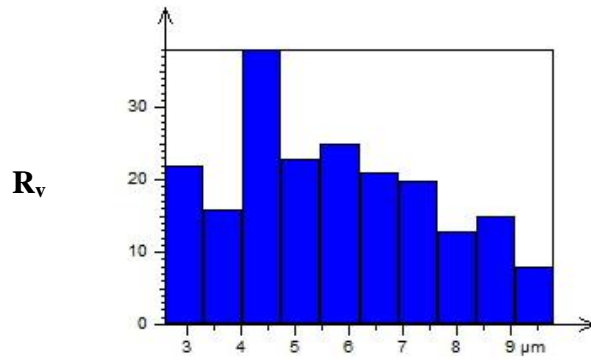
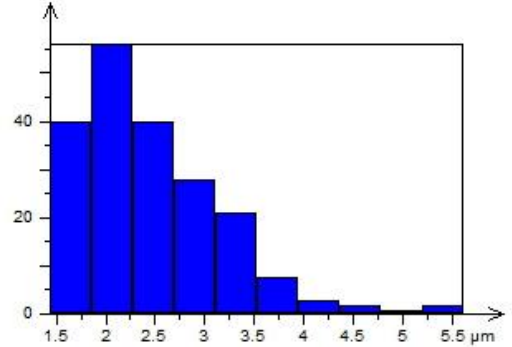


PŘÍLOHA P X: HISTOGRAM 18N-5

18N-5 Podélné

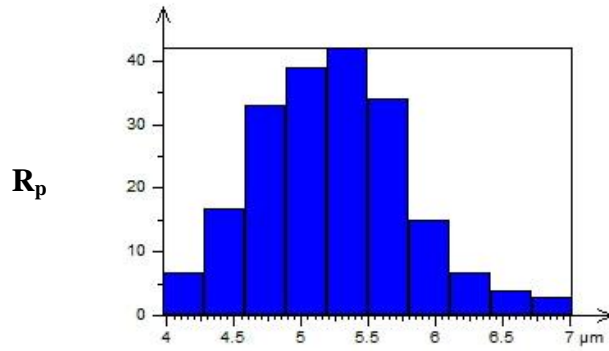


18N-5 Příčné



ŘÍLOHA P XI: HISTOGRAM 18N-7

18N-7 Podélné



18N-7 Příčné

