

Snímání a hodnocení jakosti broušeného povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem

Bc. Pavel Jurena

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel JURENA**
Osobní číslo: **T09571**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Téma práce: **Snímání a hodnocení jakosti broušeného povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část:

1. Popište způsoby snímání jakosti povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem dle ČSN EN ISO 4287 a ČSN ISO 25178.

2. Popište charakteristiky jakosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287 a dle ČSN ISO 25178

Praktická část:

1. Navrhněte vhodný testovací materiál a nástroj včetně podmínek pro broušení obvodem kotouče

2. Změřte vybrané parametry jakosti povrchu na obrobených plochách a staticky je vyhodnoťte

3. Sestavte korelační závislost pro měření kontaktními a bezkontaktními přístroji

4. Provedte ekonomické vyhodnocení

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle zadání vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Vladimír Pata
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

14. února 2011

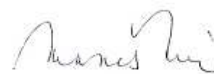
Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2011

Ve Zlíně dne 11. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

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

.....

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 nevydělečně 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 dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího 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). Odpirá-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

Diplomová práce se zabývá měřením drsnosti povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem. Teoretická část je zaměřena na základní pojmy a definice, hodnocení drsnosti povrchu, měření a integritu broušeného povrchu. V praktické části bylo provedeno měření dvou vzorků z materiálů 102Cr6 a X210Cr12 obroběnými různými posuvy a konstantní řeznou rychlostí na brusce BRH 20.03F. Dále následovalo statistické vyhodnocení naměřených dat za účelem určení korelačních diagramů kontaktního a bezkontaktního způsobu měření. Na závěr praktické části bylo provedeno srovnání výsledků a provedeno ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: Drsnost povrchu, Integrita broušeného povrchu, 3D drsnost povrchu, Měřicí technika Taylor Hobson Ltd., filtrace profilu, Abbot – Firestonova křivka, pravidlo 16 – ti % a pravidlo maxima.

ABSTRACT

This thesis deals with the measurement of surface roughness of contact and non - contact measurement method. The theoretical part is focused on basic concepts and definitions, assessment of surface roughness, measurement and integrity ground surface. The practical measurement were taken from two samples of materials 102Cr6 and X210Cr12 machined by various feeds and constant cutting speed on grinding machine BRH 20.3 – F. Followed by a statistical evaluation of measuring data to determine the correlation diagrams contact and non - contact measurement method. At the conclusion of the practical part was carried out comparison of results and economic evaluation.

Keywords: Roughness of surface, Integrity of ground surface, 3D roughness of surface, measurement technique Taylor Hobson Ltd., filtration profile, Abbot – Firestone curve, Rule 16 – % and the maximum rule.

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat také panu Ing. Jiřímu Šálkovi za pomoc při práci na praktické části mé diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	15
I TEORETICKÁ ČÁST	16
1 JAKOST POVRCHU	17
1.1 ZÁKLADNÍ ČSN EN ISO NORMY TÝKAJÍCÍ SE STRUKTURY POVRCHU.....	17
1.2 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE	18
1.2.1 Parametry povrchu profilu.....	19
1.2.2 Profily.....	19
1.2.3 Filtrace profilu.....	20
1.2.4 Střední čára.....	20
1.2.5 Schéma měřicí dráhy snímače	20
1.2.6 Vztah mezi základní vyhodnocovanou délkou.....	21
1.2.7 Vliv různé hodnoty základní délky	22
1.2.8 Vliv vertikálního a horizontálního zvětšení na profil povrchu	22
1.2.9 Parametry profilu nerovnosti.....	22
1.2.10 Největší hloubka prohlubní profilu R_v	23
1.2.11 Největší výška profilu R_p	23
1.2.12 Největší výška profilu R_z	23
1.2.13 Celková výška profilu R_t	24
1.2.14 Průměrná aritmetická úchylka profilu R_a	24
1.2.15 Problém hodnoty R_a	25
1.2.16 Průměrná kvadratická úchylka profilu R_q	25
1.2.17 Průměrná výška prvku profilu R_c	26
1.2.18 Průměrná šířka prvků profilu R_{sm}	26
1.2.19 Šikmost posuzovaného profilu R_{sk} a Špičatost posuzovaného profilu R_{ku}	27
1.2.20 Materiálový poměr R_{mr}	28
1.2.21 Abbot – Firestonova křivka.....	29
1.3 METODY KONTROLY TEXTURY POVRCHU	29
1.3.1 Schéma měřicí smyčky.....	29
1.3.2 Měřicí dotyk snímače	30
1.3.3 Problematika snímání drsnosti povrchu kontaktním způsobem dle normy ČSN EN ISO 4288 z r. 1999.....	30
1.4 PRAVIDLA PRO HODNOCENÍ STRUKTURY POVRCHU	31
1.5 PRAVIDLO 16 – TI % A PRAVIDLO MAXIMA.....	31
1.6 POSTUP PRO KONTROLU A MĚŘENÍ PARAMETRŮ PROFILU DRSNOSTI DOTYKOVÝMI PŘÍSTROJI	32
2 PROSTOROVÉ MĚŘENÍ A HODNOCENÍ TEXTURY POVRCHU PŘÍSTROJI TAYLOR HOBSON LTD.	33
2.1 3D CHARAKTERISTIKA POVRCHU	33
2.2 MĚŘICÍ TECHNIKA TAYLOR HOBSON LTD.....	34
2.2.1 Měřicí systém Taysurf CLI.....	35

2.3	VOLBA VHODNÉHO MĚŘICÍHO SYSTÉMU	36
2.3.1	CLA snímač.....	37
2.3.2	Indukční snímač	37
2.3.3	Laserový snímač.....	38
2.4	PROGRAM TALYMAP	39
2.4.1	Parametry programu Talymap.....	40
3	INTEGRITA BROUŠENÉHO POVRCHU.....	44
3.1	PROCES OBRÁBĚNÍ	44
3.1.1	Broušení	44
3.2	CHARAKTERISTICKÉ VELIČINY PROCESU OBRÁBĚNÍ.....	46
3.3	INTEGRITA POVRCHOVÉ VRSTVY	46
3.4	VLIVY PŮSOBÍCÍ NA SLOŽKY INTEGRITY POVRCHOVÉ VRSTVY.....	47
3.4.1	Oblast primární plastické deformace.....	47
3.4.2	Oblast sekundární plastické deformace.....	48
3.4.3	Oblast styku hřbetu a obrobené plochy	49
3.5	SLOŽKY INTEGRITY POVRCHU.....	50
3.5.1	Geometrická přesnost.....	50
3.5.2	Zbytková napětí.....	50
3.5.3	Změny tvrdosti v povrchové vrstvě.....	51
3.5.4	Změny struktury	51
3.5.5	Opaly a trhliny.....	52
II	PRAKTICKÁ ČÁST	53
4	CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	54
5	POUŽITÝ OBRÁBĚCÍ STROJ A MĚŘICÍ PŘÍSTOJE.....	55
5.1	ROVINNÉ BROUŠENÍ OBVODEM KOTOUČE	55
5.1.1	Rovinná bruska BRH 20.03 F	55
5.1.2	Volba broušicímho kotouče.....	56
5.1.3	Technologické podmínky pro broušení.....	56
5.1.4	Zvolený testovací materiál a jeho charakteristika	57
5.1.5	Příklad značení jednotlivých vzorků.....	58
5.2	POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE.....	58
5.2.1	Dotykový měřicí přístroj Mitutoyo SJ – 301.....	58
5.2.2	Kalibrace dotykového měřicího přístroje Mitutoyo SJ – 301	59
5.2.3	Talysurf CLI 500	60
5.2.4	Obsluha přístroje Talysurf CLI 500	62
5.2.5	Výsledky měření na přístroji Talysurf CLI 500.....	64
6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	66
6.1	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRO OCEL 102Cr6 A HLOUBKU TRÍSKY 0,01 MM	66
6.1.1	Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	66
6.1.2	Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	66
6.1.3	Krabicový diagram Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ	67

6.1.4	Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	67
6.1.5	Krabicový diagram Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	68
6.1.6	Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	68
6.1.7	Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	69
6.1.8	Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	69
6.1.9	Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	70
6.1.10	Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	70
6.1.11	Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	71
6.1.12	Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	71
6.1.13	Krabicové diagramy Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	72
6.1.14	Popisné charakteristiky Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	72
6.1.15	Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	73
6.1.16	Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	73
6.1.17	Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	74
6.1.18	Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	74
6.1.19	Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	75
6.1.20	Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	75
6.1.21	Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	76
6.1.22	Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	76
6.1.23	Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	77
6.1.24	Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	77
6.1.25	Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	78
6.1.26	Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	78
6.1.27	Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	79
6.1.28	Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	79
6.1.29	Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	80
6.1.30	Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	80
6.1.31	Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ.....	81
6.1.32	Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ.....	81
6.1.33	Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,01 pro kontaktní a bezkontaktní měření.....	82
6.1.34	Korelační diagramy Ra_SJ_0,01 a Ra_VZ_0,01 pro ocel 102Cr6.....	83

6.2	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRO OCEL 102Cr6 A HLOUBKU TRŽSKY 0,02 MM.....	86
6.2.1	Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	86
6.2.2	Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	86
6.2.3	Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	87
6.2.4	Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	87
6.2.5	Krabicové diagramy Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	88
6.2.6	Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	88
6.2.7	Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	89
6.2.8	Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	89
6.2.9	Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	90
6.2.10	Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	91
6.2.11	Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	91
6.2.12	Krabicové diagramy Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	92
6.2.13	Popisné charakteristiky Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	92
6.2.14	Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	93
6.2.15	Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	93
6.2.16	Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	94
6.2.17	Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	94
6.2.18	Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	95
6.2.19	Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	95
6.2.20	Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	96
6.2.21	Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	96
6.2.22	Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	97
6.2.23	Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	97
6.2.24	Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	98
6.2.25	Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	98
6.2.26	Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	99
6.2.27	Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	99
6.2.28	Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	100
6.2.29	Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	100
6.2.30	Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ.....	101
6.2.31	Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ ...	101

6.2.32	Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,02 pro kontaktní a bezkontaktní měření.....	102
6.2.33	Korelační diagramy Ra_SJ_0,02 a Ra_VZ_0,02 pro ocel 102Cr6	103
6.3	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRO OCEL X210Cr12 A HLOUBKU TRÍSKY 0,01 MM 105	
6.3.1	Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	105
6.3.2	Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	105
6.3.3	Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	106
6.3.4	Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	106
6.3.5	Krabicové diagramy Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ....	107
6.3.6	Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	107
6.3.7	Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	108
6.3.8	Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	108
6.3.9	Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	109
6.3.10	Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	109
6.3.11	Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	110
6.3.12	Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	110
6.3.13	Krabicové diagramy Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	111
6.3.14	Popisné charakteristiky Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	111
6.3.15	Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	112
6.3.16	Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	112
6.3.17	Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	113
6.3.18	Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	113
6.3.19	Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	114
6.3.20	Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	114
6.3.21	Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	115
6.3.22	Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	115
6.3.23	Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	116
6.3.24	Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ...	116
6.3.25	Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	117
6.3.26	Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	117
6.3.27	Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	118

6.3.28	Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	118
6.3.29	Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	119
6.3.30	Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	119
6.3.31	Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ.....	120
6.3.32	Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ ...	120
6.3.33	Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,01 pro kontaktní a bezkontaktní měření.....	121
6.3.34	Korelační diagramy Ra_SJ_0,01 a Ra_VZ_0,01 pro ocel X210Cr12.....	122
6.4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRO OCEL X210Cr12 A HLOUBKU TŘÍSKY 0,02 MM 124	
6.4.1	Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	124
6.4.2	Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	124
6.4.3	Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	125
6.4.4	Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	125
6.4.5	Krabicové diagramy Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ	126
6.4.6	Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	126
6.4.7	Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	127
6.4.8	Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ.....	127
6.4.9	Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	128
6.4.10	Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	128
6.4.11	Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	129
6.4.12	Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	129
6.4.13	Krabicové diagramy Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	130
6.4.14	Popisné charakteristiky Rq_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	130
6.4.15	Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	131
6.4.16	Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ.....	131
6.4.17	Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	132
6.4.18	Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ.....	132
6.4.19	Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	133
6.4.20	Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ.....	133
6.4.21	Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	134
6.4.22	Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ.....	134

6.4.23	Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ.....	135
6.4.24	Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ ...	135
6.4.25	Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	136
6.4.26	Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ.....	136
6.4.27	Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	137
6.4.28	Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ.....	137
6.4.29	Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ	138
6.4.30	Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ.....	138
6.4.31	Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ.....	139
6.4.32	Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ ...	139
6.4.33	Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,02 pro kontaktní a bezkontaktní měření.....	140
6.4.34	Korelační diagramy Ra_SJ_0,02 a Ra_VZ_0,02 pro ocel X210Cr12.....	141
6.5	POSTUP TESTOVÁNÍ KORELACE MEZI KONTAKTNÍM A BEZKONTAKTNÍM ZPŮSOBEM Z EKONOMICKÝCH DŮVODŮ	143
ZÁVĚR		144
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		145
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		147
SEZNAM OBRÁZKŮ		150
SEZNAM TABULEK.....		156
SEZNAM PŘÍLOH.....		157

ÚVOD

Vývoj měření a hodnocení struktury povrchu zaznamenaly v uplynulých několika letech výrazný kvalitativní technický pokrok. Přední výrobci měřicí techniky aktivně reagovali na nové požadavky na kvalitu funkčních povrchů součástí z progresivních konstrukčních materiálů spojenou s vysokou přesností rozměrů, tvaru a vzájemné polohy často malých funkčních ploch. Vývoj měřicí techniky je výrazně ovlivňován i technickými potřebami uživatelů a jejich ekonomickými možnostmi. Vzhledem k tomu, že se pro kontrolu struktury povrchu používají jednoúčelová měřicí zařízení, je zřejmé, že se jejich výrobci spolupodílejí na zvyšování kvalitativní úrovně metrologie daného zaměření. Výsledkem komplexního vývoje je nejen zvyšování technické úrovně stávajících měřicích a vyhodnocovacích prostředků pro strukturu povrchu, ale i příprava nových metodik a měřicích systémů.

Výrobci měřicí techniky nabízejí široký sortiment přístrojů, které pokrývají celou aplikační oblast - od jednoduchých dílenských měřidel (měření 1 až 5 parametrů drsnosti povrchu) až po měřicí systémy určené pro laboratorní měření a analýzy, jež vyhodnocují desítky parametrů měření základního profilu, drsnosti povrchu, vlnitosti, tvaru, příp. i rozměrů povrchu. [7]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 JAKOST POVRCHU

Důležitým úkolem technologie je zajištění požadované jakosti výrobku. Pojem jakost v sobě zahrnuje nejen rozměrovou, geometrickou přesnost, ale i vlastnosti povrchové vrstvy a změny, které v povrchové vrstvě nastávají. Funkční plocha, která je dokončená některou technologickou operací má svou jakost, tj. rozměr, tvar a drsnost.

Jakost – objektivní hodnocení – komparační

– přímé – kontaktní

– bezkontaktní

– subjektivní – barva

– vzhled

– atd.

Drsnost povrchu je určena zejména řeznou rychlostí, velikostí posuvů a hloubkou třísky, dále použitou technologií (definována nástrojem a jeho geometrií, typem pohybů, způsobem řezání atd.), použitým prostředím probíhajícího procesu, obráběným materiálem. Profil drsnosti povrchu je vytvářen pravidelným odběrem třísky obráběcím materiálem a nepravidelnostmi, které způsobuje určitá drsnost povrchu nástroje, lomy částic materiálu, lomy a opotřebení nástroje, změny na nástroji, tvrdé částice třísky, které působí abrazivně na obráběný povrch. [2]

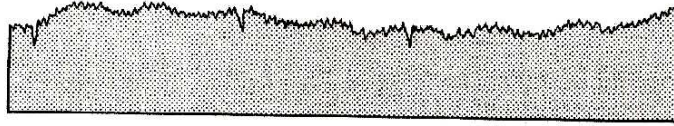
1.1 Základní ČSN EN ISO normy týkající se struktury povrchu

Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu	ČSN EN ISO 4287 01 4450
Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu	ČSN EN ISO 4288 01 4449

Obrázek 1. Normy týkající se struktury povrchu

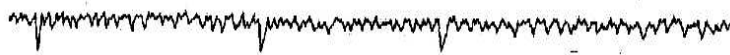
1.2 Základní pojmy a definice

Strukturou povrchu, dříve též nazývanou drsností povrchu, se rozumí část geometrických úchylek skutečného povrchu s poměrně malou vzdáleností sousedních nerovností.



Obrázek 2. Skutečný profil povrchu

Mikronerovnost - jemná nerovnost (**drsnost povrchu**) - je dána stopami, které zanechává řezný nástroj, případně brusivo



Obrázek 3. Jemná nerovnost (drsnost povrchu)

Makronerovnost - rozlehlejší periodická nerovnost (**vlnitost povrchu**) - nejčastěji způsobují vibrace soustavy *Stroj - Nástroj - Obrobek – Prostředí*



Obrázek 4. Vlnitost povrchu

- U obrobených povrchů ploch se tyto nerovnosti navzájem překrývají.
- Vady povrchu způsobené náhodným poškozením (rýhy) nebo vady materiálu (trhliny, póry) se do struktury povrchu nezahrnují.

TVAR - obecný tvar povrchu při vyloučení drsnosti a vlnitosti (tyto úchytky mohou být způsobeny nedostatečnou tuhostí, špatnou přímostí vodících ploch, nebo teplem vzniklým během výrobního procesu, které může způsobit deformaci obrobené plochy).



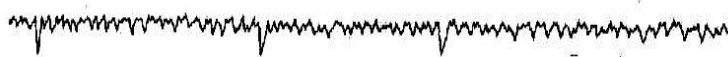
Obrázek 5. Obecný tvar povrchu

VLNITOST- je ta část textury, na které je nanesena (vytvořena) drsnost. To může být způsobeno chvěním, deformací obrobku a zpevněním materiálu (je spíše považována za vliv stroje, např. nevyváženosti brousícího kotouče, nepřesností vodících částí nebo malou tuhostí).



Obrázek 6. Vlnitost povrchu

DRSNOST - jsou nepravidelnosti, které jsou výsledkem výrobního procesu (je výsledkem vzájemného relativního pohybu mezi nástrojem a obrobkem). Povrch je ale také ovlivněn mechanismem tvoření třísky, což se projevuje například vytrháváním částic materiálu a to ovlivňuje náhodný charakter povrchu.



Obrázek 7. Drsnost povrchu

1.2.1 Parametry povrchu profilu

P – parametr: je parametr vypočítaný ze základního profilu

R – parametr: je parametr vypočítaný z profilu drsnosti

W – parametr: je parametr vypočítaný z profilu vlnitosti

1.2.2 Profily

Základní profil (P – profil): je základem pro hodnocení parametrů základního profilu, získá se potlačením krátkovlnných složek profilu povrchu filtrem λ_s .

Profil drsnosti (R – profil): je profil odvozený ze základního profilu potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru λ_c a úplně nejkratších vlnových složek λ_s .

Profil vlnitosti (W – profil): je profil odvozený postupnou aplikací filtru profilu λ_f a filtru profilu λ_c na základní profil, potlačující dlouhovlnné složky filtrem λ_f a krátkovlnné složky filtrem profilu λ_c .

1.2.3 Filtrace profilu

Strukturu povrchu můžeme rozdělit podle velikosti rozteče, nejdříve ji ale musíme separovat. Separace se provede jejich filtrováním.

Filtr profilu - jako filtr rozdělující profily na dlouhovlnné a krátkovlnné složky. Rozeznáváme tři druhy filtrování povrchu.

λ_s filtr profilu – jako filtr definující rozhraní mezi drsností a kratšími složkami vln přítomnými na povrchu.

λ_c filtr profilu – jako filtr určující rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti

λ_f filtr profilu – jako filtr určující rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomnými na povrchu

Cut – off – je mezní vlnová délka filtru profilu [16]

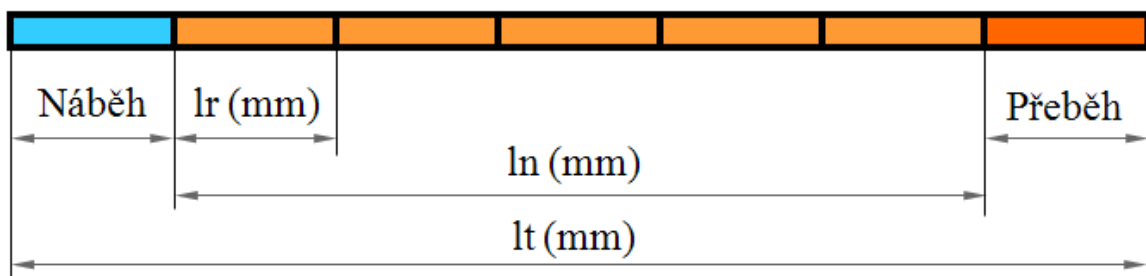
1.2.4 Střední čára

Střední čára - čára probíhající středem vrcholů a prohlubní, kdy součet ploch ohraničených profilem nerovnosti nad touto čarou je roven součtu ploch pod touto čarou.

Pro přesnější určení střední čáry se používá výpočet pomocí metody nejmenších čtverců. Poloha vztažné čáry je určena tak, že součet čtverců úchylek této čáry je minimální; její poloha je jiná než poloha střední čáry podle plochy - je totiž jednoznačně určena.

1.2.5 Schéma měřicí dráhy snímače

Náběh = l_r (mm) $l_n = n \times l_r$ (mm) $l_t = l_n + 2 \times l_r$ (mm) Přeběh = l_r (mm)



Obrázek 8 Měřicí dráha snímače

l_r (mm) – základní délka profilu drsnosti

l_n (mm) – vyhodnocovaná délka profilu

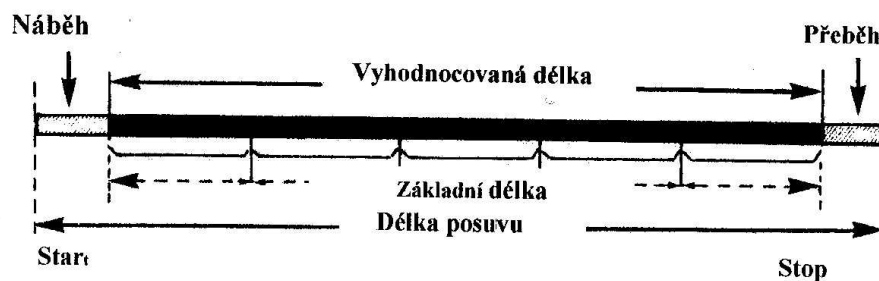
l_t (mm) – celková délka snímání

n (-) – počet základních délek /1;3;5/

Základní délka l_r (mm) je délka ve směru osy \underline{X} , použitá pro rozpoznání nerovností charakterizujících vyhodnocovaný profil drsnosti.

Vyhodnocovaná délka l_n (mm) je délka ve směru osy X , použitá pro posouzení vyhodnocovaného profilu.

1.2.6 Vztah mezi základní vyhodnocovanou délkou



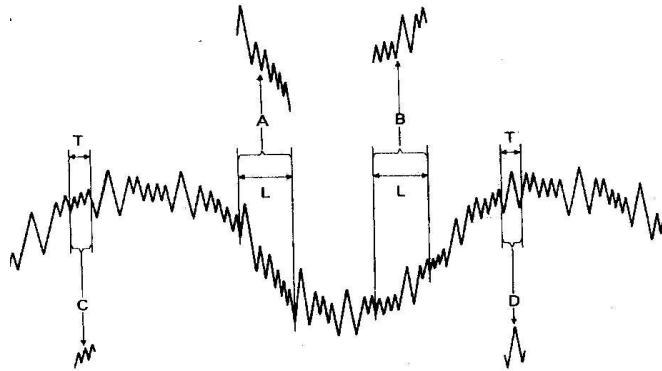
Obrázek 9. Základní a vyhodnocovaná délka

Základní délka – délka povrchu, na které jsou snímány parametry; není stejná jako délka zdvihu (posuvu).

Vyhodnocovaná délka – délka, na které je provedeno měření. Tato délka může zahrnovat několik základních délek. Výsledek je potom průměr z celkové měřené délky.

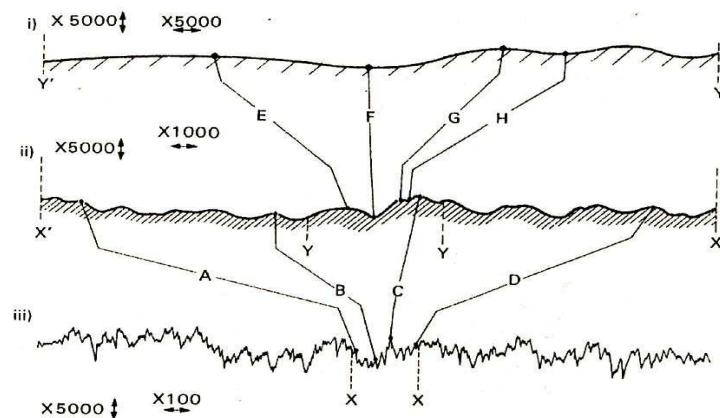
Délka zdvihu (posuvu) – tato délka bývá normálně větší než délka vyhodnocovaná. Vzhledem k tomu, že je nutno uvažovat určitou délku náběhu a přeběhu měřícího snímače.

1.2.7 Vliv různé hodnoty základní délky



Obrázek 10. Různé hodnoty základní délky

1.2.8 Vliv vertikálního a horizontálního zvětšení na profil povrchu



Obrázek 11. Vliv zvětšení na profil povrchu

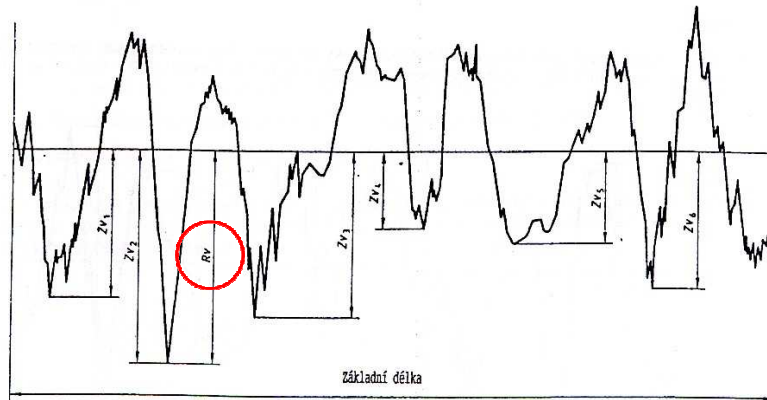
1.2.9 Parametry profilu nerovnosti

Dělí se do následujících skupin:

- **Amplitudové** (výškové) parametry, které určují pouze velikosti vrcholů nebo prohlubní, resp. obojí, bez ohledu na rozteč (např. R_a);
- **Frekvenční** parametry (v podélném směru), které se určují pouze při roztečích nepravidelností podél plochy (např. Průměrná šířka prvků profilu R_{sm});
- **Hybridní** parametry, které jsou určeny kombinací amplitudy a rozteče (např. střední vlnová délka).

1.2.10 Největší hloubka prohlubní profilu R_v

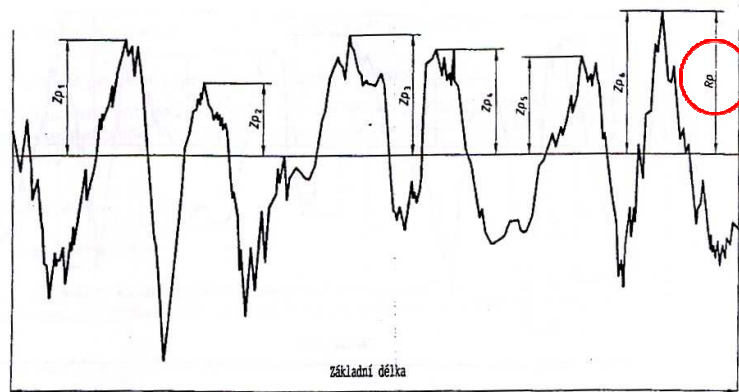
Patří mezi výškové parametry (výstupky a prohlubně). R_v (μm) je největší hloubka prohlubně profilu v rozsahu základní délky.



Obrázek 12. Největší hloubka prohlubní profilu R_v

1.2.11 Největší výška profilu R_p

Patří mezi výškové parametry (výstupky a prohlubně). R_p (μm) je největší výška výstupku profilu v rozsahu základní délky.

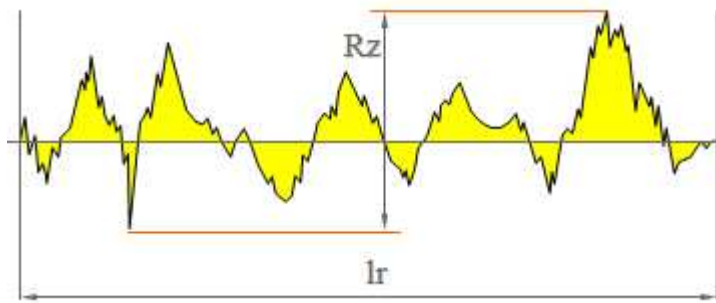


Obrázek 13. Největší výška profilu R_p

1.2.12 Největší výška profilu R_z

Patří mezi výškové parametry (výstupky a prohlubně).

Největší výška profilu R_z (μm) - je součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky.



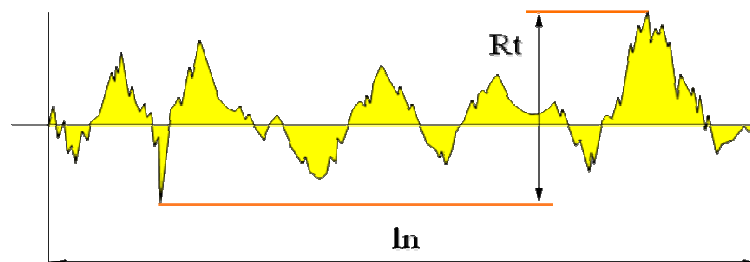
Obrázek 14. Největší výška profilu Rz

1.2.13 Celková výška profilu Rt

Patří mezi výškové parametry (výstupky a prohlubně).

Celková výška profilu Rt (μm) - je součet výšky **Zp** nejvyššího výstupku profilu a hloubky **Zv** nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky.

$$Rt = Z_{p_{\max.}} + |Z_{v_{\max.}}| \quad (1)$$

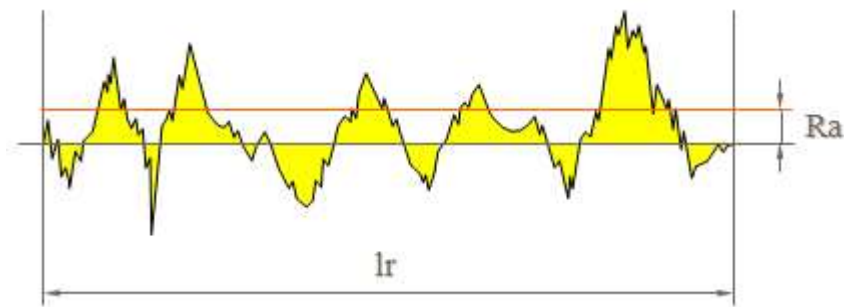


Obrázek 15. Celková výška profilu Rt

1.2.14 Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra

Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu **Ra** (μm) - je aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic **Z(x)** v rozsahu základní délky.

$$Ra = \frac{1}{lr} \cdot \int_0^{lr} |Z(x)| dx \quad (2)$$

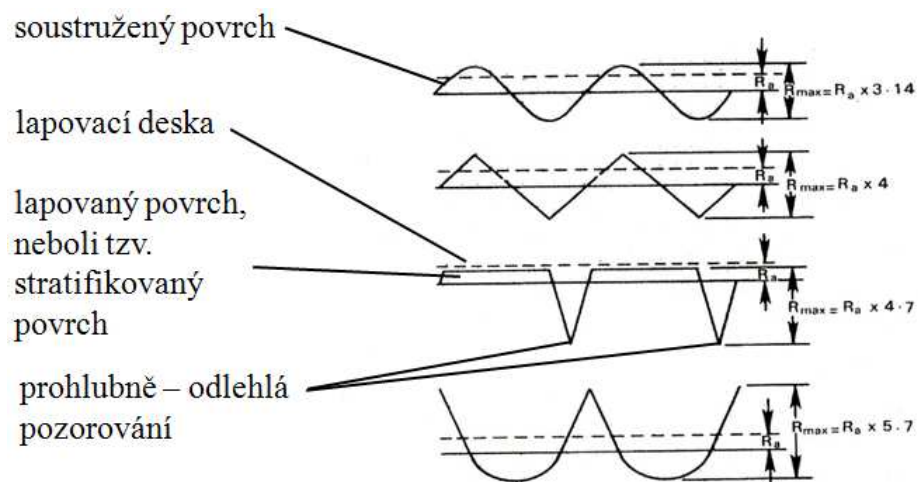


Obrázek 16. Průměrná aritmetická úchylka profilu Ra

1.2.15 Problém hodnoty Ra

Hodnota parametru Ra nedává 100% informace o tvaru nepravidelností povrchu.

Parametr Ra je jeden z nejčastěji požadovaných parametrů v praxi, ne však často vhodný pro interpretaci výsledků měření.

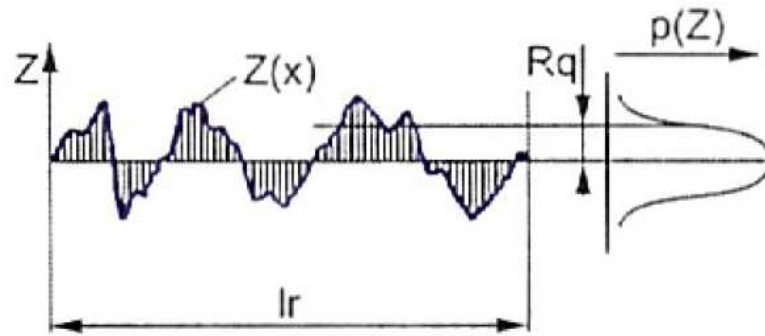


Obrázek 17. Různé hodnoty Ra

1.2.16 Průměrná kvadratická úchylka profilu Rq

Průměrná kvadratická hodnota drsnosti Rq je dána vztahem:

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{lr} \cdot \int_0^{lr} |Z^2(x)| dx} \quad (3)$$

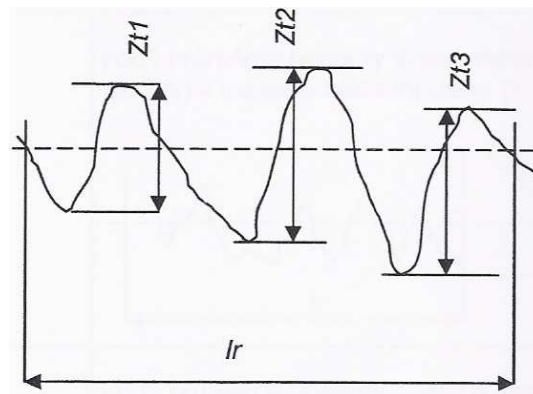


Obrázek 18. Průměrná kvadratická úchylka profilu Rq

1.2.17 Průměrná výška prvku profilu Rc

Je průměrná hodnota výšek prvku profilu (Z_t) v rozsahu základní délky (l_r , l_w , l_p).

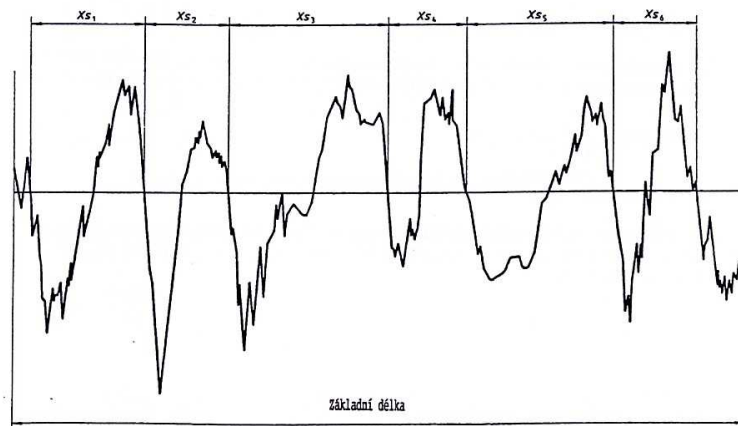
$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti} \quad (4)$$



Obrázek 19. Průměrná výška prvku profilu Rc

1.2.18 Průměrná šířka prvků profilu Rsm

Patří mezi *Frekvenční* parametry. Průměrná šířka prvků profilu Rsm – je aritmetický průměr šířek X_s prvků profilu v rozsahu základní délky.



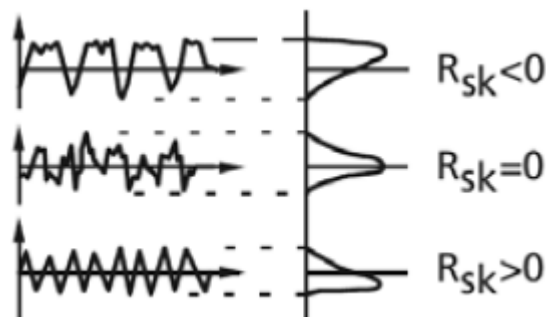
Obrázek 20. Průměrná šířka prvků profilu Rsm

1.2.19 Šikmost posuzovaného profilu Rsk a Špičatost posuzovaného profilu Rku

Šikmost posuzovaného profilu

Podíl průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty Rq v rozsahu základní délky. Sklon Rsk (skewness) je hodnota asymetrie hustoty amplitudové křivky. Negativní sklon označuje povrch s dobrou nosností. [12]

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \cdot \left[\frac{1}{lr} \cdot \int_0^{lr} |Z^3(x)| dx \right] \quad (5)$$

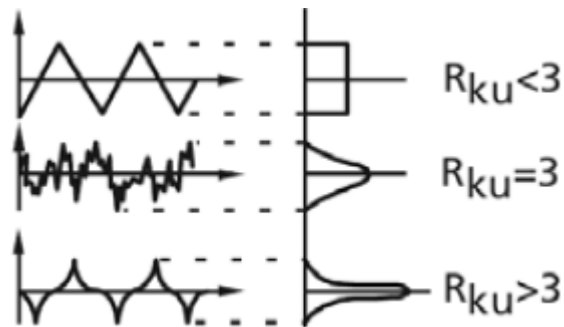


Obrázek 21. Šikmost posuzovaného profilu Rsk

Špičatost posuzovaného profilu Rku

Podíl průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny hodnoty Rq v rozsahu základní délky. Strmost Rku (kurtosis) je hodnotou strmosti hustoty amplitudové křivky. Při normálním rozdělení hodnot profilu je $Rku = 3$.

$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \cdot \left[\frac{1}{lr} \cdot \int_0^{lr} |Z^4(x)| dx \right] \quad (6)$$

Obrázek 22. Špičatost posuzovaného profilu R_{ku}

Hodnota šikmosti nemůže ukázat, zda vrcholy jsou rozloženy rovnoměrně kolem střední čáry. Toto umožňuje hodnota špičatosti R_{ku} . Vysoké hodnoty R_{ku} odpovídají špičatému profilu, nízké hodnoty profilu zaoblenému. [13]

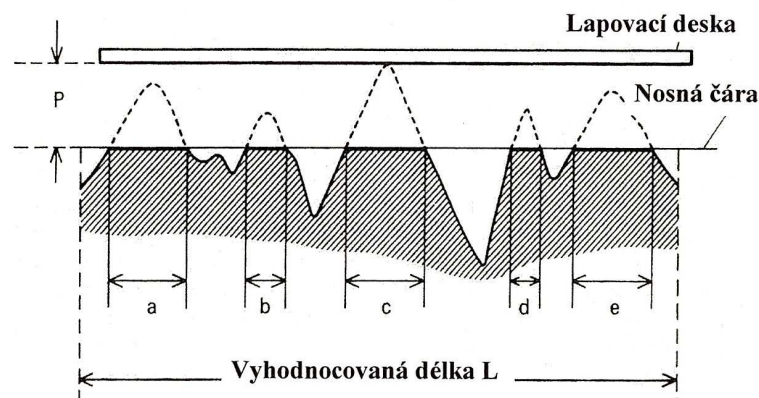
1.2.20 Materiálový poměr R_{mr}

Jedno z důležitých uplatnění hodnocení povrchu v inženýrské praxi je jeho využití jako dotykové plochy při vzájemném pohybu dvou součástí.

Materiálový poměr označovaný symbolem R_{mr} je poměr (vyjadřovaný v %) délky nosné plochy v kterékoliv hloubce profilu k celkové délce profilu.

$$R_{mr} = \frac{a+b+c+d+e}{L} \times 100 \quad (7)$$

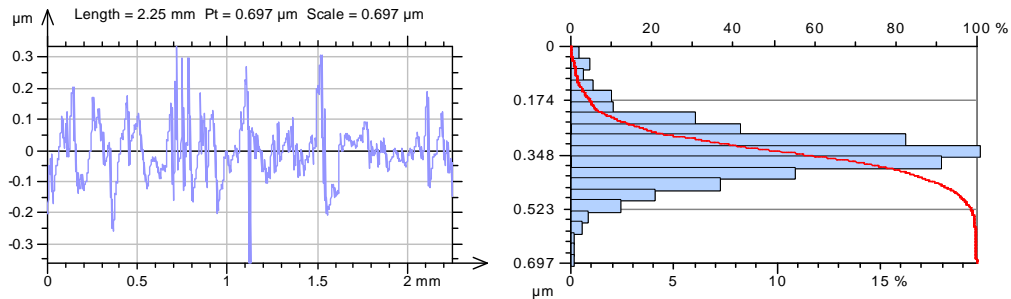
Tento materiálový poměr je poměr pouze délek, nikoliv plocha.

Obrázek 23. Materiálový poměr R_{mr}

1.2.21 Abbot – Firestonova křivka

Nosná, neboli Abbot – Firestonova křivka nám umožňuje rozlišovat různé tvary profilu.

Sestaví se vynesemím hodnot materiálového podílu v rozsahu celé hloubky profilu. [6]



Obrázek 24. Abbot – Firestonova křivka

1.3 Metody kontroly textury povrchu

1. Kvalitativní (porovnávací) – vzorkovnice, mikroskopy
2. Kvantitativní (parametrická) – profiloměry, interferometry

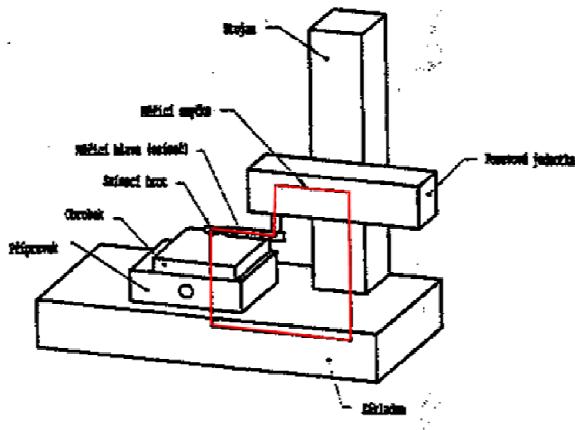
Pro kontrolu a měření parametrů struktury povrchu se používají laboratorní i dílenské měřicí přístroje a zařízení:

- Mechanické
- Elektricko – mechanické /piezoelektrické, indukční/
- Optické /interferenční, světelné řezy/

1.3.1 Schéma měřicí smyčky

Dotykový přístroj: měřicí přístroj, který zkoumá povrchy snímacím hrotem a získává úchytky ve formě profilu povrchu, vypočítává parametry a je schopen profil zaznamenat.

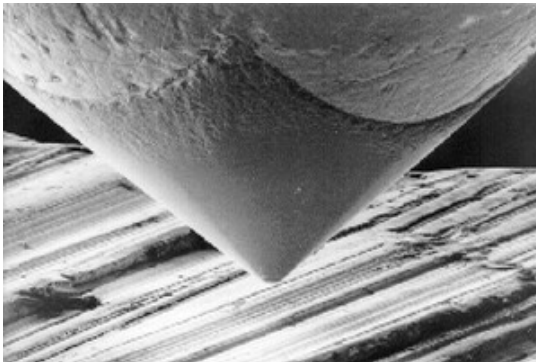
Měřicí smyčka: uzavřený řetězec, zahrnující všechny mechanické části propojující měřený objekt a snímací hrot.



- nejčastější použití ve strojírenství
- snadná obsluha
- rychlé měření a přímé čtení výsledků
- přenosné zařízení, malé rozměry snímače

Obrázek 25. Měřicí smyčka

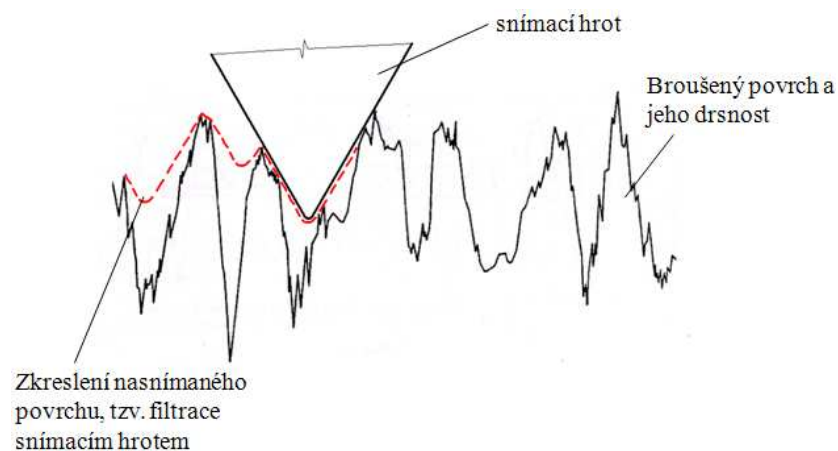
1.3.2 Měřicí dotyk snímače



- tvar hrotu je kužel
- úhel 90°, nebo 60°
- hrot je zaoblen na 2; 5; 10 μm
- měřicí síla 0.6 ÷ 2 mN

Obrázek 26. Diamantový měřicí hrot

1.3.3 Problematika snímání drsnosti povrchu kontaktním způsobem dle normy ČSN EN ISO 4288 z r. 1999



Obrázek 27. Problematika snímání kontaktním způsobem

1.4 Pravidla pro hodnocení struktury povrchu

1. Hodnocení sledované plochy provádíme pomocí hodnot, získaných z přístroje pro měření parametrů struktury povrchu na sledované ploše a následným porovnáním s hodnotami požadovanými pro funkčnost sledované plochy výkresem nebo výrobní dokumentací. Při hodnocení vycházíme z normy **ČSN EN ISO 4288**. Sledovaný parametr přitom nabývá hodnoty s určitým rozptylem, s čímž výše citovaná norma počítá a stanovuje proto pravidlo 16 - ti %. Podle pravidel normy provedeme *kontrolu homogenity povrchu*. Je-li struktura povrchu homogenní, hodnoty parametrů určených z celého povrchu měřeného vzorku nebo obrobku budou použity pro porovnání s hodnotami uvedenými na výkrese, nebo ve výrobní dokumentaci.
2. Je-li povrch obrobku složen z několika různých ploch s různou strukturou, budou hodnoty parametrů hodnoceny na každé ploše odděleně podle výrobní dokumentace nebo dle požadavků na výkrese.
3. Je-li povrch obrobku složen z několika různých ploch s různou strukturou, budou hodnoty parametrů hodnoceny na každé ploše odděleně podle výrobní dokumentace nebo dle požadavků na výkrese.
4. Měření je provedeno na té části povrchu, na které lze očekávat kritické hodnoty, to může být posouzeno vizuálním pozorováním. Pro získání nezávislých výsledků jsou jednotlivá měření na této části povrchu rozdělena rovnoměrně. Jsou – li použity speciální postupy měření, musí být popsány ve specifikacích v protokolu o měření. [6]

1.5 Pravidlo 16 – ti % a Pravidlo maxima

Pravidlo 16 - ti %:

Pro parametry stanovené horní (dolní) mezí parametru platí, že maximálně 16 % všech naměřených hodnot může ležet nad (pod) touto mezí uvedenou na výkrese nebo ve výrobní dokumentaci. Horní (dolní) mez parametru je přitom dána jako hodnota součtu (rozdílu) aritmetického průměru a směrodatné odchylky.

Pravidlo maxima:

V průběhu kontroly nesmí žádná z naměřených hodnot přesáhnout hodnotu uvedenou výkresem nebo výrobní dokumentací. Parametr je doplněn indexem „max“. [6]

1.6 Postup pro kontrolu a měření parametrů profilu drsnosti dotykovými přístroji

Postup:

- odhadne se neznámý parametr profilu drsnosti - vizuálně
- pro odhadnutý parametr se určí dle tabulky hodnoty l_r
- získá se reprezentativní hodnota žádaného parametru – měřením

Tabulka 1. Základní délky drsnosti pro měření

Ra (μm)	Základní délka drsnosti l_r (mm)	Vyhodnocovaná délka drsnosti l_n (mm)
(0.006; 0.02 >	0.08	0.4
(0.02; 0.1 >	0.25	1.25
(0.1; 2 >	0.8	4
(2; 10 >	2.5	12.5
(10; 80 >	8	40

[6]

2 PROSTOROVÉ MĚŘENÍ A HODNOCENÍ TEXTURY POVRCHU PŘÍSTROJI TAYLOR HOBSON LTD.

2.1 3D charakteristika povrchu

Prostorové měření a hodnocení profilu povrchu přináší velmi cenné a prakticky využitelné informace o vztazích mezi geometrickou charakteristikou povrchu a jeho funkčními vlastnostmi. 3D charakteristika povrchu otevírá nové možnosti pro komplexní hodnocení textury povrchu.

K rozšiřování prostorového hodnocení textury povrchu přispívá především rozvoj měřicí techniky a programového zabezpečení celého procesu. Progresivní měřicí přístroje uplatňují ve větší míře bezdotykové způsoby snímání povrchu, především optické, využívají přesnější a výkonnější pohybové i náhonové uzly. Výsledkem je, že profil povrchu je snímán výrazně rychleji v porovnání s klasickými metodami a především je získán popis textury podstatně větším počtem datových údajů. Programové zabezpečení se soustřeďuje nejen na přípravu a provedení vlastního měření, ale především na zpracování a vyhodnocování naměřených hodnot. Měření a zpracování podstatně většího počtu dat, která popisují prostorový profil povrchu, přináší velké množství informací pro skutečně reálnou prezentaci kontrolovaného povrchu. Prostorové analýzy textury povrchu vesměs mimo početního hodnocení nabízí i grafické zobrazení profilu formou axonometrického pohledu, topografické mapy nebo záznamu rozdělení souřadnic. Charakteristiky povrchu plochy, např. počet, velikost, tvar a rozložení výstupků a prohlubní profilu, nejen zvyšují objektivitu hodnocení povrchu, ale lze je využít i pro predikci vlastností funkčně zatíženého povrchu a jejich změn v průběhu provozu. Právě rozšíření možností kvantitativního posuzování funkčních vlastností povrchu, např. průběhu opotřebení, tření, podmínek mazání, únavových vlastností, těsnění stykových ploch, připravenosti povrchu pro nanášení povlaků a nátěrů, odrazových vlastností, procesu stárnutí, koroze, apod., patří k hlavním přednostem prostorového hodnocení struktury povrchu. Hodnocení struktury povrchu plochy může přispět k vysvětlení a řešení řady problémů v tribologii a výrobní technologii. Umožní kvantitativní studium geometrických a rozměrových změn profilu povrchu v různých etapách výrobních procesů součástí, po jejich dokončení i v průběhu jejich funkčního využití. [5]

2.2 Měřicí technika Taylor Hobson Ltd.

Výrobce měřicí techniky s dlouholetou tradicí Taylor Hobson Ltd. se soustřeďuje nejen na přípravu vysoce kvalitních systémů a přístrojů na měření textury i tvaru povrchu, ale současně je aktivně zapojen do přípravy i normalizace metodik měření, zpracování výsledků a jejich vyhodnocení formou parametrů. Zvláštní pozornost věnuje i konkrétnímu využití kontrolních postupů a získaných výsledků pro posouzení funkčních vlastností povrchu. V současné době Taylor Hobson nabízí plynule inovovaný komplexní program prostorového hodnocení textury povrchu Talymap, který lze využít u následujících měřicích systémů:

Form Talysurf PGI - přístroje s dotykovým snímačem a interferometrickým měřicím systémem. Základními přednostmi přístrojů je velký rozsah měření - horizontálně 200 mm, vertikální zdvih snímače 12,5 mm, mimořádné rozlišení přístroje až 0,8 nm a automatická kalibrace.

Talysurf CCI - interferometrický měřicí systém přístroje pro bezkontaktní kontrolu a analýzy drsnosti, vertikálních převýšení a mikrorozměrů. Unikátní je přesnost měření - rozlišitelnost 10 pm v celém rozsahu měření 100 μm a získání více než jednoho milionu datových bodů z jednoho měření.

Talysurf CLI - univerzální systém měření textury povrchu, který je umožněn volbou měření buď indukčním dotykovým způsobem Form Talysurf, nebo bezdotykovým způsobem Form Talysurf, nebo bezdotykovým způsobem reprezentovaným laserovou triangulační sondou a CLA konfokálním snímačem. Vyniká mimořádnou rychlostí a přesností měření v režimu 2D a 3D.

Talyrond - typy 365 a 385 jsou připraveny hodnotit kruhovitost a texturu povrchu z jednoho měření. Nová funkce zajišťuje prostorové zobrazení a popis válcového povrchu součásti. Získání komplexní sady 3D parametrů popisujících směr, hloubku, plochu, objem a další charakteristiky profilu povrchu a jeho částí, je přínosné pro posuzování jeho stavu z hlediska funkce a životnosti. [5]

2.2.1 Měřicí systém Talysurf CLI

Přístroje talysurf CLI jsou vysoce účinnými měřicími prostředky k provádění rychlého prostorového měření a hodnocení povrchu s vysokým rozlišením. Systém CLI nabízí možnosti měření a analýzy povrchu ve třech osách, s využitím dotykové nebo bezdotykové měřicí techniky. Snadno ovladatelné a výkonné měřicí přístroje, vhodné i pro kontrolu velkého počtu součástí, jsou připraveny provádět analýzu dat při hodnocení struktury povrchu z jednoho profilu řezu (2D) i profilu plochy povrchu (3D).

Hlavní předností přístrojů je univerzálnost jejich využití, která vyplývá z možností systému měřit buď indukčním dotykovým způsobem Form Talysurf, nebo bezdotykovým způsobem reprezentovaným laserovou triangulační sondou a CLA konfokálním snímačem (Chromatic Length Aberration – CLA). Uvedené tři způsoby měření zajišťují prakticky neomezené možnosti měření struktury povrchu z hlediska jakosti, přesnosti a druhu materiálu součástí. Navíc je systém CLI vybaven automatickým posuvem ve všech osách (X, Y, Z), s rychlostí až do 30 mm/s, což umožňuje rychlé automatické měření. Připravenost přístroje pro kontrolu širokého sortimentu součástí dokumentuje i velikost měřicího prostoru (max. 200 x 200 x 200 mm) a nosnost stolu (max. 20 kg).

Praktickou předností Talysurf CLI je spojení tradičního 2D a prostorového hodnocení 3D do jednoho výkonného přístroje. I když je systém CLI speciálně konstruován pro měření 3D, je současně vybaven mechanickým i analytickými prostředky pro komplexní měření 2D. Lze tak jedním přístrojem monitorovat výzkum a vývoj, provádět studijní analýzy (např. opotřebení), rutinní inspekci i řídit výrobní procesy. Vedle zřejmého ekonomického přínosu má uživatel stále možnost porovnávat výsledky měření se všemi, kteří ještě používají jen tradiční měření 2D. Univerzálnost systému Talysurf CLI zajišťuje možnost využít na jednom přístroji až čtyři různé měřicí hlavy ke kontrole všech kombinací materiálů a kvality povrchů součástí.

Přístroje Talysurf CLI jsou připraveny ve třech provedeních, což uživateli umožňuje výběr přesně podle svých požadavků. [5]

2.3 Volba vhodného měřicího systému

Základem je rozhodnutí o dotykovém nebo bezdotykovém měření, rozsahu, rozlišení a rychlosti snímání. Následující tabulky pomohou stanovit, který měřicí systém bude pro danou součást nejlepší. [15]

Tabulka 2. Přehled technických údajů

Přehled technických údajů			
Typ měřidla	Rozsah	Rozlišení	Rychlost
Indukční*	0,1 mm	2 nm	3 mm/sec
	2,5 mm	40 nm	
CLA	3 mm	100 nm	30 mm/sec
CLA	1 mm	30 nm	30 mm/sec
CLA	300 μm	10 nm	30 mm/sec
Laser	10 mm	1 μm	30 mm/sec
Laser	30 nm	3 μm	30 mm/sec

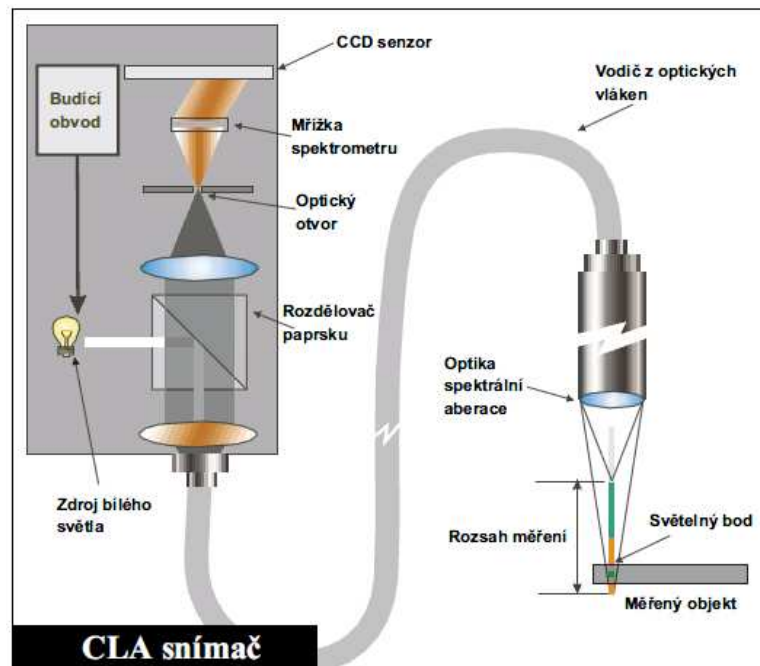
*rozsah a rozlišení jsou volitelné, uvedeny jsou minimální a maximální hodnoty

Tabulka 3. Přehled předností systému

Přehled předností systému	
CLA snímač	Bezdotykové Vynikající rozlišení Rychlé snímání Vysoká přesnost
Indukční snímač	Dotykové Vynikající rozlišení Měření vnitřních povrchů Vysoká přesnost
Laserový snímač	Bezdotykové Široký rozsah Rychlost kontroly Efektivní cena

2.3.1 CLA snímač

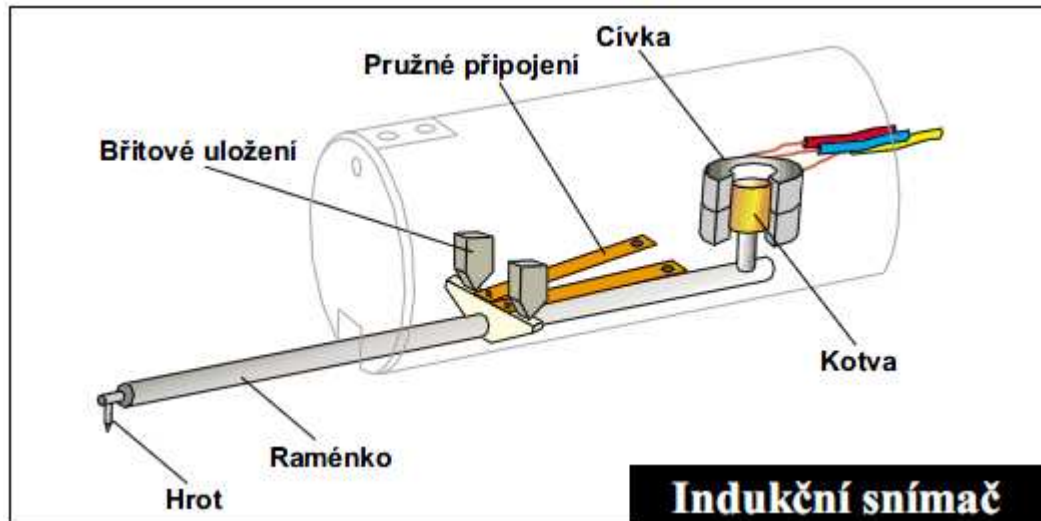
Bílé světlo je rozkládáno a optikou se spektrální aberací je směřováno na kontrolovaný povrch. Optika rozloží světlo podle vlnových délek a v každém době povrchu je zaostřena jen určitá vlnová délka. Světlo odražené z povrchu prochází otvorem, který propustí jen světlo zaostřené vlnové délky. Spektrometr vychýlí světlo na CCD senzor, kde je každému bodu přiřazena prostorová poloha. [15]



Obrázek 28. Princip CLA snímače

2.3.2 Indukční snímač

Diamantový hrot na snímacím raménku je posouván po povrchu. Vertikální pohyb hrotu při přechodu výstupků a prohlubní je indukčním měřidlem převáděn na elektrický signál. Pro tento systém, použitý v mnoha dalších přístrojích Taylor Hobson, je charakteristická malá měřicí síla, což minimalizuje nebezpečí poškození měřeného povrchu. [15]

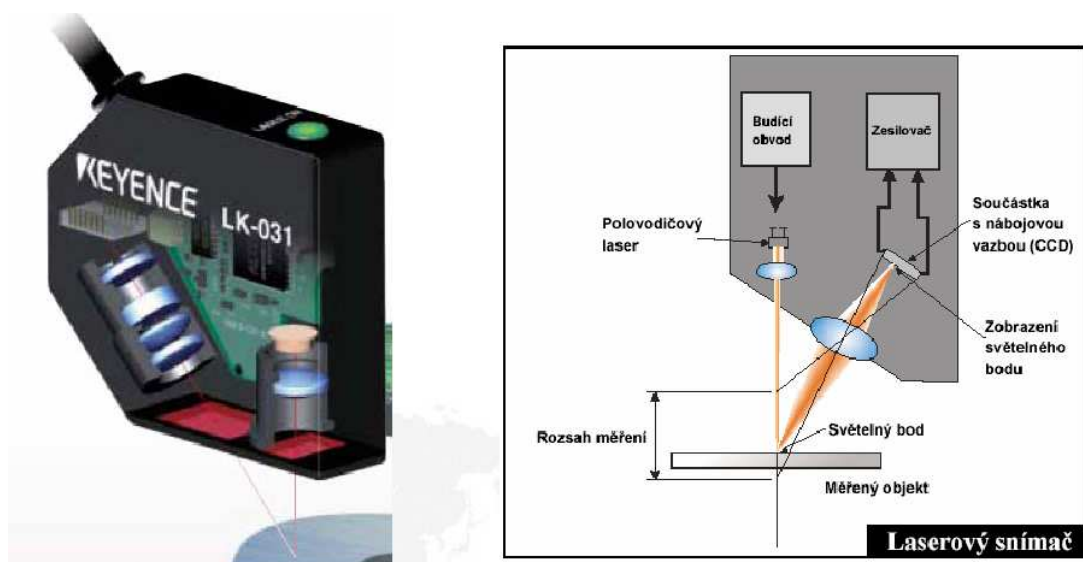


Obrázek 29. Princip indukčního snímače

2.3.3 Laserový snímač

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.

[15]



Obrázek 30. Princip laserového snímače

2.4 Program Talymap

Program Taylor Hobson Talymap zpracovává prostorovou charakteristiku povrchu z dat získaných dotykovým i bezdotykovým měřicím systémem profilometru. Program umožní několika různými způsoby zobrazit sledovaný povrch, včetně axonometrické projekce (čárové nebo síťové) s volitelným úhlem pohledu a barevným rozlišením výšek, s nastavitelným zvětšením celku nebo vybrané části povrchu. Dále lze provádět rozměrová měření ve třech osách, inverzi profilu povrchu, simulaci opotřebení povrchu, apod. Práce s programem i vkládání dat k analýze řady profilů program zajistí rychlé opakování stejné operace, úlohy nebo výpočtu, včetně grafické dokumentace.

Talymap zajišťuje cílenou a podrobnou analýzu různých povrchů s využitím rozměrových měření (např. objemu prohlubní a výstupků, vzdálenosti a výškových rozdílů dvou bodů, stanovení velikosti úhlu ve vodorovné rovině, apod.) úpravy tvaru a filtrace. Předností programu je, že je připraven nejen pro zpracování měřených dat přístroji Taylor Hobson, ale i pro zpracování měření z většiny komerčních měřicích zařízení struktury povrchu. Tak je zajištěno, že data z měření různými přístroji jsou stejným postupem analyzována a výsledky jsou prezentovány ve stejném formátu, což usnadní jejich porovnání.

Program využívá pro prostorové hodnocení povrchu amplitudové parametry (většina z nich je odvozena z parametrů 2D), dále parametry popisující materiálový poměr povrchu (ISO 13565 – 2), parametry vztažené k rozmístění nerovností (např. hustota výstupků, rozvinutý povrch, apod.) a konečně objemové parametry (zavedené ke kvantifikaci nosného podílu a poměru objemů materiál/dutiny). Celkem program nabízí pro charakteristiku povrchu 120 parametrů v režimu 2D a 40 parametrů pro 3D. Navíc dovoluje vyjmout z hodnoceného povrchu jeden profil a provést jeho hodnocení (2D). Na 3D zobrazený povrch lze v libovolném směru vyznačit jeden profil (čáru), který je následně vyhodnocen funkcemi 2D.

Prostorovou analýzou povrchu se otevírají nové možnosti hodnocení struktury, které byly dvourozměrným měřením nedosažitelné. Přínosným se ukazuje tento detailní prostorový popis povrchu především při posuzování jeho funkčních vlastností jako např. opotřebení, tření, mazání, únavové vlastnosti, těsnění stykových ploch, vhodnost povrchu pro nátěry, apod. Programy Talymap jsou pro prostorové hodnocení připraveny v několika provedeních od nejjednodušší až po rozšířenou verzi, která umožňuje rozsáhlejší hodnocení (např. i

frekvenční analýzu, stanovení autokorelační funkce, nosného podílu ve zvolené výšce profilu povrchu, atd.). [5]

2.4.1 Parametry programu Talymap

- 1) **Amplitudové parametry** představují skupinu parametrů prostorového hodnocení, která vychází z rozložených výšek souřadnic profilu povrchu. Parametry jsou vesměs odvozeny z parametrů 2D dle ISO 4287.

(Sa) *Průměrná aritmetická úchylka povrchu*

(Sq) *Průměrná kvadratická úchylka (RMS) povrchu*

(St) *Celková výška povrchu*

(Sp) *Maximální výška výstupků*

(Sv) *Maximální hloubka prohlubní*

(Sz) *Výška z deseti bodů povrchu*

(Ssk) *Šikmost křivky rozdělení výšek*

(Sku) *Špičatost křivky rozdělení výšek*

2) Plošné a objemové parametry

(Smr) *Nosný poměr v dané hloubce* - Tento parametr musí být určován s mezní hodnotou a referenčním údajem. Např. 3 μm pod nejvyšším výstupkem, 1 μm nad středem, 1 μm nad hranicí určenou 20% Tp.

(Sdc) *Výškový rozdíl řezů povrchem* - Výška oddělující dva nosné poměry. Tento parametr musí být určován dvěma mezními hodnotami zadávanými v %.

(Smvr) *Střední hodnota poměru nezaplněného objemu* - Představuje celkový objem nezaplněného prostoru mezi body povrchu, který se získá měřením prostoru mezi body povrchu a imaginární horizontální rovinou proloženou v největší výšce profilu povrchu.

(Smmr) *Střední hodnota poměru materiálového objemu* - Představuje celkový objem materiálu povrchu, který se získá měřením prostoru mezi imaginární horizontální rovinou proloženou v největší hloubce profilu povrchu a body povrchu.

3) Prostorové parametry

(SPc) *Počet výstupků na ploše* - Hustota výstupků mezi dvěma úrovněmi c_1 a c_2 . Rozšíření 2D parametru P_c . C_1 a c_2 jsou mezní úrovně (roviny) definované ve vztahu ke střední rovině 0. c_1 musí být nižší než c_2 . Výstupek se bere v úvahu jen tehdy, když překročí c_2 a přejde pod c_1 . Parametr je vyjádřen počtem výstupků na mm^2 .

(Sds) *Hustota výstupků povrchu* - Parametr je vyjádřen počtem výstupků na mm. Za výstupek je považován bod, který je vyšší než 8 sousedních bodů.

(Sal) *Délka odpovídající nejrychlejšímu poklesu autokorelační funkce* - Délka nejrychlejšího poklesu na 0,2 autokorelační funkce. Parametr vyjadřuje množství vlnových délek profilu povrchu. Vysoké hodnoty ukazují na obsahující především vlnové délky (tj. nízké frekvence).

(Str) *Poměrný aspekt textury povrchu* - Poměr nejkratší délky poklesu na 0,2 autokorelační funkce k největší délce. Parametr se pohybuje v rozmezí 0 až 1. Je-li hodnota blízká 1 lze povrch označit za isotropní, tzn. má ve všech směrech stejnou charakteristiku. Blíží – li se hodnota 0 je povrch anisotropní, tzn. s orientovanou a/nebo periodickou texturou povrchu.

(Std) *Směr textury povrchu* - Stanovuje hlavní úhel směru textury povrchu. Parametr má význam je – li hodnota menší než 0,5. Úhlem směru se vyjadřuje kruhovou texturu (soustružený, řezaný) potom parametr udává chybný směr blízký tangentě kružnice. V případě že povrch má dva nebo více hlavních směrů textury, Std udává úhel směru rozhodujícího z nich.

(Sfd) *Fraktální dimenze povrchu* - Parametr ukazuje tvarovou složitost profilu povrchu s využitím teorie fraktální geometrie. Dimenze povrchu se pohybuje mezi hodnotami 2 (rovinná plocha) a 3 (velmi složitý tvar povrchu). U některých tvarů povrchu nelze fraktální dimenzi stanovit a parametr pro hodnocení využít.

4) Hybridní parametry hodnocení textury, které charakterizují spojení kritérií amplitudových s prostorovými, jako jsou sklony, zakřivení, atd.

(Sdq) *Kvadratický sklon povrchu*

(Ssc) *Aritmetický průměr zakřivení výstupků povrchu*

(Sdr) *Poměrná rozvinutá styková plocha*

- 5) Funkční parametry** (také nazývané parametry nosného podílu) jsou skupinou parametrů charakterizující funkční aspekty povrchu, především mazání a broušení. Jsou speciálně určeny kontrole v automobilním průmyslu.

(Sk) Hloubka jádra drsnosti (hloubka drsnosti jádra) - Rozšířený 2D parametr Rk

(Spk) Redukovaná výška výstupků (výška výstupků drsnosti) - Rozšířený 2D parametr Rpk

(Svk) Redukovaná hloubka prohlubní (hloubka drsnosti prohlubní) - Rozšířený 2D parametr Rvk

(Sr1) Horní materiálový poměr - Rozšířený 2D parametr MR1

(Sr2) Dolní materiálový poměr - Rozšířený 2D parametr MR2

(Sa1) Horní plocha (plocha trojúhelníku odpovídající výstupkům) - Rozšířený 2D parametr A1

(Sa2) Dolní plocha (plocha trojúhelníku odpovídající prohlubním) - Rozšířený parametr A2

Parametry Rk:

(Sbi) Index únosnosti

(Sci) Index udržení kapaliny v jádře

(Svi) Index udržení kapaliny v prohlubních

Na rozdíl od parametrů Rk, které jsou využitelné na povrchu s opotřebovanými plochami výstupků jsou indexy Sbi, Sci a Svi využitelné pro hodnocení všech typů povrchů.

- 6) Parametry SURFSTAND** byly navrženy v rámci řešení evropského programu SURFSTAND pod vedením univerzity v Huddersfield.

Vm(h) Objem materiálu v dané hloubce

Vv(h) Nevyplněný objem v dané hloubce

(Vmp) Objem materiálu výstupků

(Vmc) Objem materiálu jádra

(Vvv) Nevyplněný objem prohlubní

- 7) **Parametry rovinnosti** jsou stanoveny v souladu s normou ISO 12781 pro povrch vyrovnaný s využitím metody nejmenších čtverců a poté filtrován filtrem s nízkou propustností a hodnotou cut - off zvolenou uživatelem.

(FLTt) Úchylka rovinnosti povrchu výstupek – prohlubeň

(FLTp) Úchylka rovinnosti vztažená k výstupku

(FLTv) Úchylka rovinnosti vztažená k prohlubni

(FLTq) Kvadratická úchylka rovinnosti [5]

3 INTEGRITA BROUŠENÉHO POVRCHU

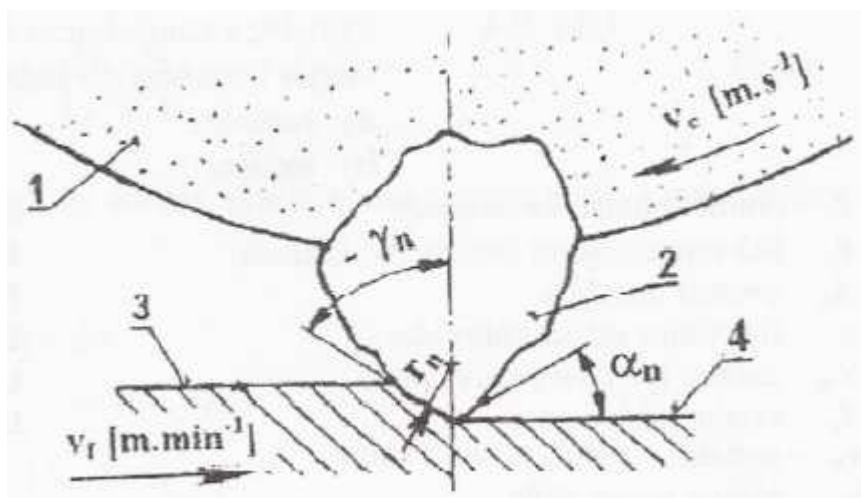
3.1 Proces obrábění

Proces obrábění je proces, při němž je silovým působením řezného nástroje odebrána z obráběného povrchu třísky. Vznik třísky je podmíněn elastickou a plastickou deformací povrchu s následným zpevněním materiálu, kdy po vyčerpání plasticity materiálu dojde ke kluzu uvnitř tohoto materiálu a k vytvoření třísky. Uvedený proces směřuje k dosažení požadovaného tvaru součásti, zvýšení přesnosti a dosažení požadované jakosti povrchu součásti.

Proces obrábění probíhá v reálném prostředí na obráběcím stroji, kdy je proces ovlivňován parametry celého systému S-N-O-P. Proces obrábění je charakterizován řadou veličin, které jsou dány před započítáním procesu, popisují průběh procesu, anebo popisují výsledek procesu. Veličiny vstupní a veličiny průběhu procesu určují u způsobů obrábění jednobřítým (soustružení, obrážení) nebo vícebřítým nástrojem (frézování, vrtání) s definovaným ostřím výstupní vlastnosti obráběné plochy. Složitější je působení těchto veličin u nástrojů mnohobřítých s obtížně definovatelnou geometrií břitu (broušení). [2]

3.1.1 Broušení

Charakteristickým rysem technologie broušení je úběr materiálu prostřednictvím mnohobřitého nástroje při relativně vysoké řezné rychlosti ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) a malém průřezu třísky připadajícím na 1 břit zrna broušicého nástroje.



Obrázek 31. Model záběru broušicého zrna

v_c – řezná rychlost, v_f – posuvová rychlost;

γ_n - normální úhel čela, α_n – normální úhel hřbetu;

r_n – poloměr ostří, 1 – broušící kotouč;

2 – broušící zrno, 3 - obráběná plocha, 4 – obrobená plocha

Oproti technologiím s definovanou geometrií břitu (soustružení, frézování aj.) je u broušení patrná řada podstatných rozdílů. Broušící zrno je v nástroji zafixováno s náhodnou orientací. Při pohybu nástroje vůči broušené ploše (rotační hlavní pohyb, přísuv případně posuv jako vedlejší pohyby) dochází k pěti typům působení na broušený povrch:

Elastická deformace obráběné plochy.

Plastická deformace povrchu (hrnutí materiálu) bez odběru třísky.

Plastická deformace obráběné plochy s následným odříznutím třísky (řezání).

Rytí povrchu (odběr třísky při její tloušťce velikosti μm).

Při kontaktech zrna s povrchem materiálu obrobku dochází k opotřebení zrn. V závislosti na opotřebení se následně mění vzájemný poměr jednotlivých typů působení zrna na povrch materiálu. Opotřebení zrna přitom způsobuje:

- lom zrna
- vylomení zrna z pojiva
- otěr břitů zrna

V uvedených případech se jedná o opotřebení vlastních broušících zrn. Tato zrna umístěná v nástroji pomocí pojiva jsou zdrojem opotřebení celého nástroje. Potom však musíme vzít v úvahu i vliv úbytku pojiva, vypadnutí (uvolnění) zrna, pevnost vazby pojiva a případně změny vlastností zrna vlivem chemickotepelných změn – difúze. V průběhu procesu broušení dochází vlivem kontaktu jednotlivých zrn, vlivem jejich změn a dynamice procesu, ke vzniku a proměnlivosti řady charakteristických veličin procesu (působení řezné síly, vznik tepla, vibrace. Uvedené veličiny jsou vyvolány řezným procesem, který charakterizují současně s dalšími složkami procesu. [2]

3.2 Charakteristické veličiny procesu obrábění

Vstupními charakteristikami obrábění jsou vlastnosti soustavy stroj, nástroj, obrobek a přípravek

Stroj – charakterizuje jeho tuhost, kdy změny tuhosti za dobu životnosti stroje jsou dány opotřebením jeho součástí a korozí.

Nástroj – je definován geometrií a materiálem určitých vlastností (tepelná vodivost, pevnost, maximální teplota použití atd.), způsobem upnutí.

Obrobek – definován fyzikálními vlastnostmi, způsobem zpracování, rozměry, chemickým složením, strukturou a způsobem upnutí.

Přípravek – je definován tuhostí

Mezi charakteristické veličiny průběhu procesu musíme řadit:

- Velikost rychlosti hlavního pohybu,
- velikost rychlostí vedlejších pohybů,
- hloubku záběru
- opotřebení nástroje
- průběh teplotního pole nástroje a obrobku,
- okamžité teploty povrchu nástroje a obrobku,
- prostředí (procesní kapalina – tlak, množství, složení, teplota),
- velikost řezné síly a jejích složek,
- dynamickou tuhost soustavy.

3.3 Integrita povrchové vrstvy

Pro komplexní posuzování kvality povrchové vrstvy se používá pojem integrita povrchu.

Integrita povrchu je souhrn charakteristik, kterými lze hodnotit kvalitu povrchové vrstvy ve vztahu k jeho funkčním vlastnostem a provozní spolehlivosti. Kromě geometrického stavu (někdy označovaného jako topografické vlastnosti povrchové vrstvy), který je charakterizovaný makro a mikronerovnostmi, mezi typické charakteristiky integrity povrchu patří změna struktury povrchové vrstvy, průběh zpevnění, průběh zbytkového napětí pod obrobeným povrchem a různé vady v povrchové vrstvě, které se jsou důsledkem působící technologie. [2]

Integritu povrchu tvoří:

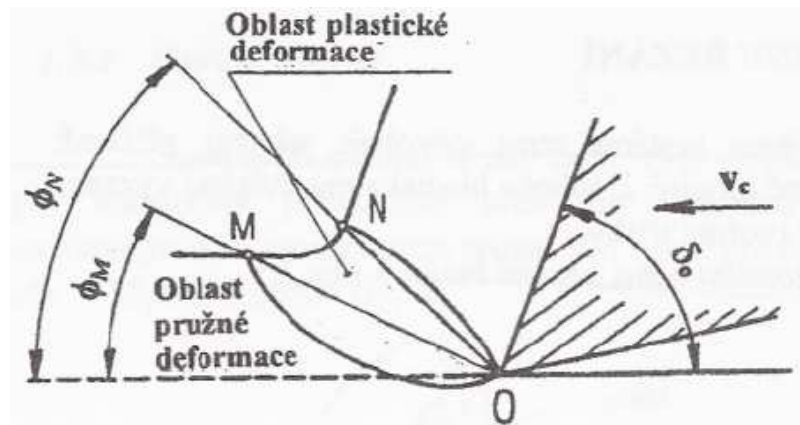
- a) geometrická přesnost,
- b) drsnost povrchu,
- c) zbytková napětí v povrchové vrstvě
- d) změny tvrdosti v povrchové vrstvě
- e) změny struktury v povrchové vrstvě
- f) tepelné změny – opaly,
- g) trhliny.

Nemůžeme říci, že jednotlivé složky tvoří oddělené části integrity povrchu. Složky se vzájemně ovlivňují a doplňují. Například vlnitost povrchu jako geometrická veličina může vyvolat změny drsnosti povrchu, změny tvrdosti v povrchové vrstvě mohou souviset se změnami struktury a tepelnými změnami atd. [2]

3.4 Vlivy působící na složky integrity povrchové vrstvy

3.4.1 Oblast primární plastické deformace

Při relativním pohybu nástroje vůči obrobku působí na odebíranou vrstvu materiálu vnější zatížení, které v této vrstvě vyvolává napětí. Pokud napětí nepřestoupí mez úměrnosti deformovaného materiálu, odebíraná vrstva se pružně deformuje. Zvýšením napětí nad mez pružnosti se materiál odřezávané vrstvy začíná plasticky deformovat a dochází k plastickému skluzu v určitých vhodně orientovaných krystalických plochách. Velikost a tvar oblasti OMN, jakož i stav napjatosti v této oblasti jsou značně proměnlivé a závisí na fyzikálních vlastnostech deformovaného materiálu, tj. na deformační a zpevňovací schopnosti obráběného materiálu, řezné rychlosti v_c , nástrojovém ortogonálním úhlu řezu δ_0 a nástrojovém ortogonálním úhlu čela γ_0 . [3]

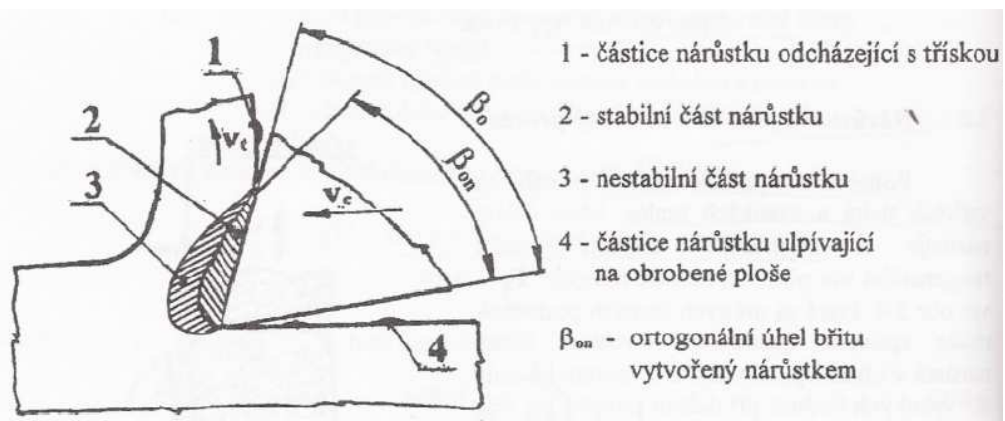


Obrázek 32. Oblast primární plastické deformace

3.4.2 Oblast sekundární plastické deformace

K sekundární plastické deformaci dochází mezi čelem obráběcího nástroje a odcházející třískou. Vlivem bodového styku, vysokých tlaků a teplot vzniká ve většině případů oblast na břitu nástroje, na niž se zastudena navaří materiál odcházející deformované třísky z místa řezu a vytvoří se nejčastěji dvouvrstvý nárůstek, který mívá dva negativní dopady na konečný povrch:

- Při překročení meze pevnosti dochází k uvolnění části nárůstku a ten se často za studena vlivem značné plasticity navaří na obrobenou plochu.
- Vlastní tvorba nárůstku a periodičita jeho rozpadu způsobí podélnou i příčnou vlnitost případně nepřesnost obráběné plochy, jsou zdrojem kmitání a zvýšení nepřesnosti. Rozpad nárůstku může zvýšit opotřebení nástroje a vznik vyšší geometrické nepřesnosti obráběné součástky, poruchy břitu nástroje může způsobit i kmitání za příčině rozpadem nárůstku.

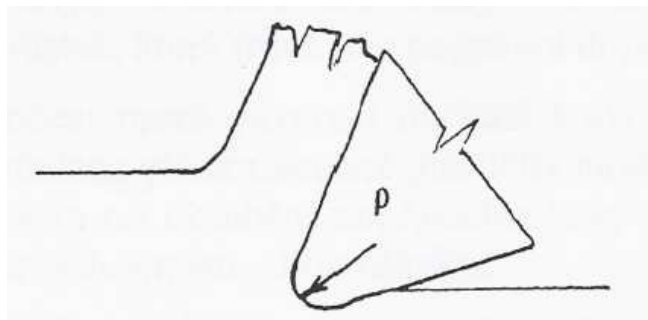


Obrázek 33. Oblast sekundární plastické deformace

Vznik nárůstku charakterizuje u broušení tzv. zalepování broušicího kotouče. Při tomto jevu jsou vyplňovány mezery mezi zrny a nárůstek se velmi obtížně uvolňuje, větší pravděpodobnost je vyplnění mezer mezi zrny a ztráta řezivosti kotouče. Příkladem může být např. broušení austenitické oceli za nevhodných podmínek nebo nevhodným zrnem (monokrystalický korund). [2]

3.4.3 Oblast styku hřbetu a obrobené plochy

Další oblastí působení nástroje na obrobek je oblast styku hřbetu a obrobené plochy. Tato oblast je charakterizována tvarem hřbetní plochy nástroje, úhlem hřbetu α_n a jeho drsností, kdy dochází právě v závislosti na uvedených parametrech k velikosti deformace povrchu obrobené plochy hřbetem nástroje a v důsledku tření hřbetu o obrobenou plochu ke vzniku tepla působícího na vytvořený povrch. Tato oblast také ovlivňuje profil povrchové vrstvy tlakovým účinkem hřbetu nástroje.



Obrázek 34. Oblast styku hřbetu a obrobené plochy

System S-N-O-P

Výrobní systém ovlivňuje integritu povrchu svojí tuhostí, vlivem na opotřebení nástroje, vlivem na plastickou deformaci povrchu vlivem chvění. Zanedbat nemůžeme ani možnosti systému mezi něž patří rozsah volitelných otáček, posuvů, druh technologie, kvalitu a vlastnosti použitého nástroje.

Řezné podmínky

Vlivem růstu rychlosti hlavního pohybu může docházet k růstu teploty obrobeného povrchu, zmenšování stop po nástroji při zachování velikosti úběru materiálu, snížení velikosti plastické deformace povrchové vrstvy. Při růstu rychlosti posuvů naopak roste velikost plastické deformace povrchu, dochází k většímu zatížení nástroje. Řezné pod-

mínky vlivem na vznikající množství tepla ovlivňují oblast tvorby nárůstku a s tím související jevy.

Řezné prostředí

Řezné prostředí je nejčastěji tvořeno procesní kapalinou s mazacím (snížení tření a tím vznikajícího tepla) a chladicím (odvod tepla) účinkem. Vlastnosti řezného prostředí mohou také působit svým chemickým složením. Dalším důležitým parametrem prostředí je množství přiváděného média, jeho tlak a teplota. Poměr chladicích a mazacích účinků procesní kapaliny určuje jeho vliv na průběh řezání i integritu povrchové vrstvy.

Kmitání soustavy

Může být vyvoláno vlastním řezným procesem nebo silami, které s procesem nesouvisí. Kmitání způsobuje nepravidelnosti úběru a tím i změny velikosti třísky, může způsobovat příčnou i podélnou vlnitost, zvyšuje velikost opotřebení nástroje a stroje za vzniku nepřesností obráběné plochy. [2]

3.5 Složky integrity povrchu

3.5.1 Geometrická přesnost

Geometrická přesnost je určena odchylkami tvaru, jedná se zejména o sousost, kruhovitost, válcovitost, kolmost. Z hlediska přesnosti geometrická přesnost je určena odchylkami tvaru, jedná se zejména o sousost, kruhovitost, válcovitost, kolmost. Z hlediska ovlivnění přesnosti vlastním obráběním se jedná zvláště o kruhovitost a válcovitost. Oba parametry mohou být ovlivňovány kmitáním soustavy, nehomogenitou materiálu obrobku, proměnlivou tuhostí nástroje nebo proměnlivou tuhostí jeho upnutí případně nástroje (frézování).

S vlnitostí povrchu mohou souviset i další změny integrity povrchu, např. změna drsnosti povrchu, velikosti zbytkových napětí. [2]

3.5.2 Zbytková napětí

Zbytková napětí vzniklá po obrábění v povrchové vrstvě jsou důležitým parametrem pro další funkci součásti. V případě kladných (tahových) napětí dochází ke snížení únavové pevnosti součásti, případná tahová napětí urychlují růst trhlin v povrchové

vrstvě a snižují mez únavy. Naopak tlaková napětí zvyšují únavovou pevnost a zpomalují, případně uzavírají růst trhlin v povrchové vrstvě.

Zbytková napětí vznikají při obrábění díky plastické deformaci povrchu. Tato deformace vzniká:

- a) silovým účinkem řezných sil při obrábění,
- b) tepelným účinkem při nerovnoměrném ohřevu nebo ochlazování povrchu,
- c) změnou struktury při vysokých teplotách a deformaci,
- d) absorpcí plynů do povrchové vrstvy (kysličníky).

3.5.3 Změny tvrdosti v povrchové vrstvě

Změna tvrdosti v povrchové vrstvě je dána jak mechanickým, tak tepelným zatížením povrchu při obrábění. V praxi se vyskytují tři základní průběhy tvrdosti v povrchové vrstvě:

- a) Vysoká tvrdost povrchu s poklesem na tvrdost jádra (zakalení povrchové vrstvy, plastická deformace, vznik chemických sloučenin – kysličníků),
- b) Vysoká tvrdost povrchu s poklesem tvrdosti pod tvrdost jádra s následným růstem na tvrdost jádra součásti (sekundární zakalení, popouštění následující vrstvy, příp. zpevnění vrstvy jako MTZ a následné popouštění),
- c) Nízká tvrdost povrchu, která postupně roste na tvrdost jádra (popouštění vrstvy).

V praxi dochází často ke složitějšímu průběhu tvrdosti v povrchové vrstvě v závislosti na fyzikálních vlastnostech materiálu, jeho struktuře a podmínkách obrábění.

3.5.4 Změny struktury

Ke změnám struktury při obvyklých podmínkách obrábění nedochází, nedosahují se potřebné teploty ani doba jejich působení. Při soustružení a frézování dochází pouze k usměrnění struktury povrchové vrstvy (textuře) vyvolané plastickou deformací. Toto se zejména objevuje u materiálů vyšší plasticity, jako jsou například feritické a austenitické oceli, hliníkové slitiny. Ke změnám struktury dochází teprve při vysokých řezných rychlostech – obrábění HSM.

Strukturní změny jsou charakteristické pro broušení, kdy dosažené teploty převyšují teploty fázových změn. Ohřev je velmi rychlý ($10^5 - 10^6 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$). Zvláště citlivými na strukturní

změny jsou materiály s nízkou tepelnou vodivostí (žárupevné a žáruvzdorné slitiny, korozi-vzdorné materiály, titanové slitiny). [2]

3.5.5 Opaly a trhliny

Jelikož při broušení je povrch obrobku zatěžován mechanicky, vzniká tím i možný vznik opalů. Nelze jasně a přesně tvrdit, že vznik opalů je přímo závislý na redukci procesní kapaliny. Pro detekci opalů se musí materiál podrobit odleptání, protože opaly jsou změny strukturního charakteru. Jedná se o oxidy různého zabarvení, a to podle teploty, při které vznikají. Zasažení oblasti opaly může být plošné nebo lokální.

Opaly jsou dle teplotních rozsahů jejich vzniků klasifikovány jako:

- Nízkoteplotní – po odleptání se tyto opaly detekují v zabarvení barvy žluté až žluto-modré
- Vysokoteplotní – po odleptání se tyto opaly detekují v zabarvení barvy modré

Po každém procesu obrábění mohou na povrchu nově vytvořené vrstvy vzniknout trhliny. Jedná se vždy o negativní jevy, které jsou způsobeny objemovou změnou při ochlazení. Vyskytovat se mohou na okrajích opalů, jako teplotní přechod, nebo jen jako příčina strukturní změny. Nebezpečí představují v tom, že se v nich koncentruje napětí, které následně může vlivem zatížení a používání součásti iniciovat vznik dalších trhlín nebo šíření této trhliny. [12]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

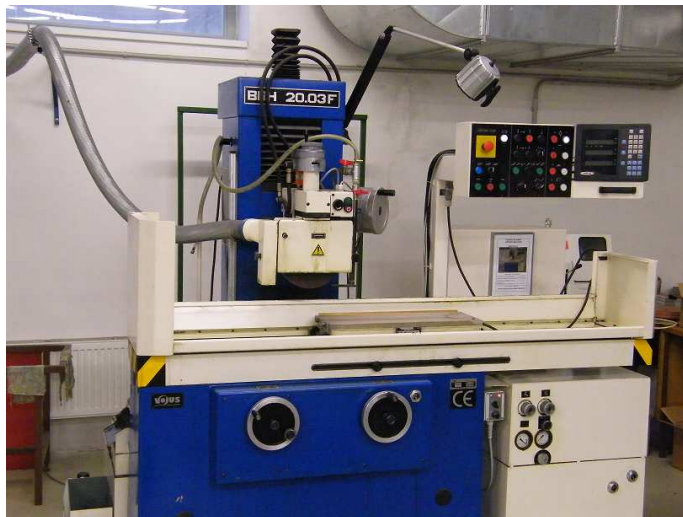
1. Volba testovacích materiálů
2. Volby vhodného broušicího kotouče
3. Volba technologických podmínek pro broušení
4. Způsoby snímání: kontaktní způsob – podélný směr (SJ)
 - příčný směr (VZ)
 - bezkontaktní způsob – podélný směr (SJ)
 - příčný směr (VZ)
 - Vyhodnocované parametry drsnosti povrchu: Ra, Rz, Rq, Rt.
5. Velikost výběrového souboru budu volit $N_{total} = 30$ měření.
6. Praktické statistické vyhodnocení
 - Kontrola odlehlých hodnot.
 - Testy normality provedu pro Ra.
 - Sestrojení pásových korelačních diagramů.
6. Provedu ekonomické zhodnocení
7. Závěr diplomové práce

5 POUŽITÝ OBRÁBĚCÍ STROJ A MĚŘICÍ PŘÍSTOJE

5.1 Rovinné broušení obvodem kotouče

5.1.1 Rovinná bruska BRH 20.03 F

K broušení vzorků jsem použil brusku BRH 20.03 F. Tato bruska je určená k broušení rovinných a tvarových ploch součástek z ocelí, litiny a ostatních kovových materiálů, u kterých se vyžaduje dosažení vysoké přesnosti a kvality zpracování. Broušené součástky se podle svého tvaru mohou upínat na elektromagnetickou desku, nebo přímo prostřednictvím vhodných upínačů na upínací plochu stolu. [9]



Obrázek 35. Rovinná bruska BRH 20.03 F

Tabulka 4. Parametry brusky BRH 20.03 F

Parameter	Metrická sústava		Paľcová sústava	
	Jednotka	Hodnota	Jednotka	Hodnota
Pracovná plocha stola	mm	200x630	inch	7,9x24,8
Najväčšia šírka brúsenia bez výbehu brúsneho kotúča	mm	230	inch	9
Najväčšia dĺžka brúsenia	mm	630	inch	24,8
Max. vzdialenosť osi vretena od upínacej plochy stola	mm	525	inch	20,7
Rozmery br. kotúča (Ø x šírka x upín.diera)	mm	250x20-50x76	inch	10x0,8-2x3
Minimálny priemer brús. kotúča	mm	120	inch	4,7
Max. šírka zložených brúsnych kotúčov	mm	100	inch	4
Priemer brúsneho vretena	mm	50	inch	2
Upínací kužel brúsneho vretena	1:5		1:5	
Max. pôdorysná plocha stroja (dĺžka x šírka)	m	2,7x1,5	inch	106,3x59
Výška stroja	mm	2240	inch	88,2
Hmotnosť stroja	kg	1860	lb	4100

5.1.2 Volba broušicího kotouče

Pro rovinné broušení obvodem, byl použit broušicí kotouč z materiálu Al_2O_3 - umělého bílého korundu. **Tento broušicí kotouč jsem zvolil z toho důvodu, že se nejčastěji používá v nástrojařské a sériové výrobě.**

Označení broušicího kotouče:

44 451 2266 00 34 A 99B 80 Is (K) 9 V max. 3055 RPM

Rozměry broušicího kotouče: 250 x 25 x 76 [mm]

5.1.3 Technologické podmínky pro broušení

Řezná rychlost v_c se vyjádří vztahem:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{60 \cdot 1000}$$
$$v_c = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 2550}{60 \cdot 1000}$$
$$v_c = 33,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

d_s – průměr broušicího kotouče [mm]

n_s – frekvence otáčení broušicího kotouče [min^{-1}]

Zvolené posuvové rychlosti stolu brusky: 2,5; 12,5; 20; 23 [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

Posuvové rychlosti stolu brusky zvolil vedoucí diplomové práce. Řezná rychlost broušicího kotouče byla konstantní. Při experimentu nebyla použita řezná kapalina. Proces broušení probíhal bez vyjiskřování.

Odebíraná tříška:

- na jedné straně vzorku: 0,01 [mm]
- na druhé straně vzorku 0,02 [mm]

5.1.4 Zvolený testovací materiál a jeho charakteristika

Ocel 102Cr6

Tyto oceli jsou legovány chromem, popřípadě chromem a manganem či křemíkem a hliníkem. Jsou to nejvíce používané slitinové oceli, které umožňují dosáhnout velmi dobrých vlastností bez použití nedostatkových prvků. Obvykle se cementují, zušlechťují, kalí, některé jsou určeny k nitrídování. Chromové oceli jsou vhodným materiálem na součásti kulčkových a válečkových ložisek. Na tyto oceli je kladen velký požadavek, co se týká mikročistoty materiálu. Sleduje se hlavně velikost a tvar nekovových vměstků, zejména siřníků a oxidů, hlavně Al_2O_3 . [17]

Tabulka 5. Chemické složení oceli 102Cr6

Značka	Chemické složení v %								
	C	Mn	Si	Cr	Ni max.	Cu max.		Mo	W
102Cr6	0,90 – 1,10	0,30 – 0,50	0,15 – 0,35	1,30 – 1,65	0,30	0,25			

Rozměry vzorku: 100 x 21 x 10 [mm]

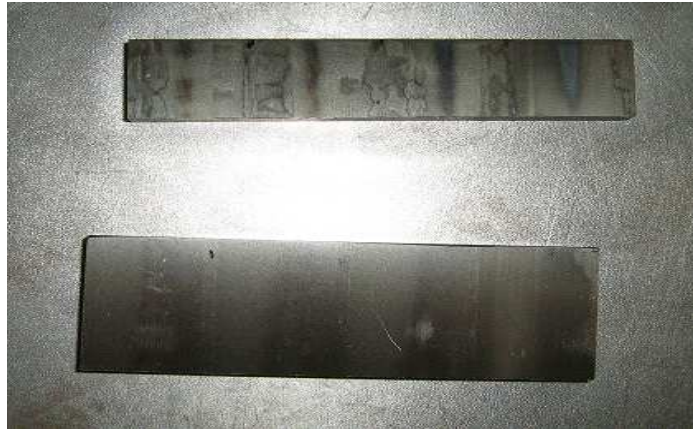
Ocel X210Cr12

Tato ocel je vhodná pro řezné nástroje měkčích materiálů menšími rychlostmi. Nástroje pro obrábění silně abrazivních materiálů. Nástroje pro stříhání za studena – velmi namáhané nástroje s velkou výkonností pro stříhání a děrování kovových materiálů. Nástrojů pro tváření zastudena – velmi namáhané, tvarově jednoduché nástroje s velkou odolností proti opotřebení při menších nárocích na houževnatost. [7]

Tabulka 6. Chemické složení oceli X210Cr12

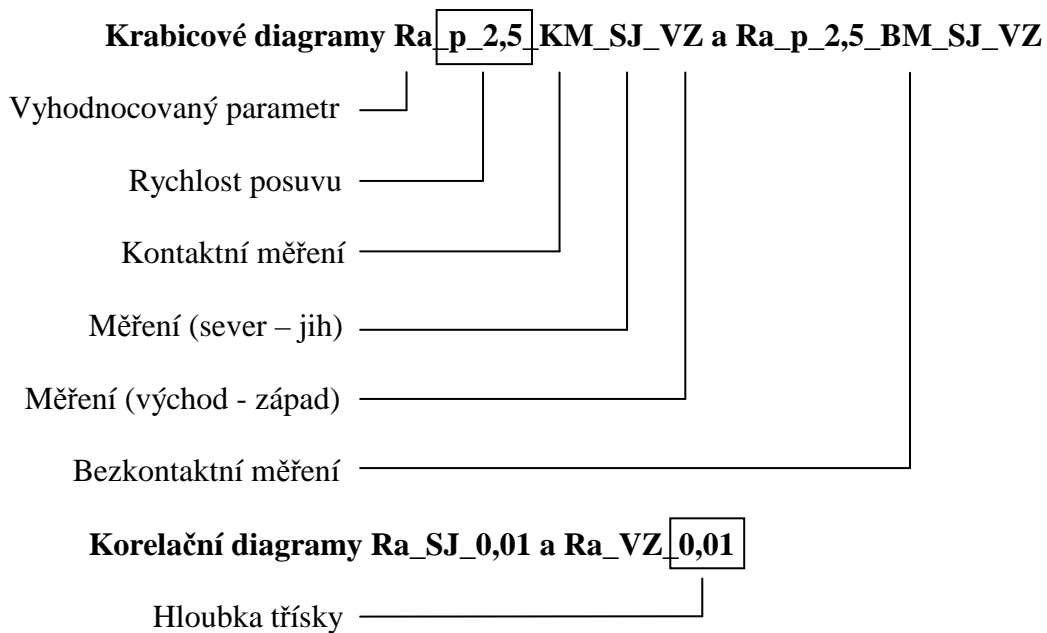
Značka	Chemické složení v %								
	C	Mn	Si	P max.	S max.	Cr	Ni max.		
19 436	1,80 – 2,05	0,20 – 0,45	0,20 – 0,45	0,030	0,035	11,0 – 12,5	0,50		

Rozměry vzorku: 101 x 36 x 10 [mm]



Obrázek 36. Obrobené vzorky

5.1.5 Příklad značení jednotlivých vzorků



5.2 Použité měřicí přístroje

5.2.1 Dotykový měřicí přístroj Mitutoyo SJ – 301

Tento typ měřicího přístroje je určen pro měření drsnosti povrchu v dílenském prostředí. Přístroj splňuje kritéria mezinárodních standardů ISO, DIN, ANSI, JIS. Přístroj obsahuje dotykový snímací hrot, který měří strukturu povrchu a vyhodnotit za pomoci řady parametrů podle národních a mezinárodních norem. V mém případě bylo provedeno měření dle normy ČSN EN ISO 4287.

Výsledky měření se zobrazují digitálně a graficky za pomoci vestavěné tiskárny se mohou průběhy drsnosti i s jeho hodnotami vytisknout.

Základní vlastnosti přístroje:

Měřené parametry: Ra, Ry, Rz, Rt, Rq, Rv, Sm, S, Pc, R3z, mr, Rpk, Rvk, Rk, Mr1, Mr2, Lo, R, AR, Rx, A1, A2.

Grafická analýza: BAC1, BAC2, ADC

Pracovní rozsah: Ra 0,01 - 75 μ m, Ry/Rz 0,02 – 300 μ m

Délka posuvu: 0,08; 0,25; 0,08; 2,5 a 8 mm

Vzorkování: x1, x3, x5; digitální filtr a zvětření

Statistika: minimální hodnota, maximální hodnota, směrodatná odchylka, rozložení frekvence, pass ratio

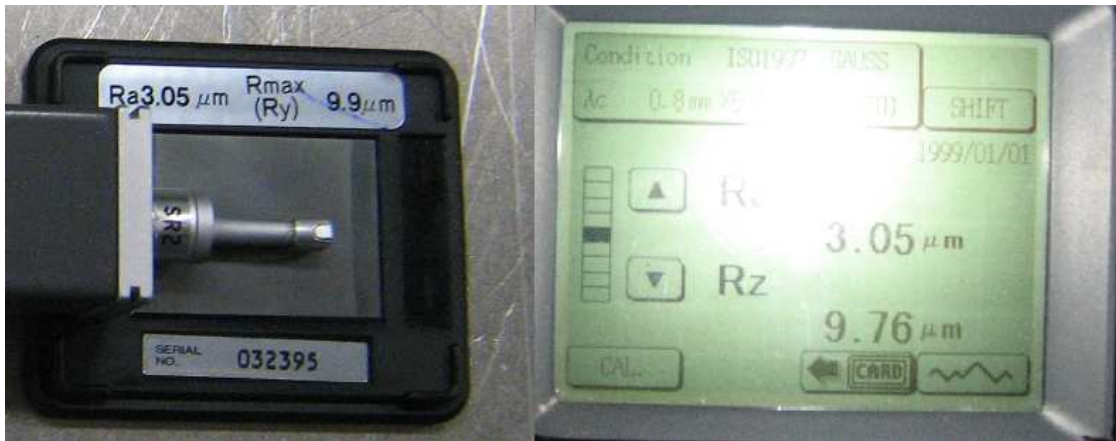
Rozhraní RS232 pro připojení tiskárny nebo PC [4]



Obrázek 37. Dotykový měřicí přístroj Mitutoyo SJ – 301

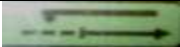
5.2.2 Kalibrace dotykového měřicího přístroje Mitutoyo SJ – 301

Před měřením nejprve zkontrolujeme, zda je v přístroji vložen správný dotykový hrot o označení SR2, kterým se měří kovové materiály. Přístroj jsem podložil podložkami, aby byl při kalibraci a také při měření co nejvíce vodorovně. V přístroji se nastaví požadované hodnoty ke kalibraci. Přístroj kalibrujeme na kalibrační podložce.



Obrázek 38. Kalibrační podložka a zobrazené parametry profilu drsnosti

Tabulka 7. Zadané parametry pro měření

STAND.	ISO 97	N	5
PROFILE	R	RANGE	AUTO
FILTER	GAUSS	SPEED	0,25 mm/s
λ_c	0,8 mm		ON



Obrázek 39. Vyhodnocené parametry přístrojem Mitutoyo SJ – 301

5.2.3 Talysurf CLI 500

Talysurf CLI 500 je doporučován především z hlediska ekonomické a prostorové efektivity. Je přednostně určen pro výrobce malých součástí, kterým pro instalaci stačí půdorysná plocha stolu 500 x 310 mm. Zatímco Talysurf CLI bude automaticky měřit, může operátor provádět jinou práci. [5] [14]



Obrázek 40. Talysurf CLI 50

Tabulka 8. Technická specifikace přístroje

Funkce, velikost a hmotnost	CLI 500
Prostor měření D x H x V	50 x 50 x 50mm
Délka posuvu na osách X - Y - Z	50mm
Osové rozlišení (datová rozteč X - Y)	5 μ m
Rozměry D x H x V	500 x 310 x 450mm
Nosnost	10Kg
Hmotnost	55 Kg
rychlost měření	30; 15; 10; 5;1; 0,5 mm/s
rychlost polohování (osy X - Y)	30 mm/s maximum

Tabulka 9. Přímost dráhy posuvu

Přímost dráhy posuvu (délka jednoho profilu)	50mm	100mm	150mm	200mm
Výstupek - prohlubeň (Pt) nekorigováno	0.6 μ m	0.1 μ m	0.2.5 μ m	5 μ m
Výstupek - prohlubeň (Pt) korigováno	0.3 μ m	0.4 μ m	0.7 μ m	1.2 μ m

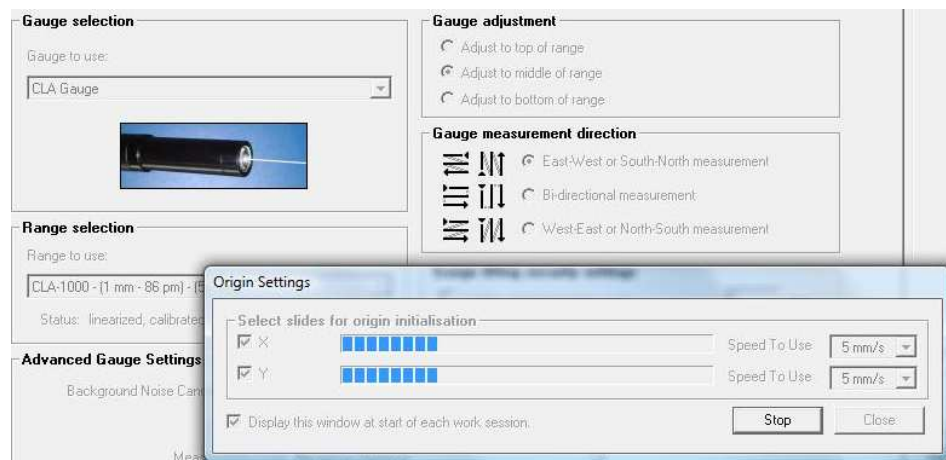
Tabulka 10. Typ a vlastnosti snímače

Typ a vlastnosti snímače	Rozsah	Vertikální rozlišení	Příčné rozlišení	Sklon měření
Laserový triangulační snímač 2000 Hz frekvence snímání	10mm	1 μ m	30 μ m	40°4
Laserový triangulační snímač 2000 Hz frekvence snímání	30mm	3 μ m	70 μ m	25°4
CLA konfokální snímač 5000 Hz frekvence snímání	3mm	100 nm	5 μ m	13°
CLA konfokální snímač 5000 Hz frekvence snímání	1mm	3nm	2 μ m	20°
CLA konfokální snímač - HE 5000 Hz frekvence snímání	300 μ m	10nm	1 μ m	25°
Form Talysurf indukční snímač s diamantovým hrotem R 2 μ m	2,5 – 0,5 – 0,1mm	40 – 10 – 2nm	2 μ m	45°5

5.2.4 Obsluha přístroje Talysurf CLI 500

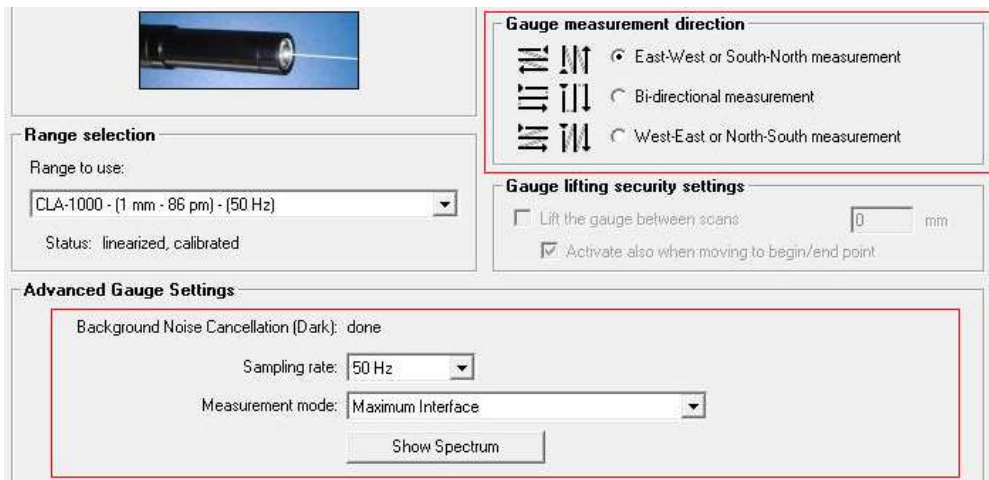
Po umístění měřeného objektu na měřicí přístroj se spustí příslušný software, pomocí kterého se přístroj ovládá. Provede se kalibrace a nastaví se parametry měření.

Po načtení úvodního okna programu se klikne na tlačítko *start* a provede se automatická kalibrace přístroje. Kalibraci jsem provedl před každým snímáním dané plochy.



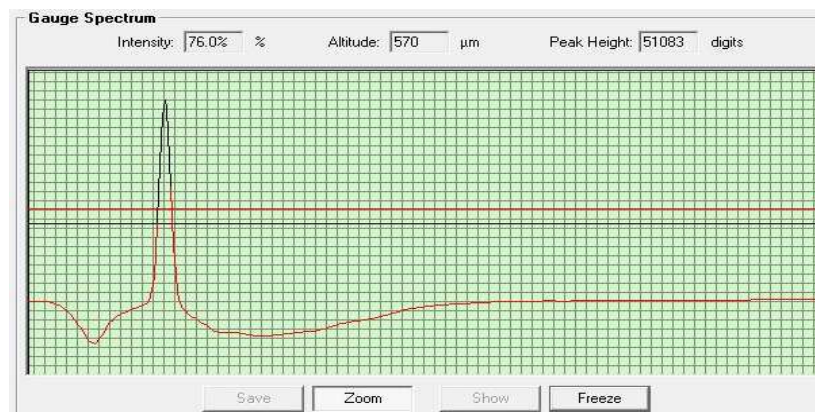
Obrázek 41. Kalibrace přístroje Talysurf CLI 500

Po provedení kalibrace přístroje se nastaví vzorkovací frekvence 50 Hz. Dále se nastaví režim měření a směr měření.



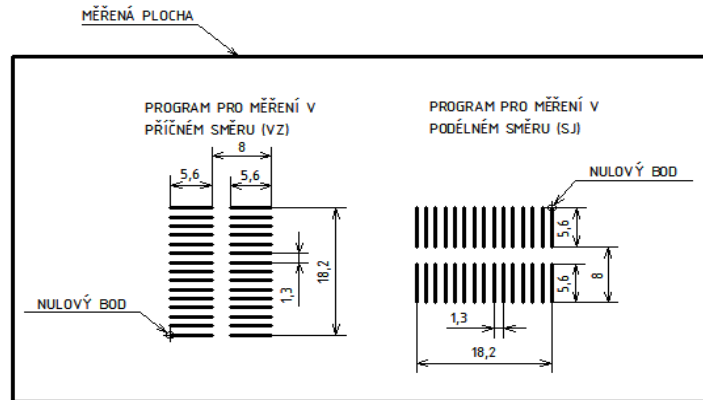
Obrázek 42. Nastavení parametrů měření

Dalším krokem bylo nastavení odrazivosti. Odrazivost musí být větší než 50%. Mě se podařilo nastavit odrazivost na 76%, která byla vyhovující.



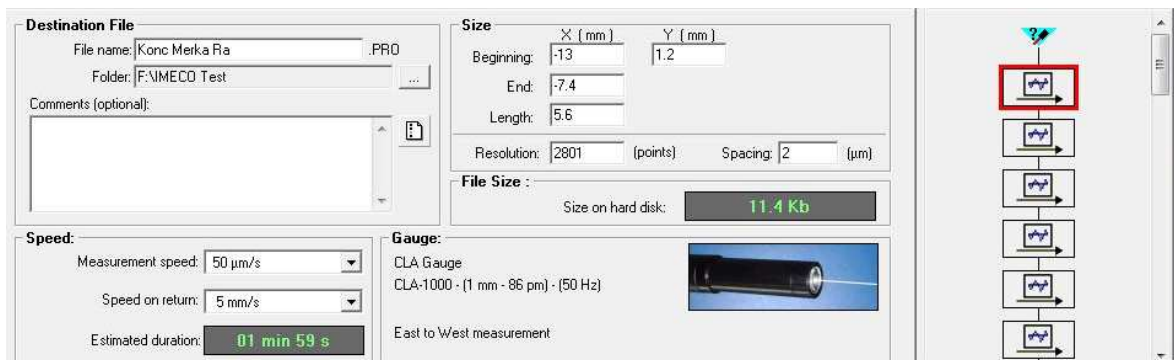
Obrázek 43. Nastavení odrazivosti

Poslední krokem bylo nastavení měření ve 2D. Pro měření v podélném i příčném směru jsem zhotovil program.



Obrázek 44. Program pro bezkontaktní měření

Měřená délka byla nastavena na 5,6 mm, aby měření povrchu bezkontaktním způsobem bylo co nejvíce podobné měření kontaktním způsobem. Přičemž 0,8 mm z každé strany byl náběh a přeběh. Základní délka profilu drsnosti byla nastavena na 0,8 mm, celková délka profilu drsnosti byla tedy 4 mm. Jako filtr profilu byl použit Gaussův filtr.

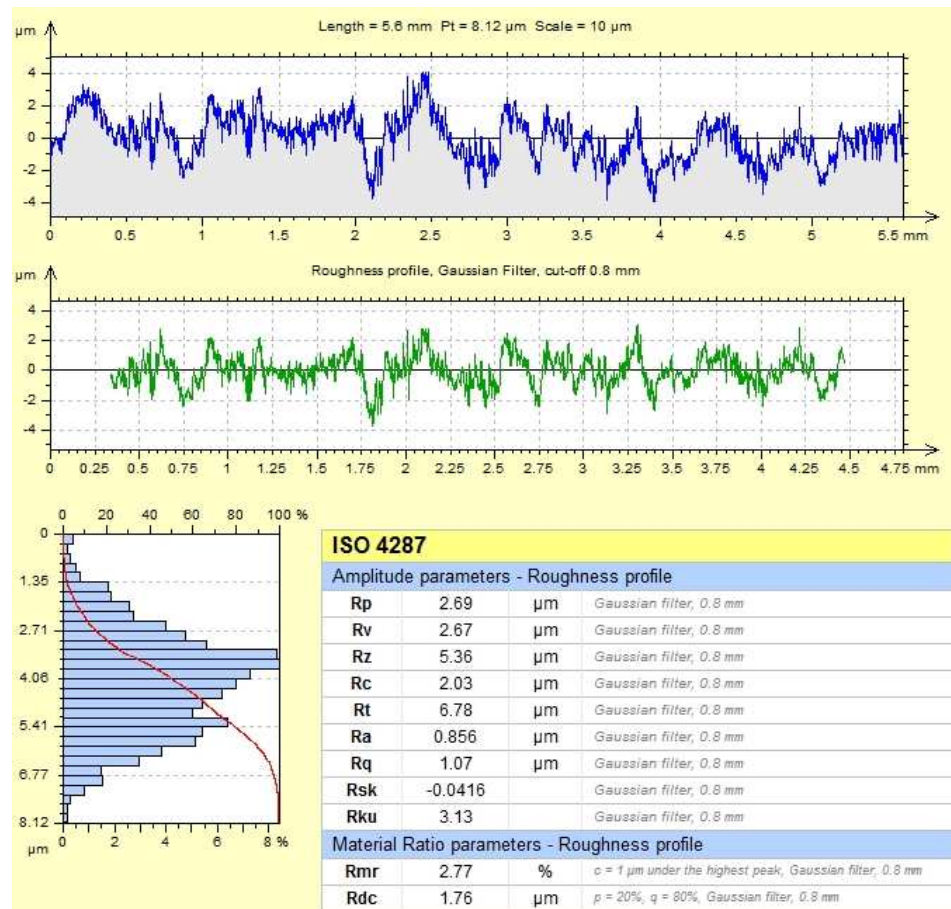


Obrázek 45. Nastavení parametrů měření

5.2.5 Výsledky měření na přístroji Talysurf CLI 500

Po dokončení měření jsem provedl vyhodnocení pomocí software Talymap Gold. Provedl jsem 30 měření v podélném (SJ) a 30 měření v příčném (ZV) směru.

Podle normy ČSN EN ISO 42 87 a ČSN EN ISO 42 88 jsem získal parametry: Ra, Rz, Rq, Rt. V software jsem provedl vyrovnání povrchu (metoda nejmenších čtverců).



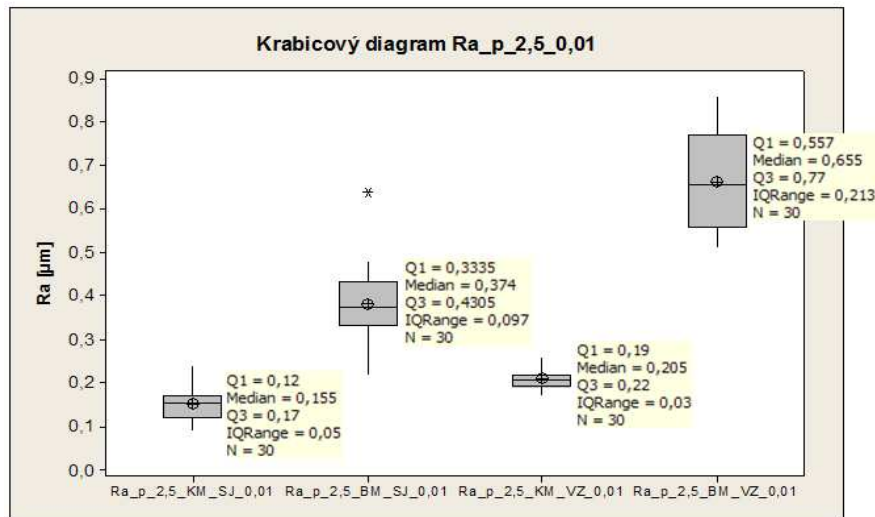
Obrázek 46. Ukázka vyhodnocených parametrů softwarem Talymap Gold

6 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Pro statistické vyhodnocení výsledků jsem použil software MINITAB 14.

6.1 Vyhodnocení výsledků pro ocel 102Cr6 a hloubku třísky 0,01 mm

6.1.1 Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 47. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.2 Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ

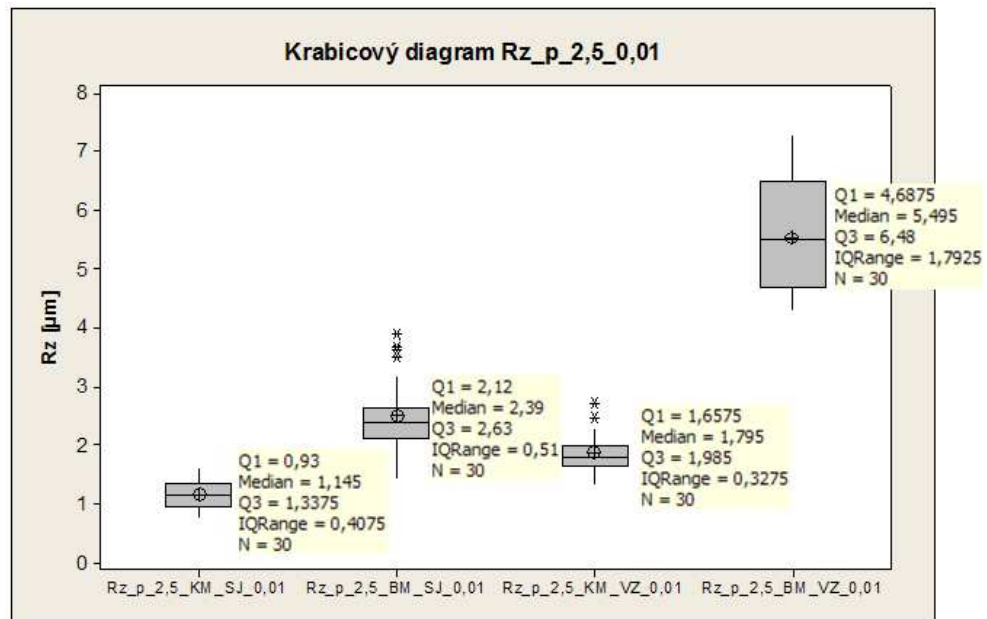
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,15233	0,00693	0,03794	0,00144	24,90	0,09000
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,3831	0,0140	0,0768	0,00590	20,05	0,2190
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,20900	0,00385	0,02107	0,000444	10,08	0,17000
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	30	0,6633	0,0205	0,1123	0,0126	16,93	0,5130

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,12000	0,15500	0,17000	0,24000	0,15000	0,05000
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,3335	0,3740	0,4305	0,6390	0,4200	0,0970
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	0,19000	0,20500	0,22000	0,26000	0,09000	0,03000
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,5570	0,6550	0,7700	0,8610	0,3480	0,2130

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,45	-0,15
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	1,02	3,28
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	0,47	0,03
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,13	-1,73

Obrázek 48. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.3 Krabicový diagram Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 49. Krabicové diagramy Rz pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.4 Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ

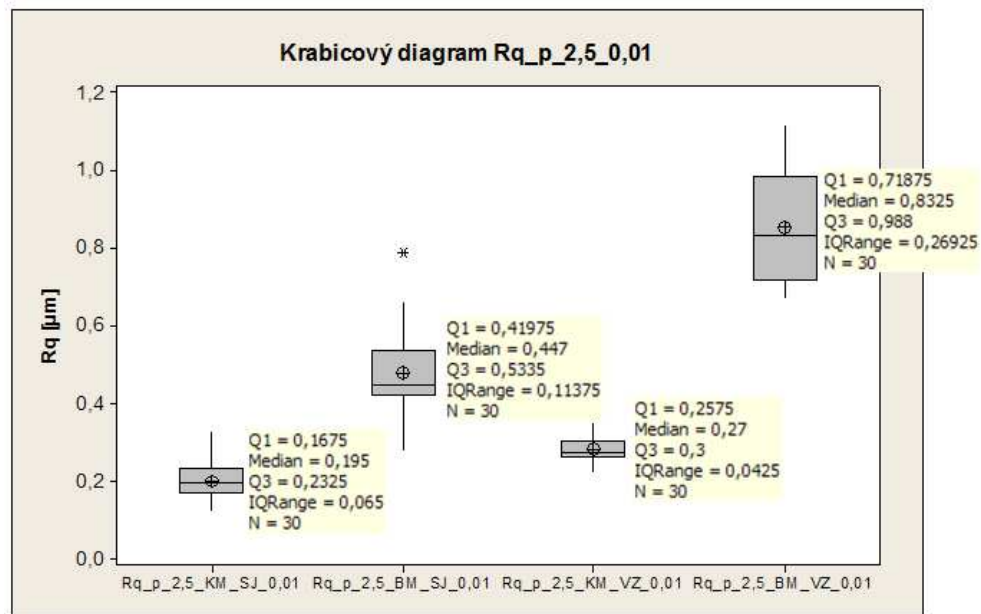
Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,1627	0,0425	0,2325	0,0541	20,00	0,7400
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	30	2,505	0,107	0,587	0,345	23,44	1,430
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	30	1,8593	0,0554	0,3036	0,0922	16,33	1,3300
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	30	5,538	0,170	0,934	0,872	16,86	4,300

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	0,9300	1,1450	1,3375	1,6100	0,8700	0,4075	0,23
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	2,120	2,390	2,630	3,890	2,460	0,510	0,86
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	1,6575	1,7950	1,9850	2,7200	1,3900	0,3275	0,98
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	4,688	5,495	6,480	7,280	2,980	1,793	0,18

Variable	Kurtosis
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	-0,86
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	0,41
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	1,25
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	-1,40

Obrázek 50. Popisné charakteristiky Rz pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.5 Krabicový diagram Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 51. Krabicové diagramy Rq pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.6 Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ

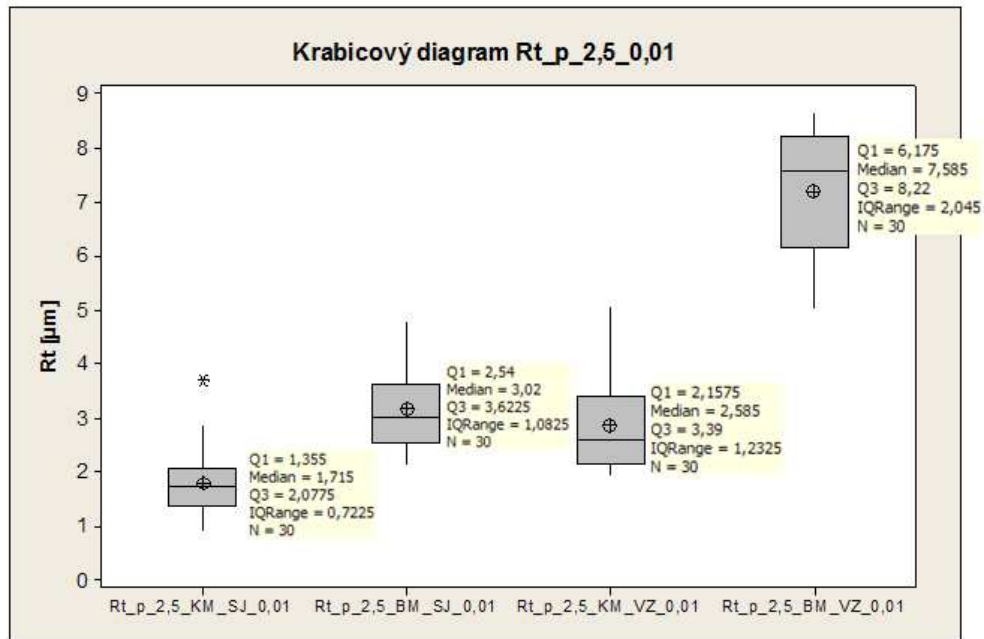
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,19933	0,00903	0,04948	0,00245	24,82	0,12000
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,4751	0,0187	0,1022	0,0104	21,50	0,2770
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,27833	0,00597	0,03270	0,00107	11,75	0,22000
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	30	0,8548	0,0259	0,1418	0,0201	16,59	0,6680

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,16750	0,19500	0,23250	0,33000	0,21000	0,06500
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	0,4198	0,4470	0,5335	0,7890	0,5120	0,1138
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	0,25750	0,27000	0,30000	0,35000	0,13000	0,04250
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	0,7188	0,8325	0,9880	1,1200	0,4520	0,2693

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,68	0,42
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	1,02	2,02
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	0,61	0,03
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	0,21	-1,64

Obrázek 52. Popisné charakteristiky Rq pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.7 Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 53. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.8 Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ

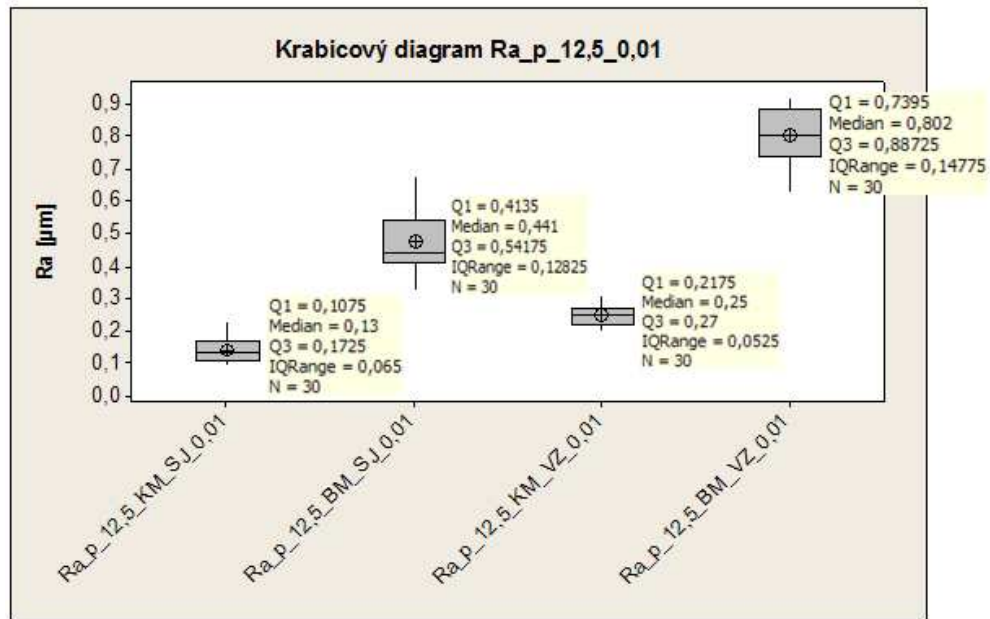
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,800	0,111	0,610	0,372	33,86	0,900
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	30	3,179	0,137	0,749	0,561	23,57	2,120
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	30	2,866	0,159	0,873	0,762	30,45	1,900
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	30	7,229	0,200	1,097	1,204	15,18	5,010

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,355	1,715	2,078	3,700	2,800	0,723	1,23
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	2,540	3,020	3,623	4,810	2,690	1,083	0,66
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	2,158	2,585	3,390	5,090	3,190	1,232	0,95
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	6,175	7,585	8,220	8,690	3,680	2,045	-0,48

Variable	Kurtosis
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,93
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	-0,40
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	0,05
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	-0,87

Obrázek 54. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.9 Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 55. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.10 Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ

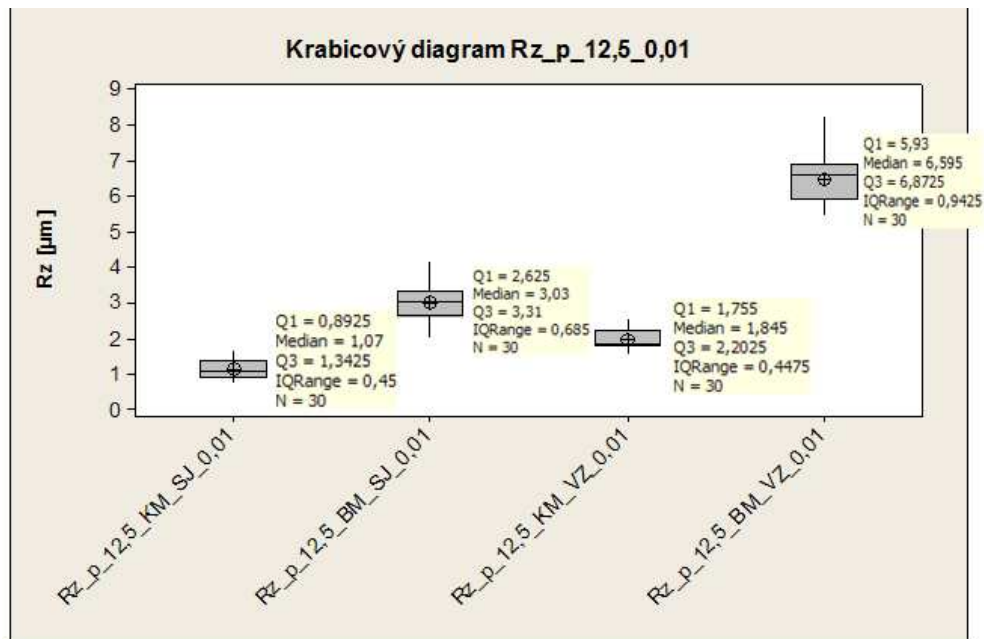
Descriptive Statistics: Ra_p_12,5_KM; Ra_p_12,5_BM; Ra_p_12,5_KM; Ra_p_12,5_BM

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_12,5_KM_SJ_	30	0,14167	0,00757	0,04145	0,00172	29,26	0,09000
Ra_p_12,5_BM_SJ_	30	0,4737	0,0169	0,0924	0,00853	19,50	0,3210
Ra_p_12,5_KM_VZ_	30	0,24767	0,00587	0,03213	0,00103	12,97	0,20000
Ra_p_12,5_BM_VZ_	30	0,8023	0,0151	0,0825	0,00681	10,29	0,6300

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,10750	0,13000	0,17250	0,23000	0,14000	0,06500
Ra_p_12,5_BM_SJ_	0,4135	0,4410	0,5418	0,6790	0,3580	0,1283
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,21750	0,25000	0,27000	0,31000	0,11000	0,05250
Ra_p_12,5_BM_VZ_	0,7395	0,8020	0,8873	0,9190	0,2890	0,1478

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,69	-0,66
Ra_p_12,5_BM_SJ_	0,61	-0,35
Ra_p_12,5_KM_VZ_	-0,02	-1,01
Ra_p_12,5_BM_VZ_	-0,19	-0,86

Obrázek 56. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.11 Popisné charakteristiky $Rz_p_{12,5_KM_SJ_VZ}$ a $Rz_p_{12,5_BM_SJ_VZ}$ 

Obrázek 57. Krabicové diagramy Rz pro posuv $12,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.12 Popisné charakteristiky $Rz_p_{12,5_KM_SJ_VZ}$ a $Rz_p_{12,5_BM_SJ_VZ}$

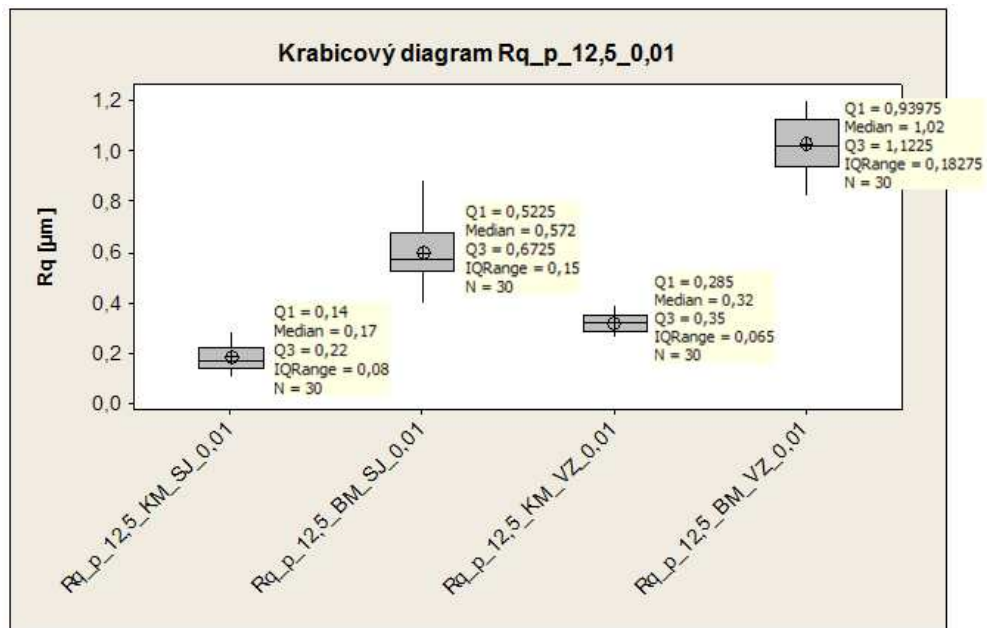
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
$Rz_p_{12,5_KM_SJ_}$	30	1,1173	0,0481	0,2634	0,0694	23,58	0,7300
$Rz_p_{12,5_BM_SJ_}$	30	2,9813	0,0873	0,4779	0,2284	16,03	2,0000
$Rz_p_{12,5_KM_VZ_}$	30	1,9603	0,0519	0,2841	0,0807	14,49	1,5600
$Rz_p_{12,5_BM_VZ_}$	30	6,489	0,113	0,617	0,380	9,50	5,420

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
$Rz_p_{12,5_KM_SJ_}$	0,8925	1,0700	1,3425	1,6900	0,9600	0,4500	0,40
$Rz_p_{12,5_BM_SJ_}$	2,6250	3,0300	3,3100	4,1700	2,1700	0,6850	0,21
$Rz_p_{12,5_KM_VZ_}$	1,7550	1,8450	2,2025	2,5600	1,0000	0,4475	0,54
$Rz_p_{12,5_BM_VZ_}$	5,930	6,595	6,873	8,260	2,840	0,943	0,50

Variable	Kurtosis
$Rz_p_{12,5_KM_SJ_}$	-0,67
$Rz_p_{12,5_BM_SJ_}$	0,16
$Rz_p_{12,5_KM_VZ_}$	-0,89
$Rz_p_{12,5_BM_VZ_}$	0,77

Obrázek 58. Popisné charakteristiky Rz pro posuv $12,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.13 Krabicové diagramy Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 59. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.14 Popisné charakteristiky Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}

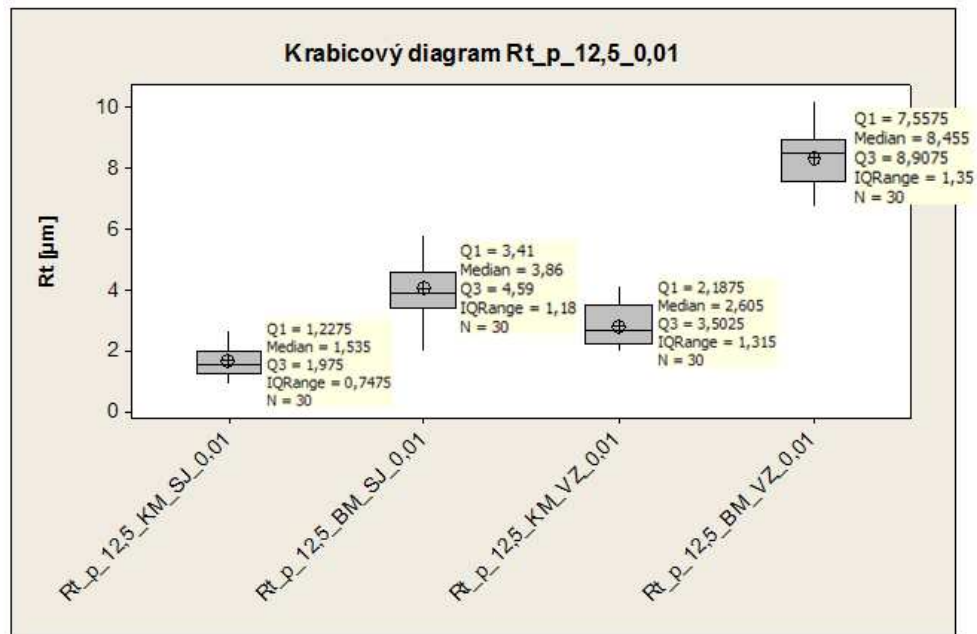
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq _{p_12,5_KM_SJ_}	30	0,18400	0,00963	0,05276	0,00278	28,67	0,11000
Rq _{p_12,5_BM_SJ_}	30	0,5930	0,0199	0,1087	0,0118	18,34	0,3980
Rq _{p_12,5_KM_VZ_}	30	0,31900	0,00745	0,04080	0,00166	12,79	0,26000
Rq _{p_12,5_BM_VZ_}	30	1,0275	0,0179	0,0978	0,00957	9,52	0,8230

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq _{p_12,5_KM_SJ_}	0,14000	0,17000	0,22000	0,29000	0,18000	0,08000
Rq _{p_12,5_BM_SJ_}	0,5225	0,5720	0,6725	0,8850	0,4870	0,1500
Rq _{p_12,5_KM_VZ_}	0,28500	0,32000	0,35000	0,39000	0,13000	0,06500
Rq _{p_12,5_BM_VZ_}	0,9398	1,0200	1,1225	1,2000	0,3770	0,1828

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq _{p_12,5_KM_SJ_}	0,61	-0,70
Rq _{p_12,5_BM_SJ_}	0,66	0,38
Rq _{p_12,5_KM_VZ_}	-0,04	-1,06
Rq _{p_12,5_BM_VZ_}	-0,13	-0,86

Obrázek 60. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.15 Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 61. Krabicové diagramy Rq pro posuv $12,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.16 Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

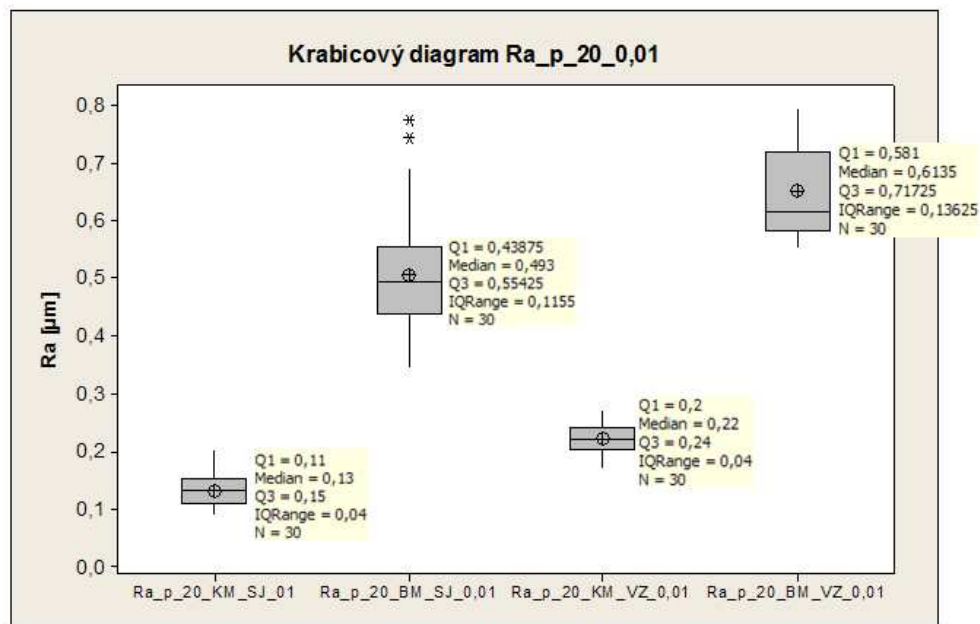
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_12,5_KM_SJ_	30	1,6637	0,0860	0,4710	0,2219	28,31	0,9100
Rt_p_12,5_BM_SJ_	30	4,032	0,156	0,856	0,733	21,24	2,000
Rt_p_12,5_KM_VZ_	30	2,809	0,123	0,673	0,453	23,97	1,970
Rt_p_12,5_BM_VZ_	30	8,323	0,156	0,852	0,725	10,23	6,730

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_12,5_KM_SJ_	1,2275	1,5350	1,9750	2,6300	1,7200	0,7475	0,48
Rt_p_12,5_BM_SJ_	3,410	3,860	4,590	5,770	3,770	1,180	0,17
Rt_p_12,5_KM_VZ_	2,188	2,605	3,503	4,170	2,200	1,315	0,54
Rt_p_12,5_BM_VZ_	7,558	8,455	8,908	10,200	3,470	1,350	0,03

Variable	Kurtosis
Rt_p_12,5_KM_SJ_	-0,43
Rt_p_12,5_BM_SJ_	-0,03
Rt_p_12,5_KM_VZ_	-1,16
Rt_p_12,5_BM_VZ_	-0,54

Obrázek 62. Popisné charakteristiky Rt pro posuv $12,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.17 Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 63. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min^{-1} kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.18 Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ

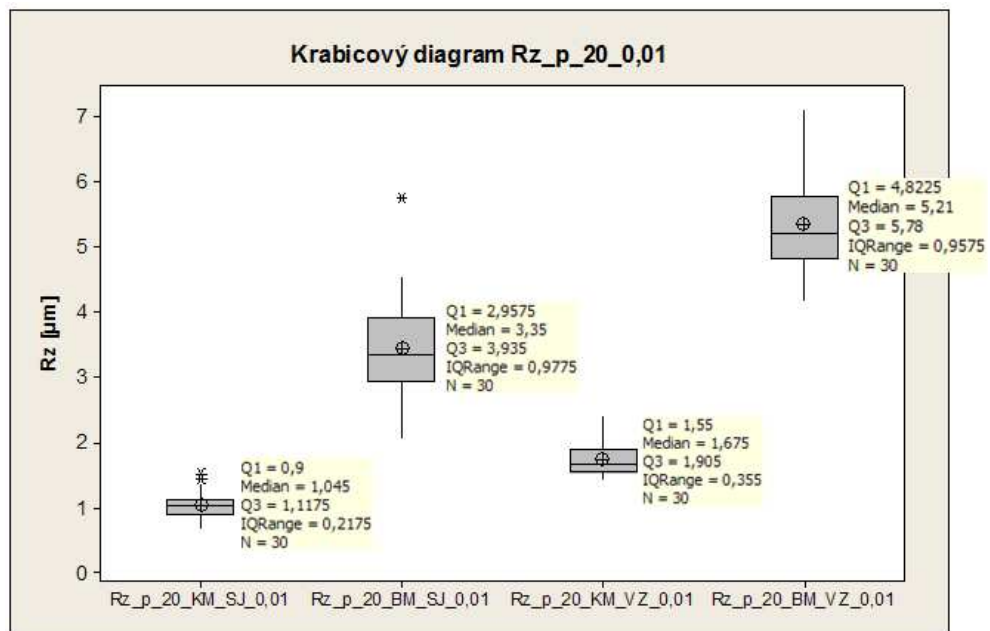
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_20_KM_SJ_01	30	0,13167	0,00477	0,02614	0,000683	19,85	0,09000
Ra_p_20_BM_SJ_0,	30	0,5062	0,0190	0,1039	0,0108	20,53	0,3440
Ra_p_20_KM_VZ_0,	30	0,22000	0,00482	0,02639	0,000697	12,00	0,17000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	30	0,6505	0,0142	0,0780	0,00608	11,99	0,5490

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_20_KM_SJ_01	0,11000	0,13000	0,15000	0,20000	0,11000	0,04000
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,4388	0,4930	0,5543	0,7730	0,4290	0,1155
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,20000	0,22000	0,24000	0,27000	0,10000	0,04000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	0,5810	0,6135	0,7173	0,7930	0,2440	0,1363

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_20_KM_SJ_01	0,49	0,06
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,90	0,92
Ra_p_20_KM_VZ_0,	-0,13	-0,70
Ra_p_20_BM_VZ_0,	0,47	-1,24

Obrázek 64. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min^{-1} kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.19 Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 65. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.20 Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ

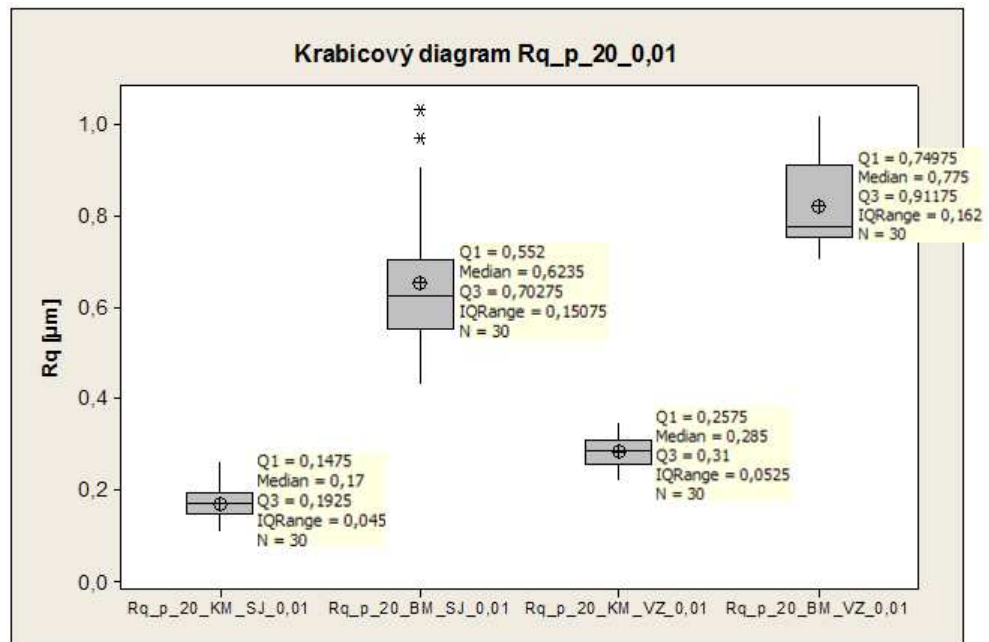
Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_20_KM_SJ_0,	30	1,0443	0,0352	0,1929	0,0372	18,47	0,6800
Rz_p_20_BM_SJ_0,	30	3,452	0,140	0,769	0,592	22,29	2,050
Rz_p_20_KM_VZ_0,	30	1,7413	0,0442	0,2422	0,0587	13,91	1,4300
Rz_p_20_BM_VZ_0,	30	5,345	0,132	0,725	0,526	13,56	4,170

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_20_KM_SJ_0,	0,9000	1,0450	1,1175	1,5300	0,8500	0,2175	0,65
Rz_p_20_BM_SJ_0,	2,958	3,350	3,935	5,760	3,710	0,978	0,80
Rz_p_20_KM_VZ_0,	1,5500	1,6750	1,9050	2,4200	0,9900	0,3550	0,99
Rz_p_20_BM_VZ_0,	4,823	5,210	5,780	7,090	2,920	0,958	0,54

Variable	Kurtosis
Rz_p_20_KM_SJ_0,	0,68
Rz_p_20_BM_SJ_0,	1,51
Rz_p_20_KM_VZ_0,	0,81
Rz_p_20_BM_VZ_0,	-0,17

Obrázek 66. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.21 Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 67. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.22 Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_20_KM_SJ_0,	30	0,17133	0,00610	0,03340	0,00112	19,49	0,11000
Rq_p_20_BM_SJ_0,	30	0,6520	0,0271	0,1485	0,0220	22,77	0,4320
Rq_p_20_KM_VZ_0,	30	0,28367	0,00609	0,03337	0,00111	11,76	0,22000
Rq_p_20_BM_VZ_0,	30	0,8216	0,0170	0,0929	0,00864	11,31	0,7040

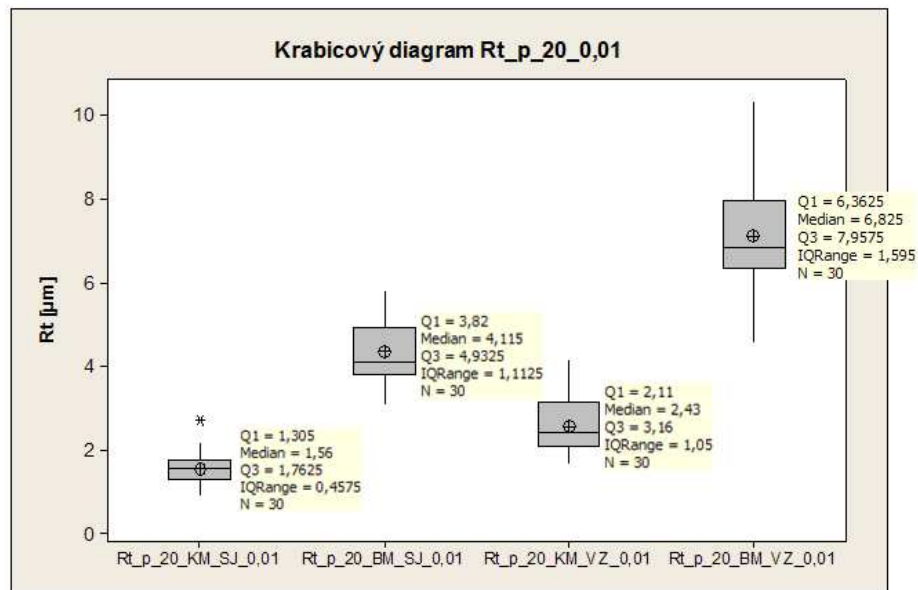
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,14750	0,17000	0,19250	0,26000	0,15000	0,04500
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,5520	0,6235	0,7028	1,0300	0,5980	0,1507
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,25750	0,28500	0,31000	0,35000	0,13000	0,05250
Rq_p_20_BM_VZ_0,	0,7498	0,7750	0,9118	1,0200	0,3160	0,1620

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,48	0,29
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,84	0,62
Rq_p_20_KM_VZ_0,	-0,02	-0,80
Rq_p_20_BM_VZ_0,	0,73	-0,76

Obrázek 68. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.23 Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 69. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.24 Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_20_KM_SJ_0,	30	1,5603	0,0695	0,3809	0,1451	24,41	0,9200
Rt_p_20_BM_SJ_0,	30	4,348	0,136	0,744	0,554	17,12	3,100
Rt_p_20_KM_VZ_0,	30	2,592	0,117	0,643	0,413	24,80	1,660
Rt_p_20_BM_VZ_0,	30	7,106	0,223	1,221	1,491	17,18	4,560

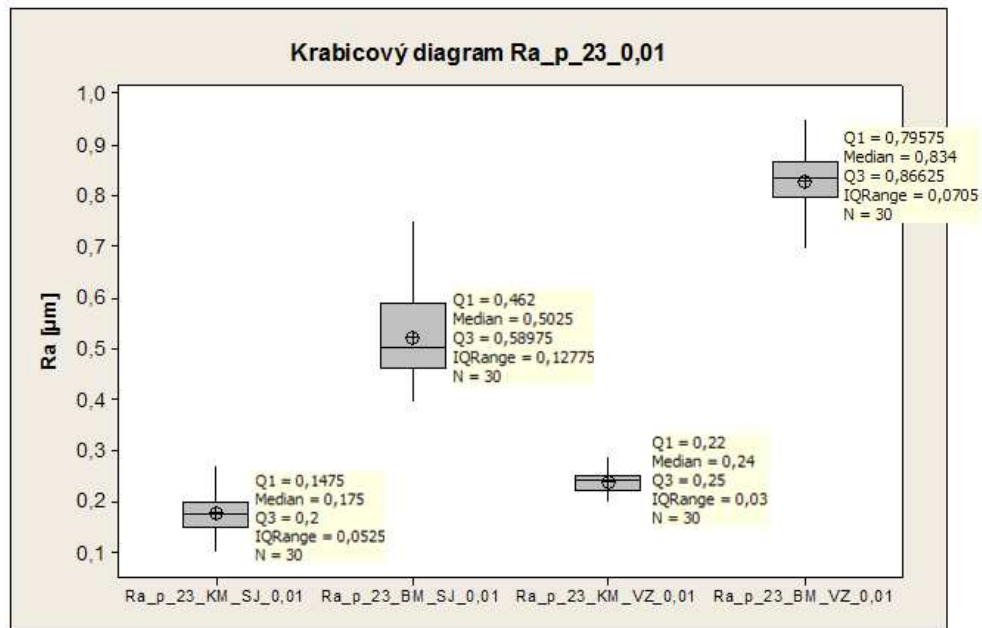
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_20_KM_SJ_0,	1,3050	1,5600	1,7625	2,7100	1,7900	0,4575	0,78
Rt_p_20_BM_SJ_0,	3,820	4,115	4,933	5,800	2,700	1,113	0,52
Rt_p_20_KM_VZ_0,	2,110	2,430	3,160	4,180	2,520	1,050	0,81
Rt_p_20_BM_VZ_0,	6,363	6,825	7,958	10,300	5,740	1,595	0,47

Variable	Kurtosis
Rt_p_20_KM_SJ_0,	1,64
Rt_p_20_BM_SJ_0,	-0,78
Rt_p_20_KM_VZ_0,	-0,14
Rt_p_20_BM_VZ_0,	0,66

Obrázek 70. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.25 Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 71. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.26 Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_23_KM_SJ_0,	30	0,17633	0,00793	0,04343	0,00189	24,63	0,10000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	30	0,5225	0,0156	0,0853	0,00727	16,32	0,3950
Ra_p_23_KM_VZ_0,	30	0,23600	0,00367	0,02010	0,000404	8,52	0,20000
Ra_p_23_BM_VZ_0,	30	0,8279	0,0108	0,0591	0,00349	7,14	0,6930

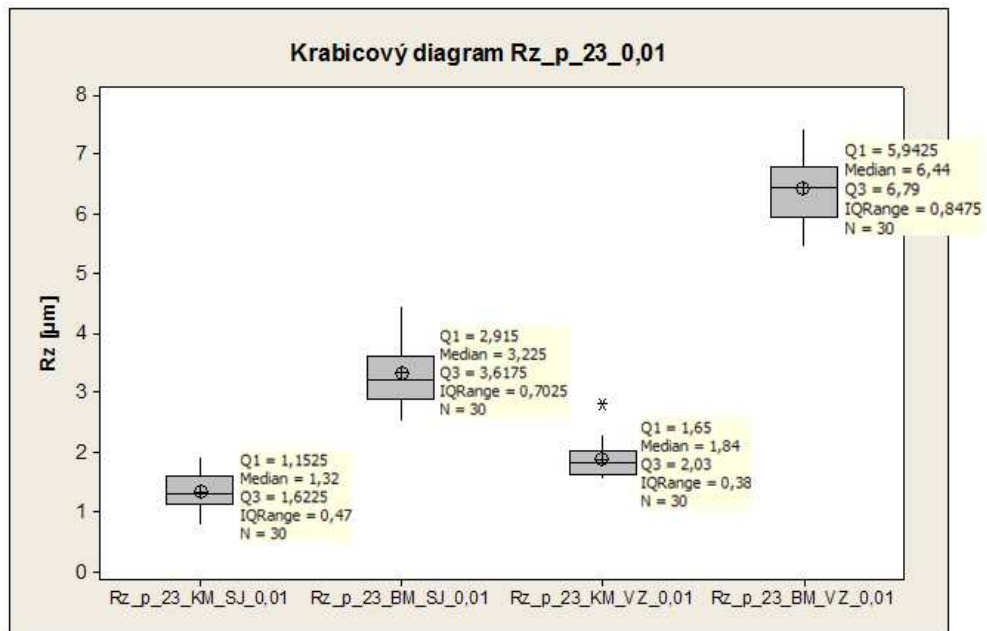
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,14750	0,17500	0,20000	0,27000	0,17000	0,05250
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,4620	0,5025	0,5898	0,7520	0,3570	0,1278
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,22000	0,24000	0,25000	0,29000	0,09000	0,03000
Ra_p_23_BM_VZ_0,	0,7958	0,8340	0,8663	0,9510	0,2580	0,0705

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,52	0,03
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,56	0,20
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,62	0,59
Ra_p_23_BM_VZ_0,	-0,46	0,65

Obrázek 72. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.27 Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ



Obrázek 73. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.28 Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_23_KM_SJ_0,	30	1,3487	0,0572	0,3134	0,0982	23,24	0,8000
Rz_p_23_BM_SJ_0,	30	3,3320	0,0937	0,5134	0,2636	15,41	2,5300
Rz_p_23_KM_VZ_0,	30	1,8817	0,0512	0,2805	0,0787	14,91	1,5600
Rz_p_23_BM_VZ_0,	30	6,429	0,102	0,557	0,310	8,66	5,440

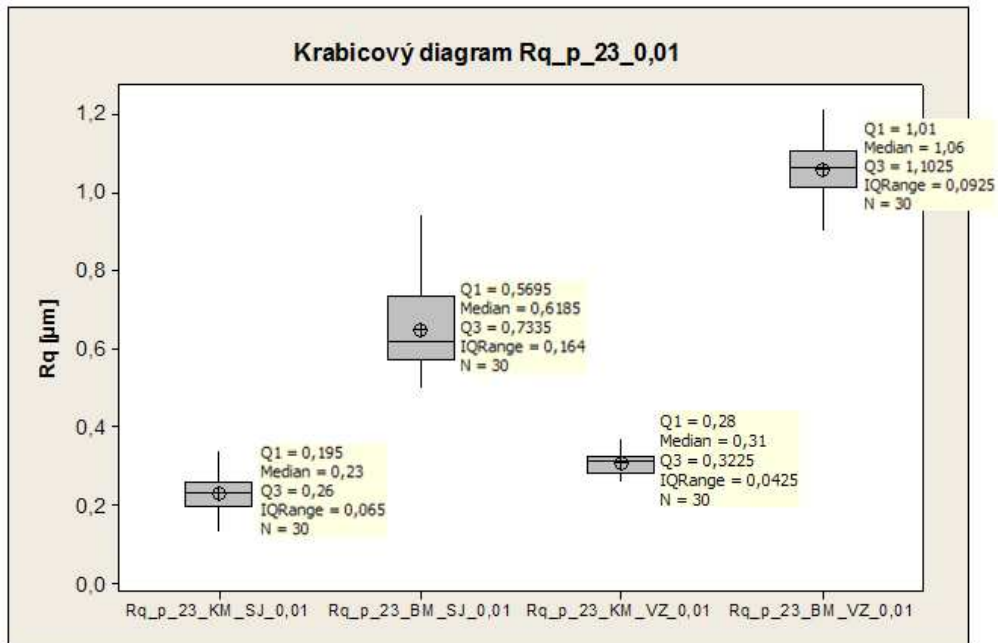
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_23_KM_SJ_0,	1,1525	1,3200	1,6225	1,9400	1,1400	0,4700	0,05
Rz_p_23_BM_SJ_0,	2,9150	3,2250	3,6175	4,4600	1,9300	0,7025	0,63
Rz_p_23_KM_VZ_0,	1,6500	1,8400	2,0300	2,8100	1,2500	0,3800	1,39
Rz_p_23_BM_VZ_0,	5,943	6,440	6,790	7,450	2,010	0,848	0,08

Variable	Kurtosis
Rz_p_23_KM_SJ_0,	-0,64
Rz_p_23_BM_SJ_0,	-0,32
Rz_p_23_KM_VZ_0,	2,70
Rz_p_23_BM_VZ_0,	-0,87

Obrázek 74. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.29 Krabicové diagramy Rq_{p_23_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_23_BM_SJ_VZ}



Obrázek 75. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.30 Popisné charakteristiky Rq_{p_23_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_23_BM_SJ_VZ}

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_23_KM_SJ_0,	30	0,2280	0,0103	0,0567	0,00321	24,85	0,1300
Rq_p_23_BM_SJ_0,	30	0,6494	0,0192	0,1050	0,0110	16,18	0,4980
Rq_p_23_KM_VZ_0,	30	0,30633	0,00541	0,02965	0,000879	9,68	0,26000
Rq_p_23_BM_VZ_0,	30	1,0553	0,0133	0,0730	0,00534	6,92	0,9000

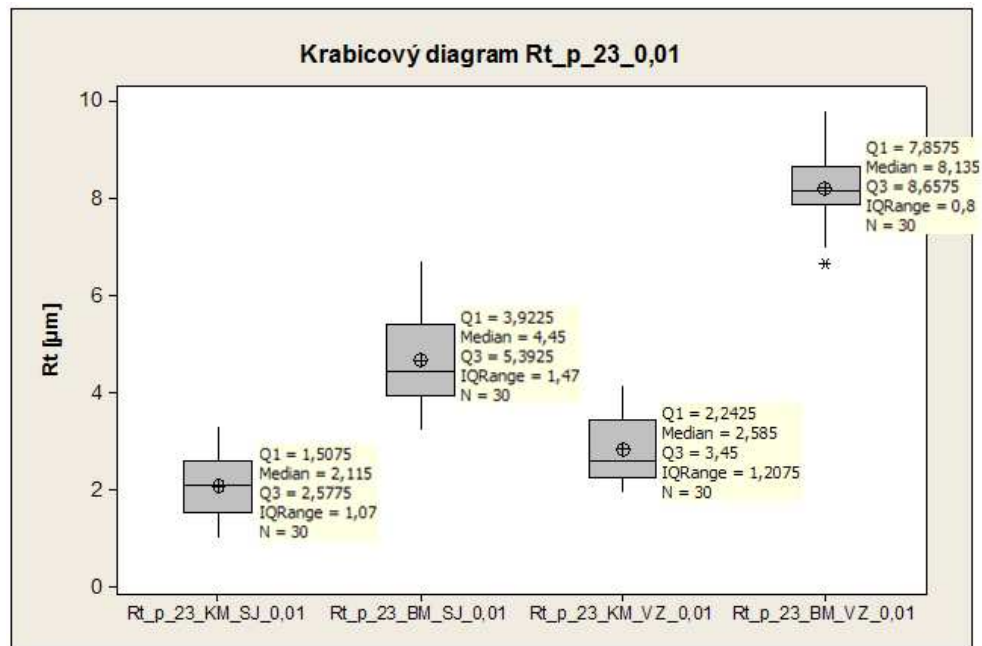
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,1950	0,2300	0,2600	0,3400	0,2100	0,0650
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,5695	0,6185	0,7335	0,9440	0,4460	0,1640
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,28000	0,31000	0,32250	0,37000	0,11000	0,04250
Rq_p_23_BM_VZ_0,	1,0100	1,0600	1,1025	1,2100	0,3100	0,0925

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,29	-0,29
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,64	0,45
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,49	-0,07
Rq_p_23_BM_VZ_0,	-0,18	0,13

Obrázek 76. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.31 Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 77. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.32 Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_23_KM_SJ_0,	30	2,080	0,108	0,592	0,350	28,45	1,010
Rt_p_23_BM_SJ_0,	30	4,636	0,163	0,891	0,795	19,23	3,210
Rt_p_23_KM_VZ_0,	30	2,811	0,124	0,681	0,463	24,22	1,930
Rt_p_23_BM_VZ_0,	30	8,204	0,136	0,745	0,555	9,08	6,630

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_23_KM_SJ_0,	1,508	2,115	2,578	3,290	2,280	1,070	-0,01
Rt_p_23_BM_SJ_0,	3,923	4,450	5,393	6,720	3,510	1,470	0,59
Rt_p_23_KM_VZ_0,	2,243	2,585	3,450	4,140	2,210	1,208	0,56
Rt_p_23_BM_VZ_0,	7,858	8,135	8,658	9,770	3,140	0,800	-0,18

Variable	Kurtosis
Rt_p_23_KM_SJ_0,	-0,99
Rt_p_23_BM_SJ_0,	-0,24
Rt_p_23_KM_VZ_0,	-0,88
Rt_p_23_BM_VZ_0,	0,24

Obrázek 78. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.1.33 Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,01 pro kontaktní a bezkontaktní měření

Test normality jsem provedl podle Kolmogorov – Smirnova na konfidenční úrovni $1 - \alpha = 0,95$ pro $N_{total} = 30$. Rozhodujícím kritériem, zda naměřené hodnoty mají charakter normální rozdělení, je hodnota koeficientu P.

Platí: H_0 – Výběrový soubor má charakter normálního rozdělení

H_A – Výběrový soubor nemá charakter normálního rozdělení

Pokud hodnota koeficientu „ $P < 0,05$ “, zamítám nulovou hypotézu o normálním rozdělení na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ve prospěch hypotézy alternativní.

Tabulka 11. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory

Náhodné výběrové soubory	H_0 (Zamítám/Nezamítám)	P – value [-]
Ra_p_2,5_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_BM_SJ_0,01	Nezamítám	0,052
Ra_p_20_BM_SJ_0,01	Zamítám	0,036
Ra_p_23_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_VZ_0,01	Zamítám	< 0,010
Ra_p_12,5_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_BM_VZ_0,01	Zamítám	< 0,010
Ra_p_23_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150

6.1.34 Korelační diagramy Ra_SJ_0,01 a Ra_VZ_0,01 pro ocel 102Cr6

K určení korelačních diagramů jsem použil dvoustranný statistický toleranční interval; m, σ neznámé. Postupoval jsem podle ČSN ISO 16269 – 6, stanovil jsem pro danou konfidenční úroveň pravděpodobnost pokrývající specifický podíl základního souboru.

Dvoustranný statistický toleranční interval; m, σ neznámé

$$\bar{x} \pm k_2' s; \left[s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right] \quad (8)$$

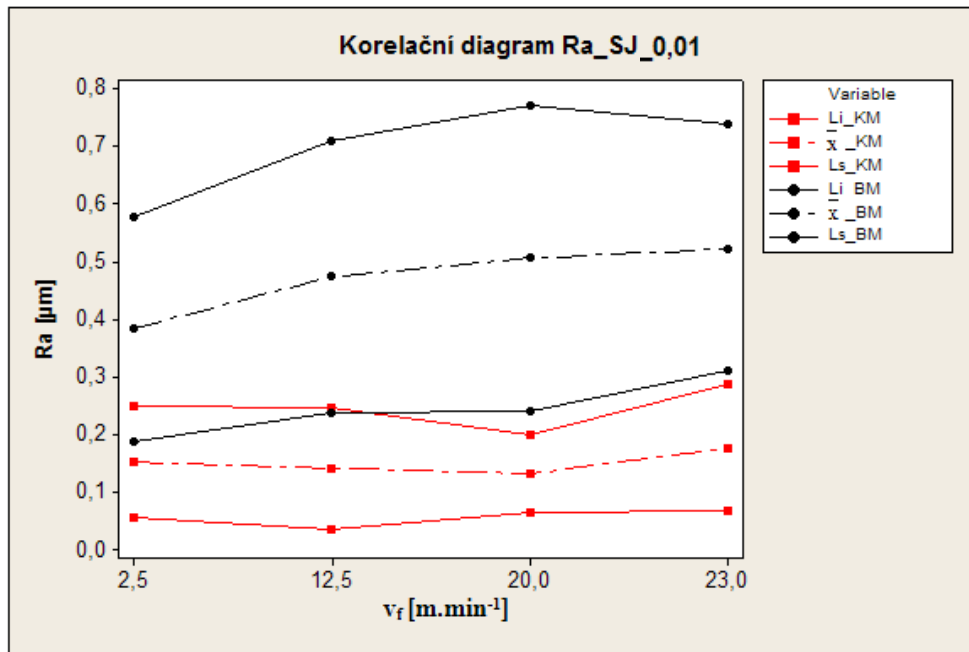
Podle ČSN ISO 16269-6 se určí hodnoty:

- podíl základního souboru zvolený pro dvoustranný statistický toleranční interval
- konfidenční úroveň: $1 - \alpha = 0,95$
- rozsah výběru: $N_{\text{total}} = 30$, součinitel $k_2'_{(N,P,1-\alpha)} = k_2'_{(N=30; 0,05; 0,95)} = 2,55$ – určen z tabulky z ČSN ISO 16269 – 6.

K výpočtu jsem použil odhadu aritmetického průměru a směrodatné odchylky výběrového souboru, tyto hodnoty jsem získal ze software MINITAB 14. Nakonec jsem spočítal dvoustranný statistický toleranční interval. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách.

Tabulka 12. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,01

Li_KM [μm]	\bar{x}_{KM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x}_{BM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]
0,056	0,1523	0,0379	0,249	0,187	0,3831	0,0768	0,579	2,5
0,034	0,1417	0,0415	0,247	0,238	0,4737	0,0924	0,709	12,5
0,065	0,1317	0,0261	0,198	0,241	0,5062	0,1039	0,771	20
0,066	0,1763	0,0434	0,287	0,311	0,5225	0,0853	0,740	23

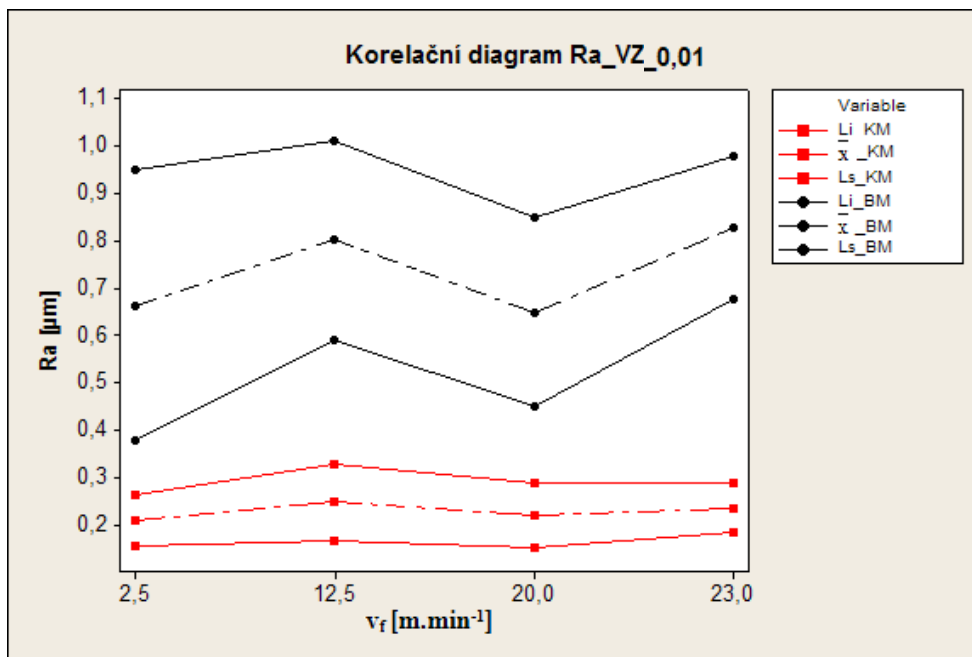


Obrázek 79. Korelační diagram Ra_SJ_0,01 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel 102Cr6

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

Tabulka 13. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,01

Li_KM [µm]	\bar{x}_{KM} [µm]	St. dev. [µm]	Ls_KM [µm]	Li_BM [µm]	\bar{x}_{BM} [µm]	St. dev. [µm]	Ls_BM [µm]	posuv [m.min ⁻¹]
0,155	0,2090	0,0211	0,263	0,377	0,6630	0,1123	0,950	2,5
0,166	0,2477	0,0321	0,248	0,592	0,8023	0,0825	1,013	12,5
0,153	0,2200	0,0264	0,288	0,287	0,6505	0,0780	0,849	20
0,185	0,2360	0,0201	0,287	0,287	0,8279	0,0591	0,828	23

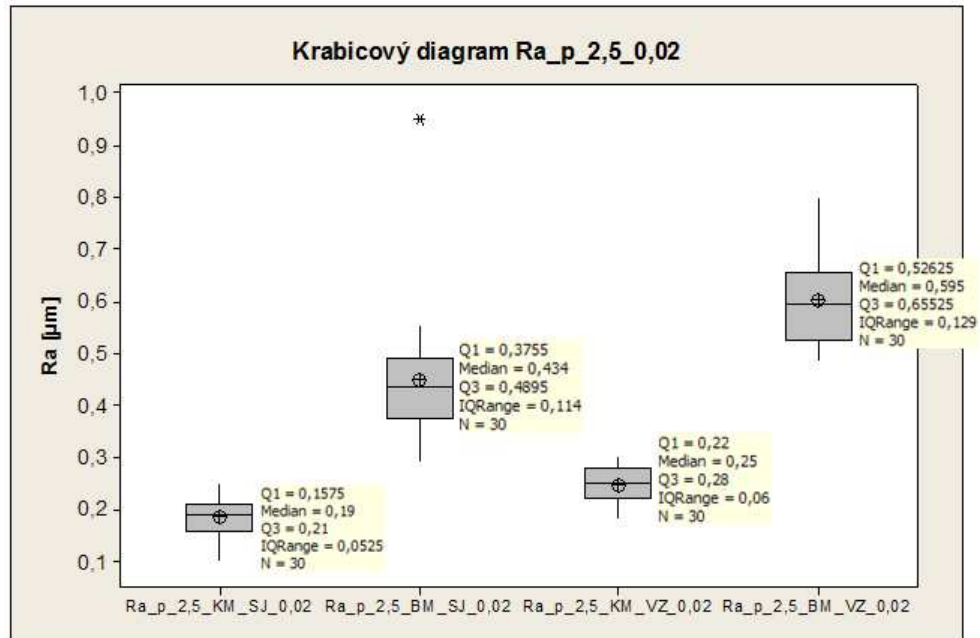


Obrázek 80. Korelační diagram Ra_VZ_0,01 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel 102Cr6

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v příčném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

6.2 Vyhodnocení výsledků pro ocel 102Cr6 a hloubku třísky 0,02 mm

6.2.1 Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 81. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.2 Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoeffVar	Minimum
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,18533	0,00643	0,03521	0,00124	19,00	0,10000
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,4471	0,0223	0,1221	0,0149	27,30	0,2930
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,24700	0,00612	0,03354	0,00113	13,58	0,18000
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	30	0,6031	0,0162	0,0885	0,00784	14,68	0,4840

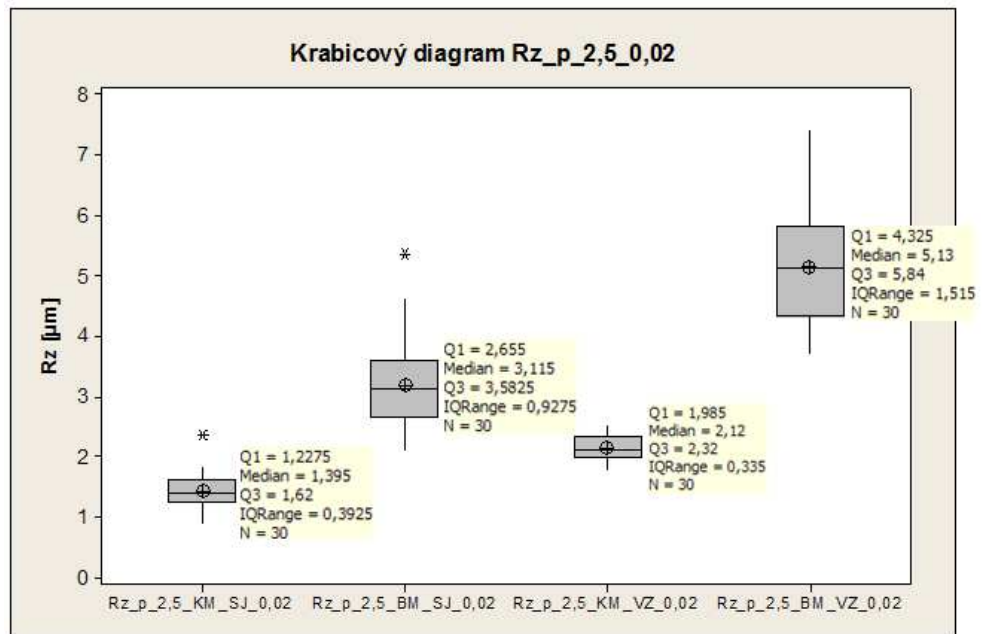
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,15750	0,19000	0,21000	0,25000	0,15000	0,05250
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,3755	0,4340	0,4895	0,9490	0,6560	0,1140
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	0,22000	0,25000	0,28000	0,30000	0,12000	0,06000
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,5263	0,5950	0,6553	0,8010	0,3170	0,1290

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	-0,37	-0,22
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	2,38	9,26
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	-0,16	-0,98
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,59	-0,46

Obrázek 82. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.3 Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 83. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.4 Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,4227	0,0578	0,3168	0,1004	22,27	0,8700
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	30	3,179	0,132	0,724	0,525	22,78	2,080
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	30	2,1413	0,0367	0,2010	0,0404	9,39	1,7500
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	30	5,137	0,169	0,927	0,859	18,05	3,700

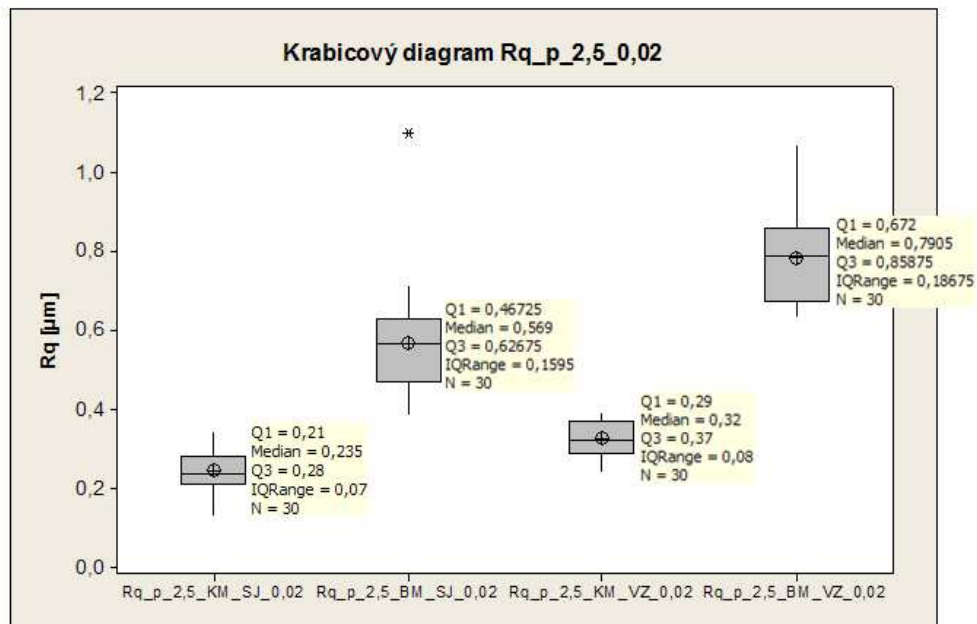
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	1,2275	1,3950	1,6200	2,3700	1,5000	0,3925	0,66
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	2,655	3,115	3,583	5,380	3,300	0,928	1,06
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	1,9850	2,1200	2,3200	2,5200	0,7700	0,3350	0,11
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	4,325	5,130	5,840	7,440	3,740	1,515	0,31

Variable	Kurtosis
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	1,43
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	1,82
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	-0,65
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	-0,44

Obrázek 84. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.5 Krabicové diagramy Rq_{p_2,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_2,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 85. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.6 Popisné charakteristiky Rq_{p_2,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_2,5_BM_SJ_VZ}

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoeffVar	Minimum
Rq _{p_2,5_KM_SJ_0}	30	0,24267	0,00859	0,04705	0,00221	19,39	0,13000
Rq _{p_2,5_BM_SJ_0}	30	0,5665	0,0252	0,1378	0,0190	24,33	0,3810
Rq _{p_2,5_KM_VZ_0}	30	0,32433	0,00756	0,04141	0,00172	12,77	0,24000
Rq _{p_2,5_BM_VZ_0}	30	0,7837	0,0216	0,1185	0,0141	15,13	0,6340

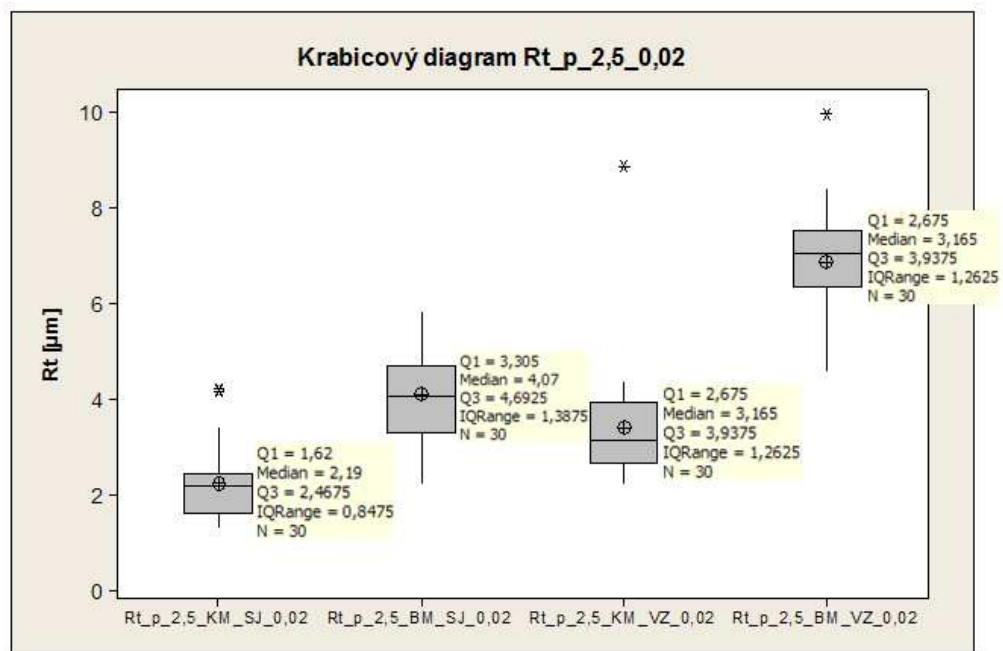
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq _{p_2,5_KM_SJ_0}	0,21000	0,23500	0,28000	0,34000	0,21000	0,07000
Rq _{p_2,5_BM_SJ_0}	0,4673	0,5690	0,6268	1,1000	0,7190	0,1595
Rq _{p_2,5_KM_VZ_0}	0,29000	0,32000	0,37000	0,39000	0,15000	0,08000
Rq _{p_2,5_BM_VZ_0}	0,6720	0,7905	0,8588	1,0700	0,4360	0,1867

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq _{p_2,5_KM_SJ_0}	-0,11	0,09
Rq _{p_2,5_BM_SJ_0}	1,92	6,78
Rq _{p_2,5_KM_VZ_0}	-0,10	-0,95
Rq _{p_2,5_BM_VZ_0}	0,55	-0,39

Obrázek 86. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.7 Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 87. Krabicové diagramy Rt pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.8 Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	30	2,245	0,135	0,741	0,549	33,00	1,290
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	30	4,121	0,171	0,938	0,880	22,77	2,230
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	30	3,406	0,224	1,228	1,508	36,06	2,210
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	30	6,879	0,212	1,163	1,353	16,91	4,560

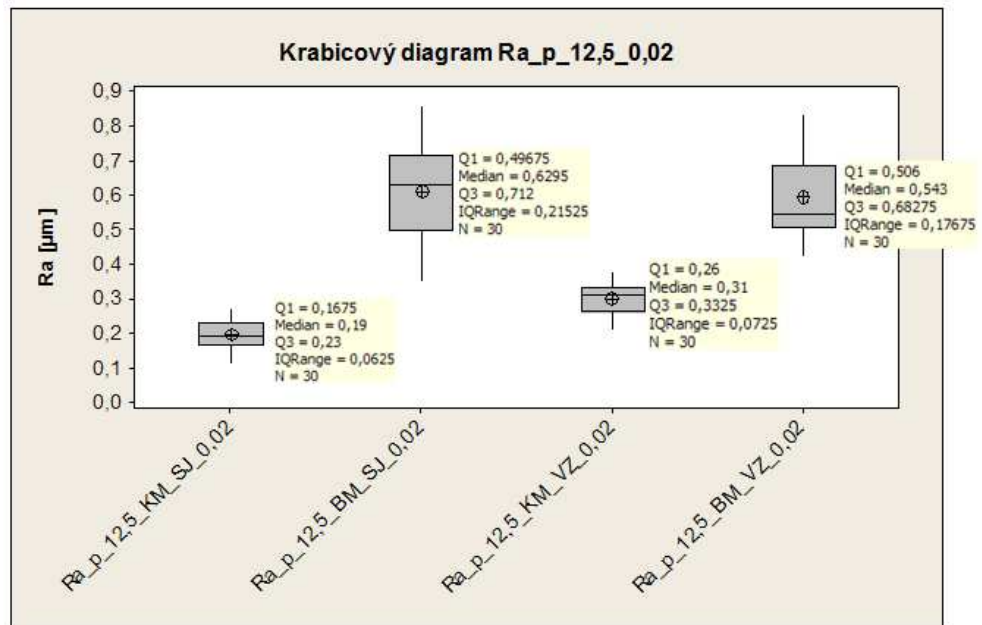
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,620	2,190	2,468	4,220	2,930	0,848	1,23
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	3,305	4,070	4,693	5,850	3,620	1,388	-0,01
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	2,675	3,165	3,938	8,890	6,680	1,263	3,18
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	6,345	7,045	7,548	9,980	5,420	1,203	-0,05

Variable	Kurtosis
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,62
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	-0,57
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	13,73
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	1,03

Obrázek 88. Popisné charakteristiky Rt pro posuv $2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.9 Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 89. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_12,5_KM_SJ_	30	0,19700	0,00757	0,04145	0,00172	21,04	0,11000
Ra_p_12,5_BM_SJ_	30	0,6075	0,0250	0,1367	0,0187	22,50	0,3500
Ra_p_12,5_KM_VZ_	30	0,29833	0,00821	0,04496	0,00202	15,07	0,21000
Ra_p_12,5_BM_VZ_	30	0,5959	0,0216	0,1181	0,0139	19,82	0,4220

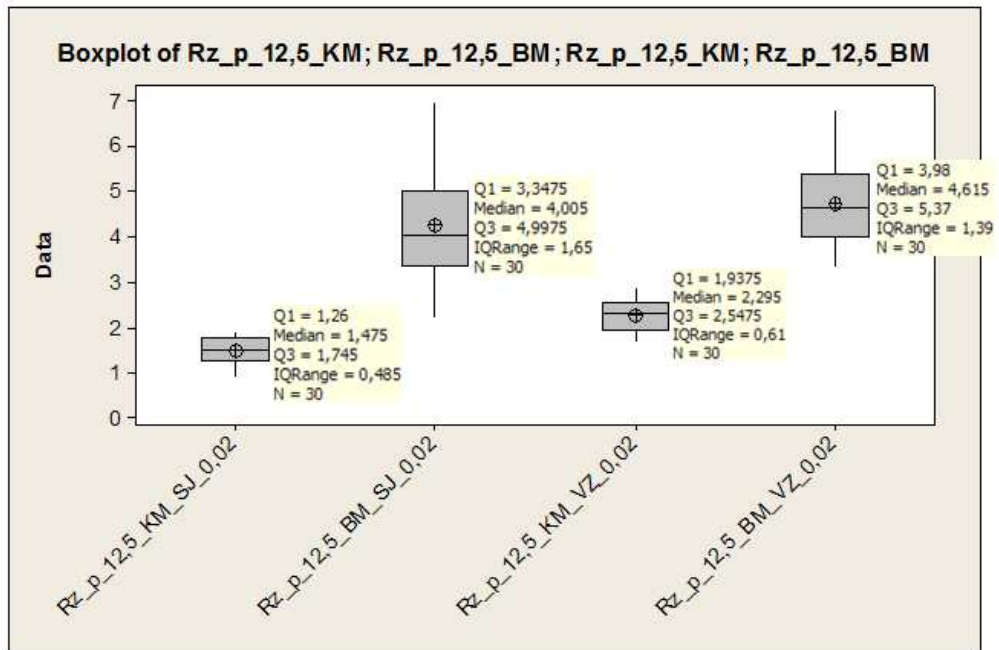
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,16750	0,19000	0,23000	0,27000	0,16000	0,06250
Ra_p_12,5_BM_SJ_	0,4968	0,6295	0,7120	0,8600	0,5100	0,2152
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,26000	0,31000	0,33250	0,38000	0,17000	0,07250
Ra_p_12,5_BM_VZ_	0,5060	0,5430	0,6828	0,8350	0,4130	0,1768

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_12,5_KM_SJ_	-0,02	-0,26
Ra_p_12,5_BM_SJ_	-0,07	-0,92
Ra_p_12,5_KM_VZ_	-0,34	-0,99
Ra_p_12,5_BM_VZ_	0,42	-0,95

Obrázek 90. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.10 Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 91. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.11 Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ

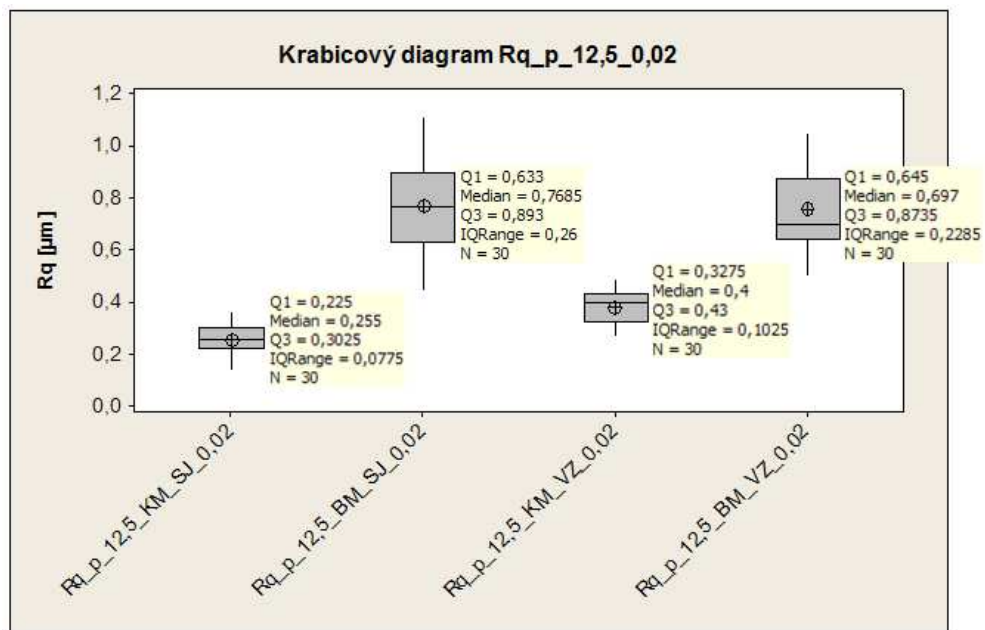
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_12,5_KM_SJ_	30	1,4753	0,0519	0,2843	0,0808	19,27	0,8900
Rz_p_12,5_BM_SJ_	30	4,231	0,220	1,202	1,446	28,42	2,210
Rz_p_12,5_KM_VZ_	30	2,2593	0,0647	0,3541	0,1254	15,67	1,6700
Rz_p_12,5_BM_VZ_	30	4,739	0,169	0,926	0,857	19,53	3,330

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_12,5_KM_SJ_	1,2600	1,4750	1,7450	1,8900	1,0000	0,4850	-0,13
Rz_p_12,5_BM_SJ_	3,348	4,005	4,998	6,980	4,770	1,650	0,73
Rz_p_12,5_KM_VZ_	1,9375	2,2950	2,5475	2,8700	1,2000	0,6100	0,07
Rz_p_12,5_BM_VZ_	3,980	4,615	5,370	6,780	3,450	1,390	0,56

Variable	Kurtosis
Rz_p_12,5_KM_SJ_	-1,00
Rz_p_12,5_BM_SJ_	-0,03
Rz_p_12,5_KM_VZ_	-1,10
Rz_p_12,5_BM_VZ_	-0,60

Obrázek 92. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.12 Krabicové diagramy Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 93. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.13 Popisné charakteristiky Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}

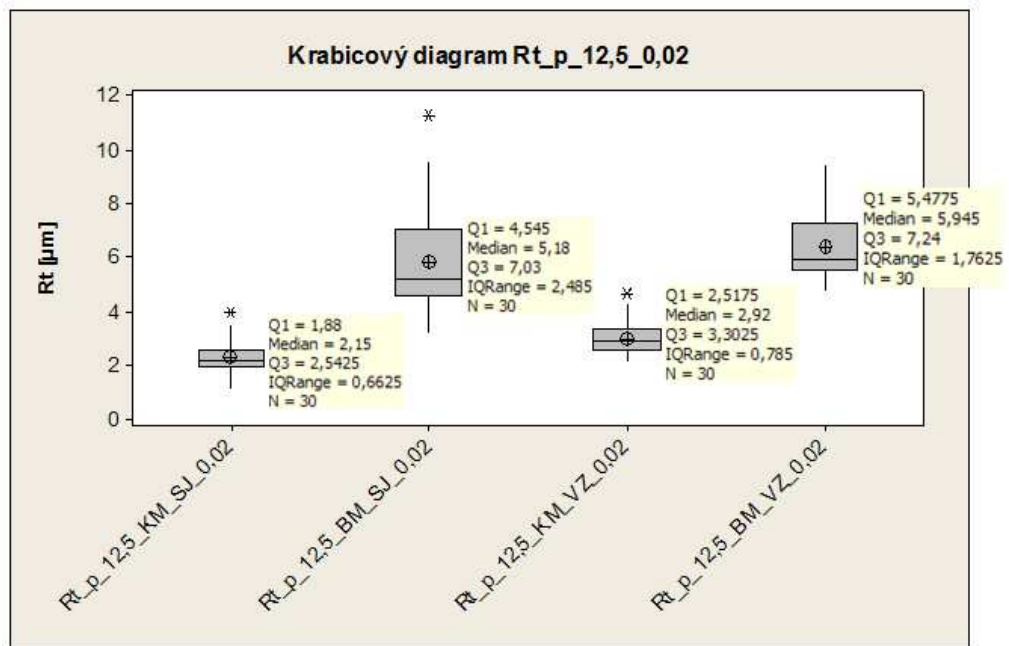
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_12,5_KM_SJ_	30	0,2580	0,0102	0,0557	0,00310	21,58	0,1400
Rq_p_12,5_BM_SJ_	30	0,7688	0,0337	0,1846	0,0341	24,01	0,4420
Rq_p_12,5_KM_VZ_	30	0,3817	0,0109	0,0599	0,00359	15,69	0,2700
Rq_p_12,5_BM_VZ_	30	0,7579	0,0284	0,1558	0,0243	20,56	0,4970

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rq_p_12,5_KM_SJ_	0,2250	0,2550	0,3025	0,3600	0,2200	0,0775	-0,17
Rq_p_12,5_BM_SJ_	0,6330	0,7685	0,8930	1,1100	0,6680	0,2600	0,27
Rq_p_12,5_KM_VZ_	0,3275	0,4000	0,4300	0,4900	0,2200	0,1025	-0,28
Rq_p_12,5_BM_VZ_	0,6450	0,6970	0,8735	1,0500	0,5530	0,2285	0,35

Variable	Kurtosis
Rq_p_12,5_KM_SJ_	-0,29
Rq_p_12,5_BM_SJ_	-0,67
Rq_p_12,5_KM_VZ_	-1,05
Rq_p_12,5_BM_VZ_	-0,90

Obrázek 94. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.14 Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 95. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.15 Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

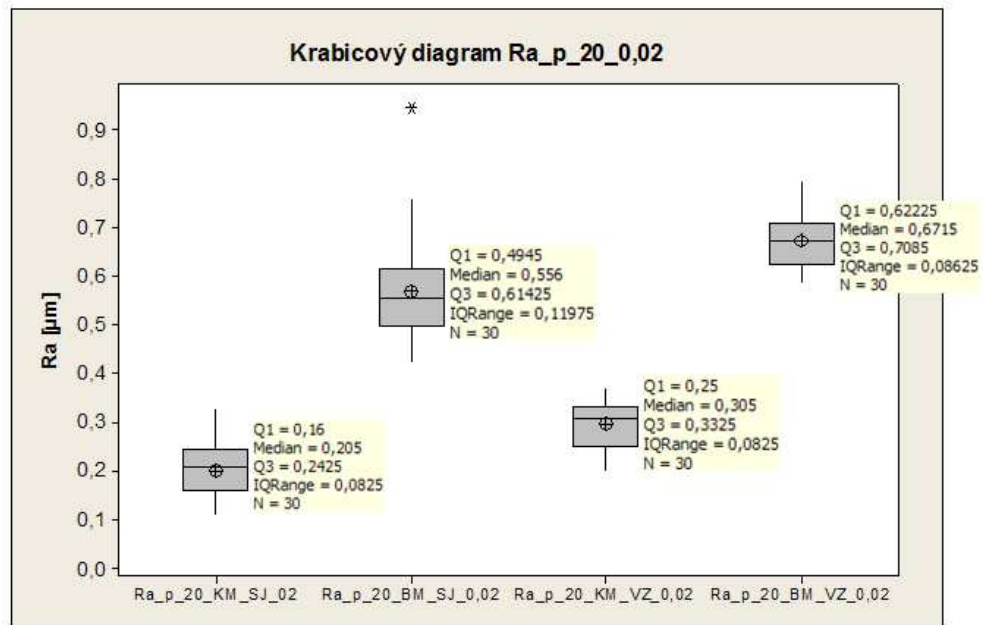
Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_12,5_KM_SJ_	30	2,289	0,106	0,583	0,339	25,45	1,110
Rt_p_12,5_BM_SJ_	30	5,796	0,343	1,876	3,521	32,37	3,150
Rt_p_12,5_KM_VZ_	30	2,987	0,109	0,596	0,355	19,96	2,120
Rt_p_12,5_BM_VZ_	30	6,348	0,212	1,160	1,346	18,28	4,770

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_12,5_KM_SJ_	1,880	2,150	2,543	3,980	2,870	0,663	0,95
Rt_p_12,5_BM_SJ_	4,545	5,180	7,030	11,300	8,150	2,485	1,13
Rt_p_12,5_KM_VZ_	2,518	2,920	3,303	4,630	2,510	0,785	0,95
Rt_p_12,5_BM_VZ_	5,478	5,945	7,240	9,480	4,710	1,763	1,03

Variable	Kurtosis
Rt_p_12,5_KM_SJ_	1,73
Rt_p_12,5_BM_SJ_	1,27
Rt_p_12,5_KM_VZ_	0,93
Rt_p_12,5_BM_VZ_	0,74

Obrázek 96. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.16 Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 97. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.17 Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_20_KM_SJ_02	30	0,2003	0,0102	0,0561	0,00315	28,01	0,1100
Ra_p_20_BM_SJ_0,	30	0,5685	0,0197	0,1081	0,0117	19,02	0,4210
Ra_p_20_KM_VZ_0,	30	0,29500	0,00907	0,04967	0,00247	16,84	0,20000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	30	0,6716	0,0102	0,0557	0,00311	8,30	0,5860

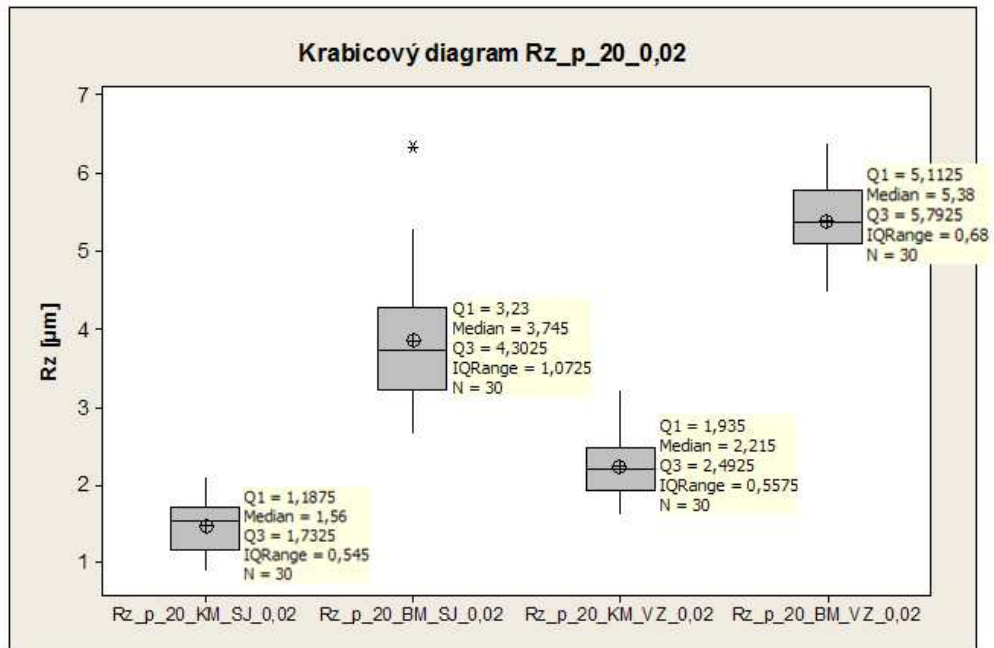
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_20_KM_SJ_02	0,1600	0,2050	0,2425	0,3300	0,2200	0,0825
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,4945	0,5560	0,6143	0,9440	0,5230	0,1197
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,25000	0,30500	0,33250	0,37000	0,17000	0,08250
Ra_p_20_BM_VZ_0,	0,6223	0,6715	0,7085	0,7960	0,2100	0,0863

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_20_KM_SJ_02	0,39	-0,42
Ra_p_20_BM_SJ_0,	1,56	3,90
Ra_p_20_KM_VZ_0,	-0,29	-1,13
Ra_p_20_BM_VZ_0,	0,33	-0,56

Obrázek 98. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.18 Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 99. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.19 Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_20_KM_SJ_0,	30	1,4857	0,0578	0,3166	0,1002	21,31	0,9100
Rz_p_20_BM_SJ_0,	30	3,861	0,146	0,800	0,640	20,72	2,660
Rz_p_20_KM_VZ_0,	30	2,2390	0,0696	0,3813	0,1454	17,03	1,6100
Rz_p_20_BM_VZ_0,	30	5,4100	0,0955	0,5228	0,2733	9,66	4,5000

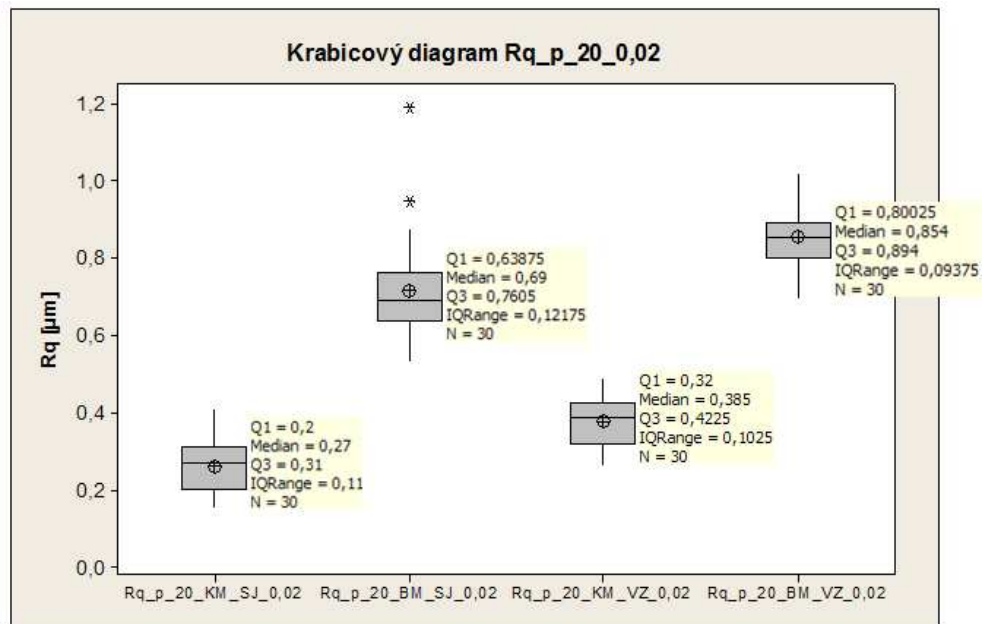
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_20_KM_SJ_0,	1,1875	1,5600	1,7325	2,1200	1,2100	0,5450	0,10
Rz_p_20_BM_SJ_0,	3,230	3,745	4,303	6,360	3,700	1,073	1,08
Rz_p_20_KM_VZ_0,	1,9350	2,2150	2,4925	3,2500	1,6400	0,5575	0,77
Rz_p_20_BM_VZ_0,	5,1125	5,3800	5,7925	6,4000	1,9000	0,6800	0,13

Variable	Kurtosis
Rz_p_20_KM_SJ_0,	-0,63
Rz_p_20_BM_SJ_0,	1,93
Rz_p_20_KM_VZ_0,	0,89
Rz_p_20_BM_VZ_0,	-0,54

Obrázek 100. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.20 Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 101. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.21 Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_20_KM_SJ_0,	30	0,2607	0,0130	0,0710	0,00503	27,22	0,1500
Rq_p_20_BM_SJ_0,	30	0,7167	0,0241	0,1320	0,0174	18,42	0,5340
Rq_p_20_KM_VZ_0,	30	0,3763	0,0115	0,0630	0,00397	16,74	0,2600
Rq_p_20_BM_VZ_0,	30	0,8552	0,0141	0,0773	0,00597	9,04	0,6940

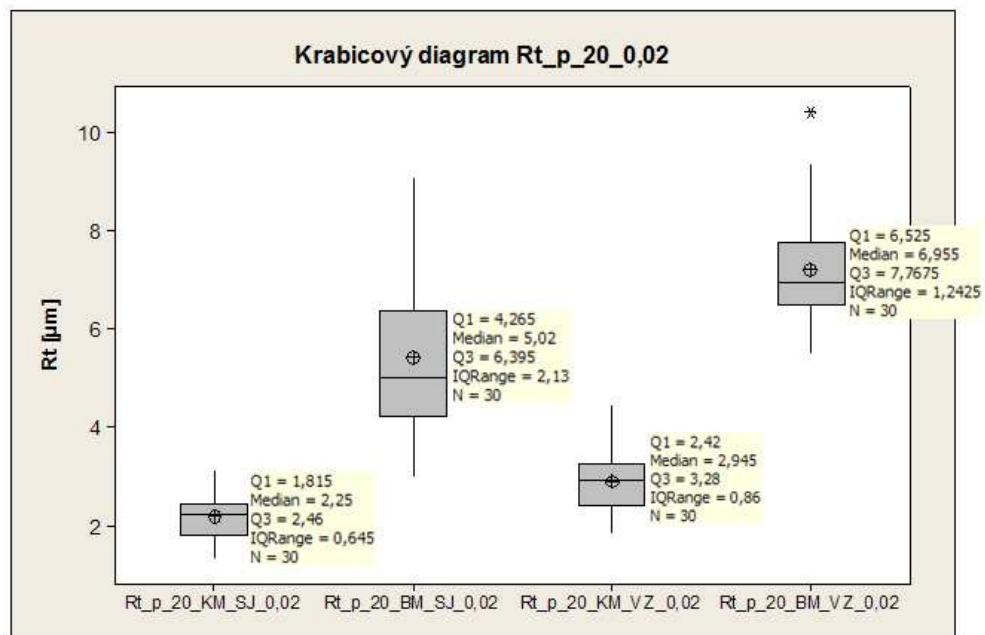
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,2000	0,2700	0,3100	0,4100	0,2600	0,1100	0,29
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,6388	0,6900	0,7605	1,1900	0,6560	0,1218	1,72
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,3200	0,3850	0,4225	0,4900	0,2300	0,1025	-0,13
Rq_p_20_BM_VZ_0,	0,8003	0,8540	0,8940	1,0200	0,3260	0,0938	0,15

Variable	Kurtosis
Rq_p_20_KM_SJ_0,	-0,64
Rq_p_20_BM_SJ_0,	4,67
Rq_p_20_KM_VZ_0,	-1,06
Rq_p_20_BM_VZ_0,	-0,18

Obrázek 102. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.22 Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Obrázek 103. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.23 Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_20_KM_SJ_0,	30	2,2093	0,0840	0,4600	0,2116	20,82	1,3700
Rt_p_20_BM_SJ_0,	30	5,437	0,301	1,648	2,715	30,31	3,010
Rt_p_20_KM_VZ_0,	30	2,931	0,107	0,584	0,341	19,92	1,850
Rt_p_20_BM_VZ_0,	30	7,204	0,197	1,077	1,161	14,96	5,510

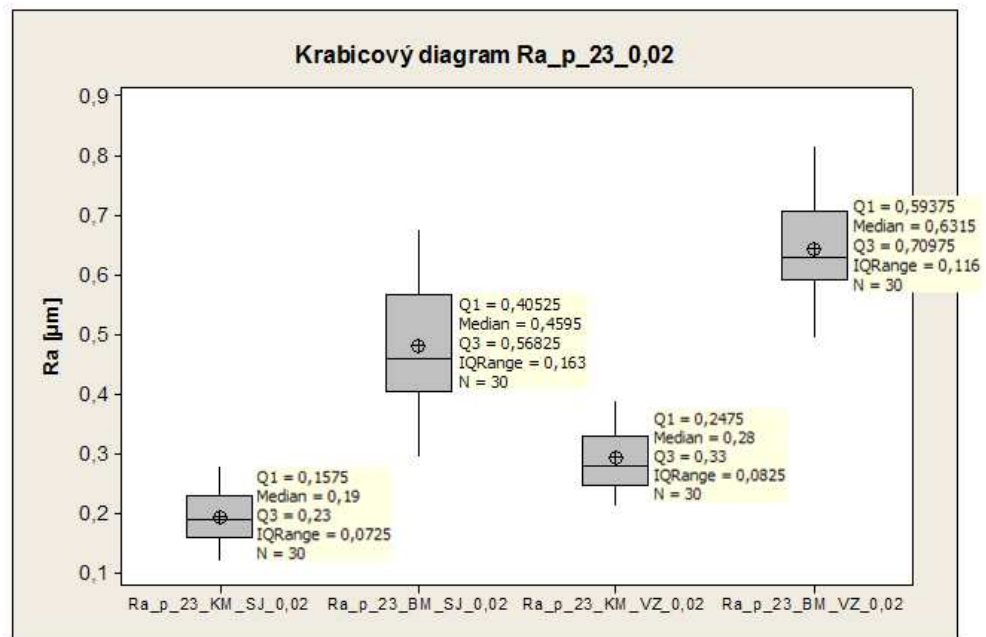
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_20_KM_SJ_0,	1,8150	2,2500	2,4600	3,1500	1,7800	0,6450	0,07
Rt_p_20_BM_SJ_0,	4,265	5,020	6,395	9,110	6,100	2,130	0,83
Rt_p_20_KM_VZ_0,	2,420	2,945	3,280	4,490	2,640	0,860	0,82
Rt_p_20_BM_VZ_0,	6,525	6,955	7,768	10,400	4,890	1,243	1,20

Variable	Kurtosis
Rt_p_20_KM_SJ_0,	-0,51
Rt_p_20_BM_SJ_0,	-0,10
Rt_p_20_KM_VZ_0,	1,13
Rt_p_20_BM_VZ_0,	1,71

Obrázek 104. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.24 Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ



Obrázek 105. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.25 Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_23_KM_SJ_0,	30	0,19300	0,00811	0,04442	0,00197	23,02	0,12000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	30	0,4812	0,0191	0,1047	0,0110	21,75	0,2940
Ra_p_23_KM_VZ_0,	30	0,29300	0,00952	0,05214	0,00272	17,79	0,21000
Ra_p_23_BM_VZ_0,	30	0,6465	0,0162	0,0887	0,00786	13,71	0,4970

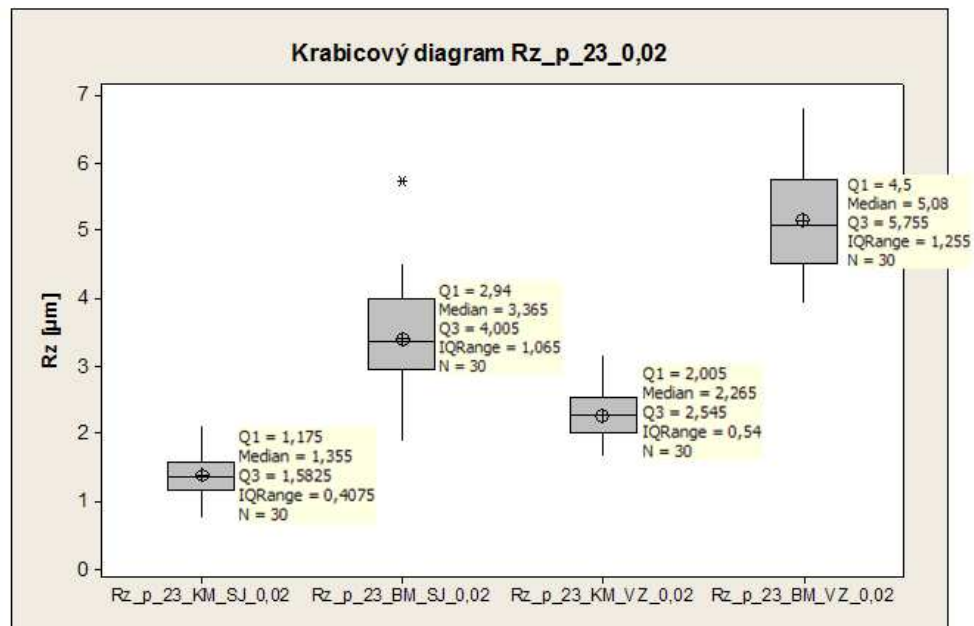
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,15750	0,19000	0,23000	0,28000	0,16000	0,07250
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,4053	0,4595	0,5683	0,6790	0,3850	0,1630
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,24750	0,28000	0,33000	0,39000	0,18000	0,08250
Ra_p_23_BM_VZ_0,	0,5938	0,6315	0,7098	0,8190	0,3220	0,1160

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,12	-0,61
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,22	-0,67
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,38	-0,98
Ra_p_23_BM_VZ_0,	0,22	-0,80

Obrázek 106. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.26 Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 107. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.27 Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_23_KM_SJ_0,	30	1,3940	0,0564	0,3087	0,0953	22,15	0,7600
Rz_p_23_BM_SJ_0,	30	3,401	0,157	0,859	0,738	25,25	1,900
Rz_p_23_KM_VZ_0,	30	2,2837	0,0685	0,3752	0,1407	16,43	1,6700
Rz_p_23_BM_VZ_0,	30	5,157	0,144	0,791	0,625	15,34	3,920

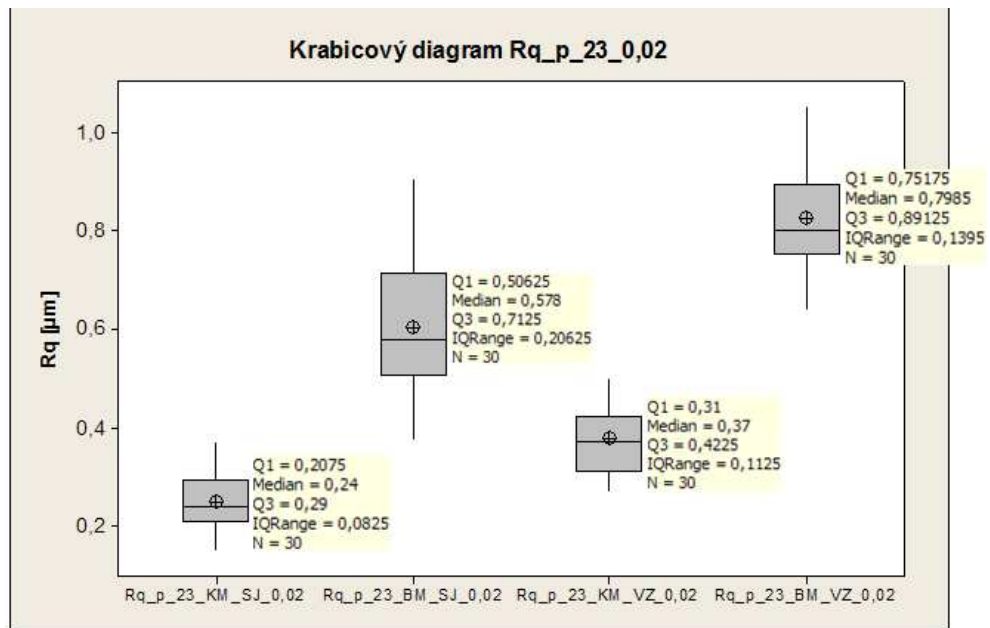
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_23_KM_SJ_0,	1,1750	1,3550	1,5825	2,1200	1,3600	0,4075	0,27
Rz_p_23_BM_SJ_0,	2,940	3,365	4,005	5,720	3,820	1,065	0,31
Rz_p_23_KM_VZ_0,	2,0050	2,2650	2,5450	3,1500	1,4800	0,5400	0,27
Rz_p_23_BM_VZ_0,	4,500	5,080	5,755	6,800	2,880	1,255	0,15

Variable	Kurtosis
Rz_p_23_KM_SJ_0,	0,17
Rz_p_23_BM_SJ_0,	0,54
Rz_p_23_KM_VZ_0,	-0,39
Rz_p_23_BM_VZ_0,	-0,79

Obrázek 108. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.28 Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ



Obrázek 109. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.29 Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_23_KM_SJ_0,	30	0,2497	0,0107	0,0585	0,00342	23,41	0,1500
Rq_p_23_BM_SJ_0,	30	0,6035	0,0248	0,1360	0,0185	22,53	0,3730
Rq_p_23_KM_VZ_0,	30	0,3770	0,0120	0,0658	0,00433	17,44	0,2700
Rq_p_23_BM_VZ_0,	30	0,8242	0,0205	0,1125	0,0127	13,65	0,6380

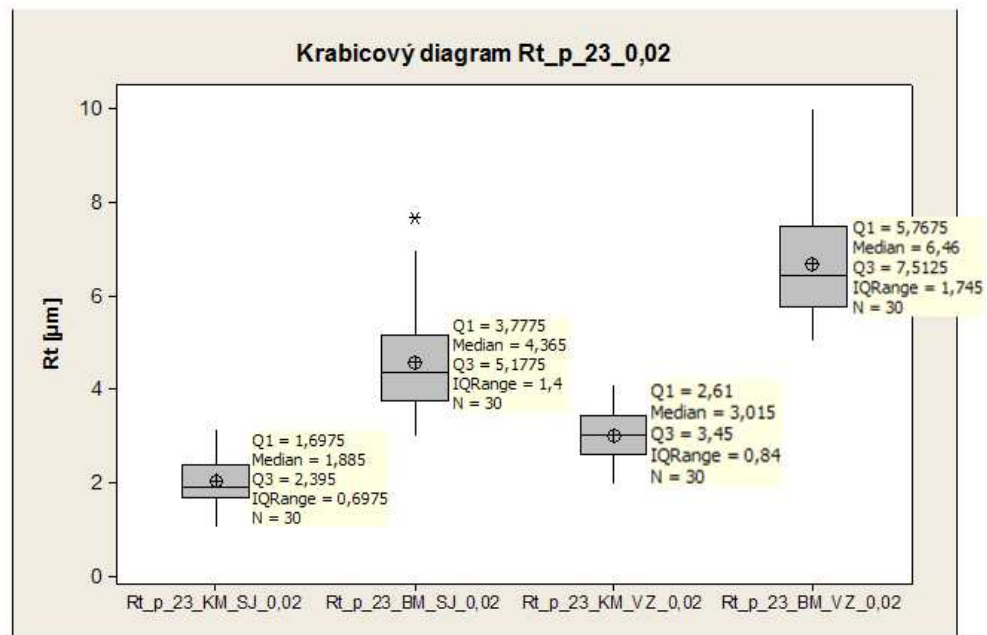
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,2075	0,2400	0,2900	0,3700	0,2200	0,0825	0,09
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,5063	0,5780	0,7125	0,9050	0,5320	0,2062	0,34
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,3100	0,3700	0,4225	0,5000	0,2300	0,1125	0,30
Rq_p_23_BM_VZ_0,	0,7518	0,7985	0,8913	1,0500	0,4120	0,1395	0,26

Variable	Kurtosis
Rq_p_23_KM_SJ_0,	-0,64
Rq_p_23_BM_SJ_0,	-0,50
Rq_p_23_KM_VZ_0,	-0,94
Rq_p_23_BM_VZ_0,	-0,69

Obrázek 110. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.30 Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 111. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.31 Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_23_KM_SJ_0,	30	2,0443	0,0983	0,5382	0,2896	26,33	1,0700
Rt_p_23_BM_SJ_0,	30	4,563	0,201	1,099	1,208	24,09	3,010
Rt_p_23_KM_VZ_0,	30	3,032	0,103	0,562	0,316	18,52	1,960
Rt_p_23_BM_VZ_0,	30	6,699	0,215	1,180	1,393	17,62	5,020

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_23_KM_SJ_0,	1,6975	1,8850	2,3950	3,1800	2,1100	0,6975	0,39
Rt_p_23_BM_SJ_0,	3,778	4,365	5,178	7,690	4,680	1,400	1,11
Rt_p_23_KM_VZ_0,	2,610	3,015	3,450	4,130	2,170	0,840	0,15
Rt_p_23_BM_VZ_0,	5,768	6,460	7,513	10,000	4,980	1,745	0,73

Variable	Kurtosis
Rt_p_23_KM_SJ_0,	-0,37
Rt_p_23_BM_SJ_0,	1,30
Rt_p_23_KM_VZ_0,	-0,70
Rt_p_23_BM_VZ_0,	0,53

Obrázek 112. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.2.32 Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,02 pro kontaktní a bezkontaktní měření

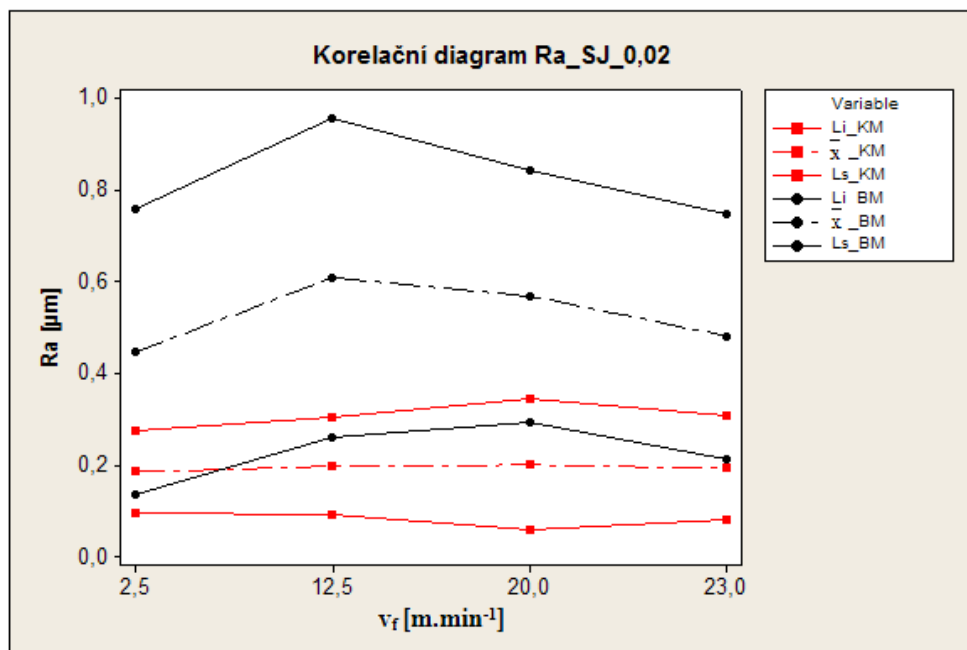
Tabulka 14. Test normality dat pro jednotlivé náhodné vzorky

Náhodné výběrové soubory	H ₀ (Zamítám/Nezamítám)	P - value
Ra_p_2,5_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_KM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_KM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_SJ_0,02	Nezamítám	0,065
Ra_p_12,5_BM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_BM_SJ_0,02	Nezamítám	0,067
Ra_p_23_BM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_VZ_0,02	Nezamítám	0,142
Ra_p_12,5_BM_VZ_0,02	Zamítám	<0,010
Ra_p_20_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150

6.2.33 Korelační diagramy Ra_SJ_0,02 a Ra_VZ_0,02 pro ocel 102Cr6

Tabulka 15. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,02

Li_KM [μm]	\bar{x} _KM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x} _BM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]
0,096	0,1853	0,0352	0,275	0,136	0,4471	0,1221	0,759	2,5
0,091	0,1970	0,0415	0,303	0,259	0,6075	0,1367	0,956	12,5
0,057	0,2003	0,0561	0,343	0,293	0,5685	0,1081	0,844	20
0,080	0,1930	0,1930	0,306	0,214	0,4812	0,1047	0,748	23

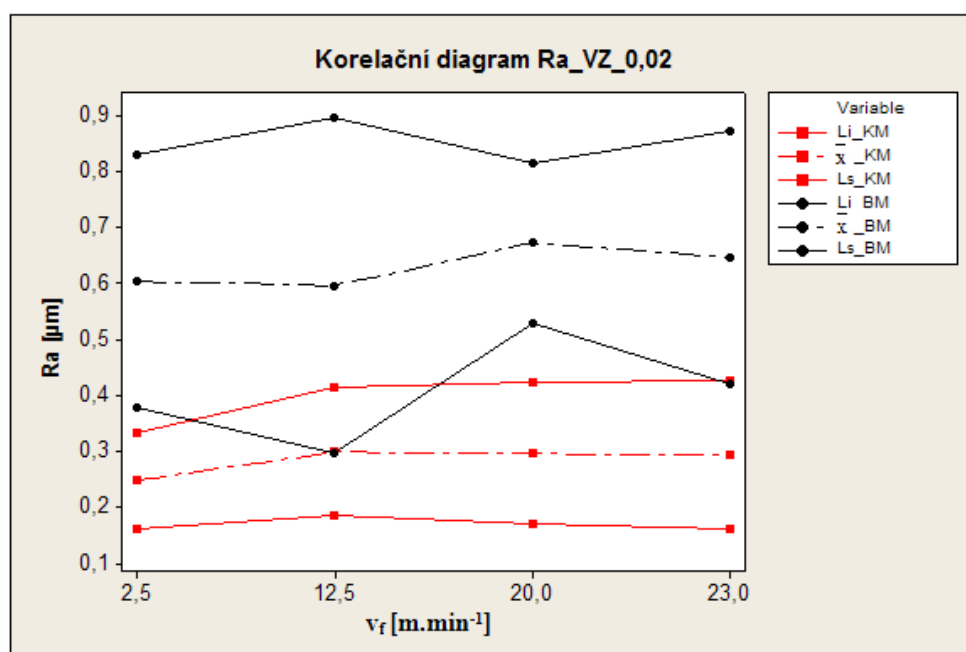


Obrázek 113. Korelační diagram Ra_SJ_0,02 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel 102Cr6

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

Tabulka 16. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,02

Li_KM [μm]	\bar{x}_{KM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x}_{BM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]
0,162	0,24700	0,03354	0,332	0,377	0,6031	0,0885	0,829	2,5
0,184	0,29833	0,04496	0,413	0,295	0,5959	0,1181	0,897	12,5
0,168	0,29500	0,04967	0,421	0,529	0,6716	0,0557	0,814	20
0,160	0,29300	0,05214	0,426	0,420	0,6465	0,0887	0,873	23

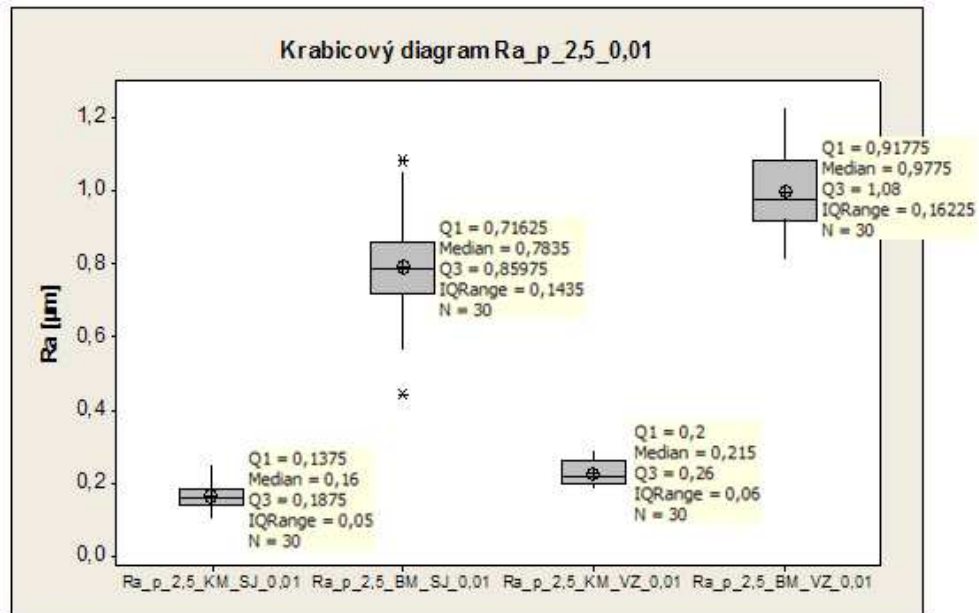


Obrázek 114. Korelační diagram Ra_VZ_0,02 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel 102Cr6

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v příčném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

6.3 Vyhodnocení výsledků pro ocel X210Cr12 a hloubku třísky 0,01 mm

6.3.1 Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 115. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.2 Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,16467	0,00731	0,04006	0,00161	24,33	0,10000
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,7914	0,0252	0,1383	0,0191	17,47	0,4410
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,22700	0,00603	0,03303	0,00109	14,55	0,18000
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	30	0,9934	0,0203	0,1110	0,0123	11,17	0,8110

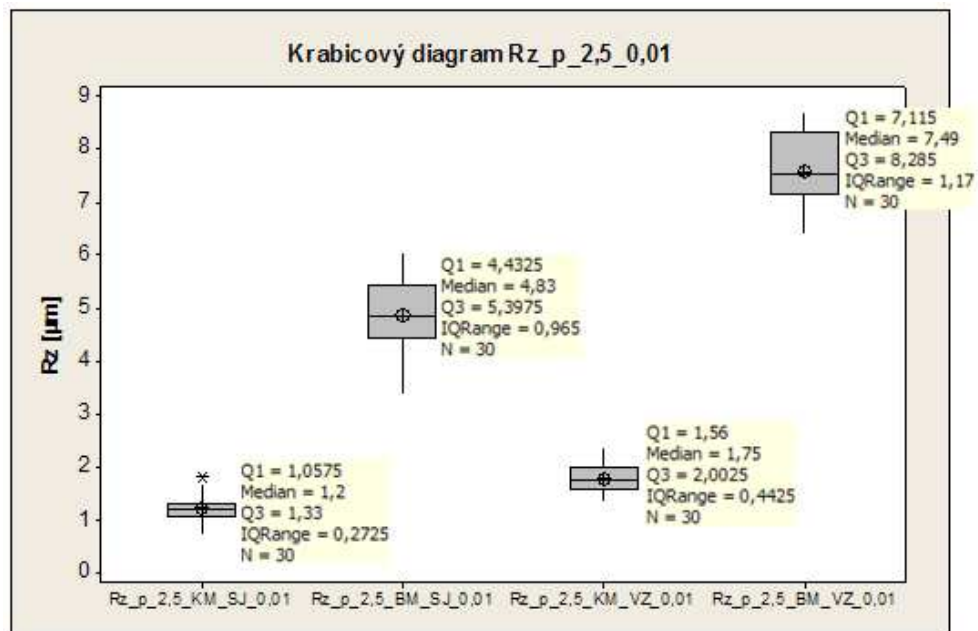
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	IQR	Skewness
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,13750	0,16000	0,18750	0,25000	0,05000	0,70
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,7163	0,7835	0,8598	1,0800	0,1435	-0,06
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	0,20000	0,21500	0,26000	0,29000	0,06000	0,49
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,9178	0,9775	1,0800	1,2300	0,1623	0,40

Variable	Kurtosis
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	-0,30
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,72
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	-1,08
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	-0,69

Obrázek 116. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.3 Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 117. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.4 Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,2133	0,0487	0,2669	0,0712	21,99	0,7200
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	30	4,856	0,130	0,714	0,510	14,70	3,390
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	30	1,7897	0,0470	0,2573	0,0662	14,38	1,3600
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	30	7,556	0,124	0,680	0,463	9,01	6,390

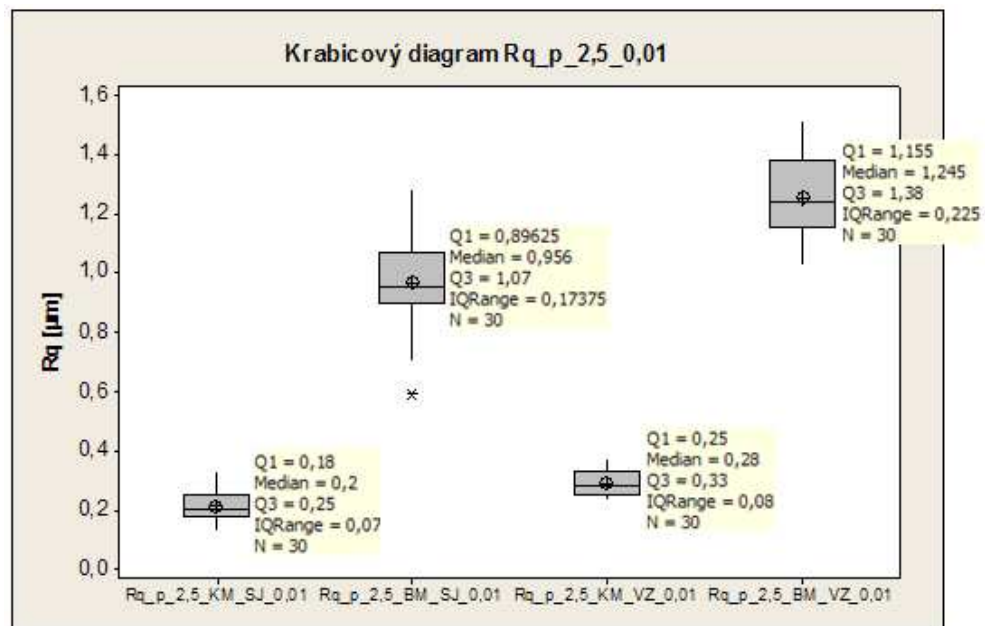
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	1,0575	1,2000	1,3300	1,8000	1,0800	0,2725	0,49
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	4,433	4,830	5,398	6,040	2,650	0,965	-0,28
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	1,5600	1,7500	2,0025	2,3500	0,9900	0,4425	0,34
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	7,115	7,490	8,285	8,670	2,280	1,170	-0,07

Variable	Kurtosis
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	-0,14
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	-0,26
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	-0,88
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	-1,07

Obrázek 118. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.5 Krabicové diagramy Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 119. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.6 Popisné charakteristiky Rq_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rq_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,21267	0,00931	0,05099	0,00260	23,97	0,13000
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,9723	0,0280	0,1534	0,0235	15,78	0,5900
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,29033	0,00763	0,04181	0,00175	14,40	0,23000
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	30	1,2577	0,0246	0,1346	0,0181	10,70	1,0300

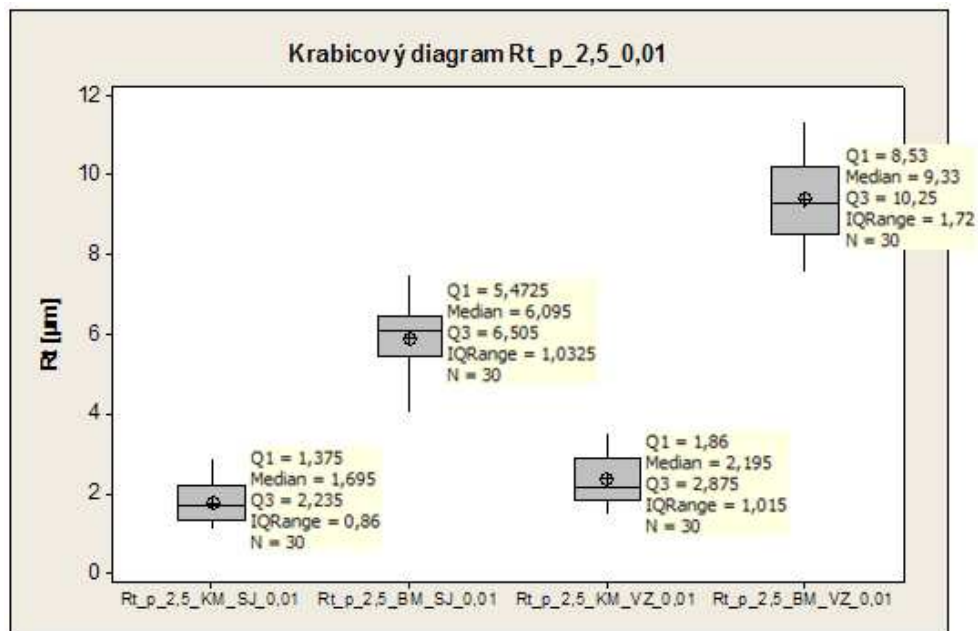
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,18000	0,20000	0,25000	0,33000	0,20000	0,07000
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	0,8963	0,9560	1,0700	1,2900	0,7000	0,1738
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	0,25000	0,28000	0,33000	0,37000	0,14000	0,08000
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	1,1550	1,2450	1,3800	1,5200	0,4900	0,2250

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,76	0,01
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	-0,14	0,58
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	0,48	-0,97
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	0,33	-0,90

Obrázek 120. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.7 Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 121. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.8 Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,7730	0,0827	0,4532	0,2054	25,56	1,0900
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	30	5,915	0,162	0,889	0,791	15,03	4,020
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	30	2,366	0,104	0,571	0,326	24,13	1,480
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	30	9,397	0,187	1,024	1,049	10,90	7,580

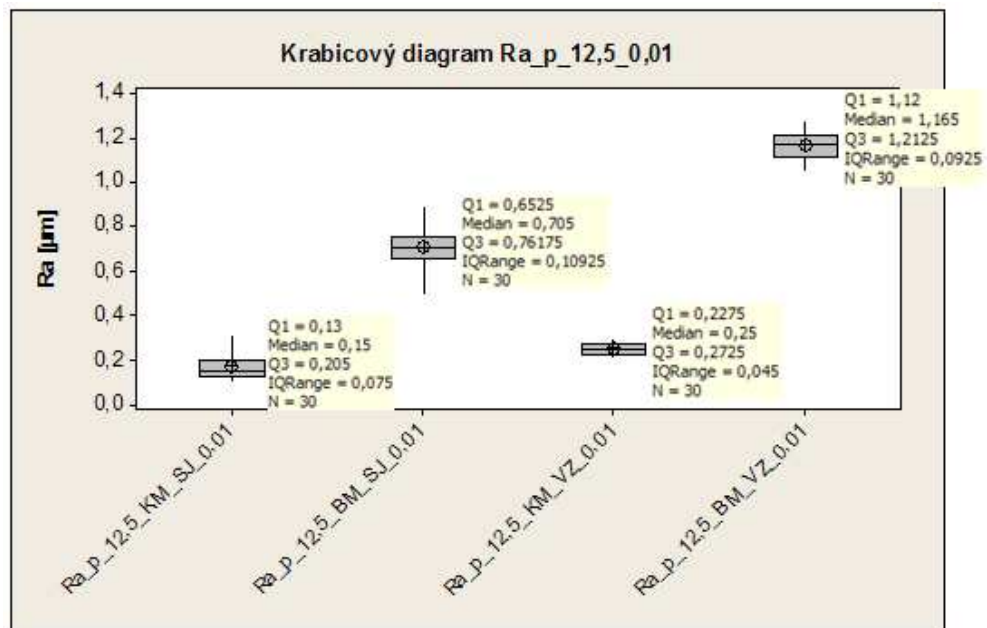
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,3750	1,6950	2,2350	2,8700	1,7800	0,8600	0,55
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	5,473	6,095	6,505	7,530	3,510	1,033	-0,82
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	1,860	2,195	2,875	3,540	2,060	1,015	0,54
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	8,530	9,330	10,250	11,400	3,820	1,720	0,20

Variable	Kurtosis
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	-0,36
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	0,35
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	-0,86
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	-0,58

Obrázek 122. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.9 Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 123. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.10 Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_12,5_KM_SJ_	30	0,1717	0,0101	0,0555	0,00308	32,35	0,1000
Ra_p_12,5_BM_SJ_	30	0,7043	0,0177	0,0969	0,00939	13,76	0,4950
Ra_p_12,5_KM_VZ_	30	0,25333	0,00497	0,02721	0,000740	10,74	0,21000
Ra_p_12,5_BM_VZ_	30	1,1660	0,0116	0,0634	0,00402	5,44	1,0500

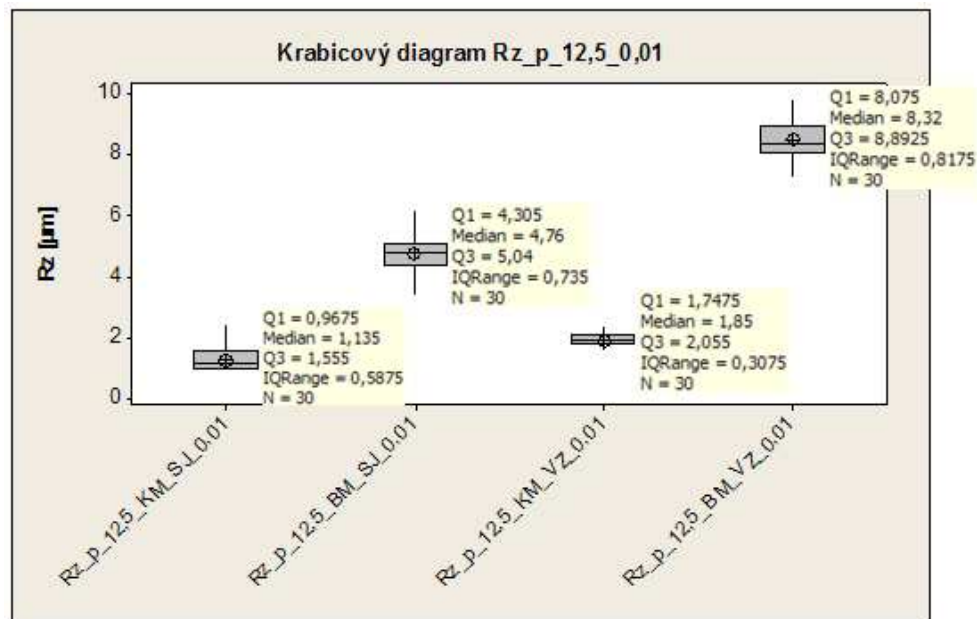
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,1300	0,1500	0,2050	0,3100	0,2100	0,0750
Ra_p_12,5_BM_SJ_	0,6525	0,7050	0,7618	0,8980	0,4030	0,1092
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,22750	0,25000	0,27250	0,30000	0,09000	0,04500
Ra_p_12,5_BM_VZ_	1,1200	1,1650	1,2125	1,2800	0,2300	0,0925

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_12,5_KM_SJ_	1,06	0,43
Ra_p_12,5_BM_SJ_	-0,09	0,09
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,17	-1,05
Ra_p_12,5_BM_VZ_	0,22	-0,73

Obrázek 124. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.11 Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 125. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.12 Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_12,5_KM_SJ_	30	1,2550	0,0704	0,3855	0,1486	30,71	0,8500
Rz_p_12,5_BM_SJ_	30	4,743	0,113	0,621	0,385	13,09	3,310
Rz_p_12,5_KM_VZ_	30	1,8857	0,0342	0,1875	0,0352	9,94	1,5700
Rz_p_12,5_BM_VZ_	30	8,466	0,119	0,650	0,422	7,68	7,190

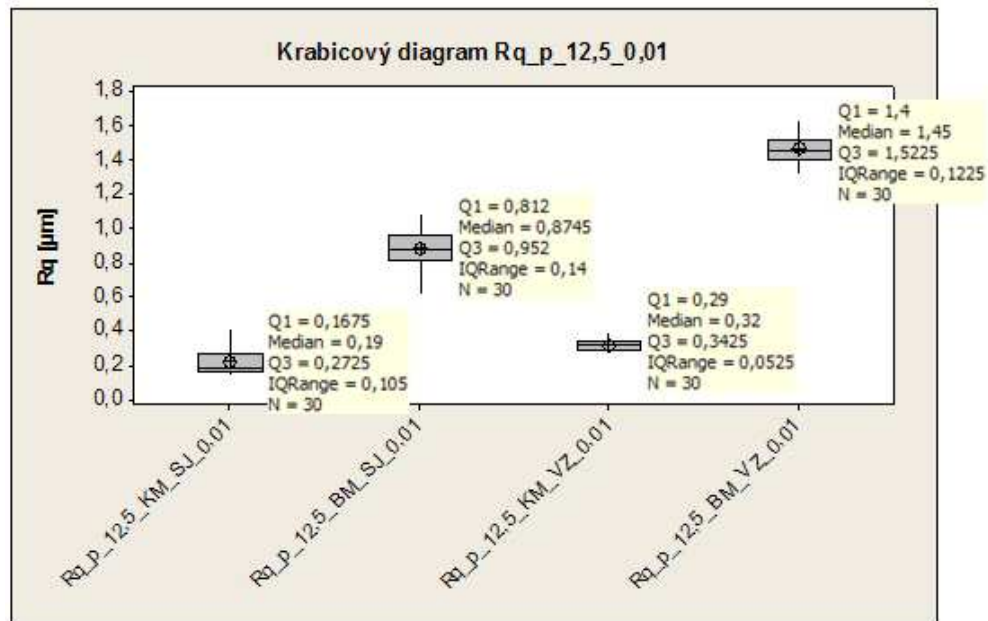
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_12,5_KM_SJ_	0,9675	1,1350	1,5550	2,3900	1,5400	0,5875	1,36
Rz_p_12,5_BM_SJ_	4,305	4,760	5,040	6,140	2,830	0,735	-0,01
Rz_p_12,5_KM_VZ_	1,7475	1,8500	2,0550	2,3500	0,7800	0,3075	0,38
Rz_p_12,5_BM_VZ_	8,075	8,320	8,893	9,770	2,580	0,817	0,39

Variable	Kurtosis
Rz_p_12,5_KM_SJ_	1,52
Rz_p_12,5_BM_SJ_	0,41
Rz_p_12,5_KM_VZ_	-0,34
Rz_p_12,5_BM_VZ_	0,04

Obrázek 126. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.13 Krabicové diagramy Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 127. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.14 Popisné charakteristiky Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}

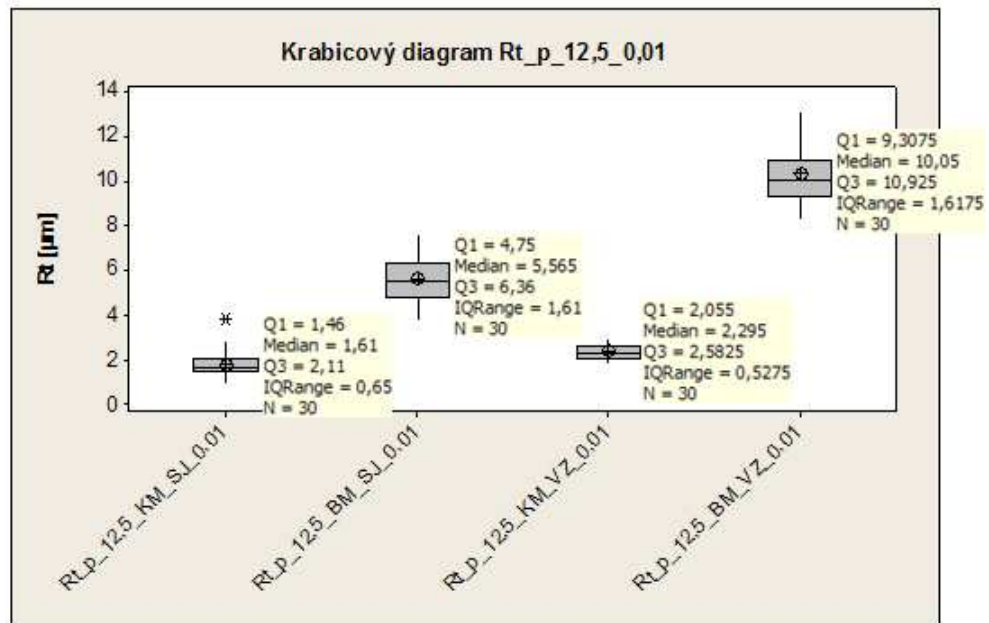
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_12,5_KM_SJ_	30	0,2200	0,0131	0,0717	0,00514	32,60	0,1400
Rq_p_12,5_BM_SJ_	30	0,8815	0,0206	0,1126	0,0127	12,77	0,6180
Rq_p_12,5_KM_VZ_	30	0,32167	0,00627	0,03435	0,00118	10,68	0,27000
Rq_p_12,5_BM_VZ_	30	1,4653	0,0154	0,0844	0,00712	5,76	1,3100

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_12,5_KM_SJ_	0,1675	0,1900	0,2725	0,4100	0,2700	0,1050
Rq_p_12,5_BM_SJ_	0,8120	0,8745	0,9520	1,0900	0,4720	0,1400
Rq_p_12,5_KM_VZ_	0,29000	0,32000	0,34250	0,39000	0,12000	0,05250
Rq_p_12,5_BM_VZ_	1,4000	1,4500	1,5225	1,6300	0,3200	0,1225

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_12,5_KM_SJ_	1,16	0,80
Rq_p_12,5_BM_SJ_	-0,28	0,09
Rq_p_12,5_KM_VZ_	0,37	-0,91
Rq_p_12,5_BM_VZ_	0,12	-0,73

Obrázek 128. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.15 Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

Obrázek 129. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.16 Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_12,5_KM_SJ_	30	1,793	0,105	0,575	0,330	32,04	0,950
Rt_p_12,5_BM_SJ_	30	5,616	0,184	1,009	1,019	17,97	3,750
Rt_p_12,5_KM_VZ_	30	2,3467	0,0576	0,3156	0,0996	13,45	1,8200
Rt_p_12,5_BM_VZ_	30	10,303	0,230	1,260	1,587	12,23	8,220

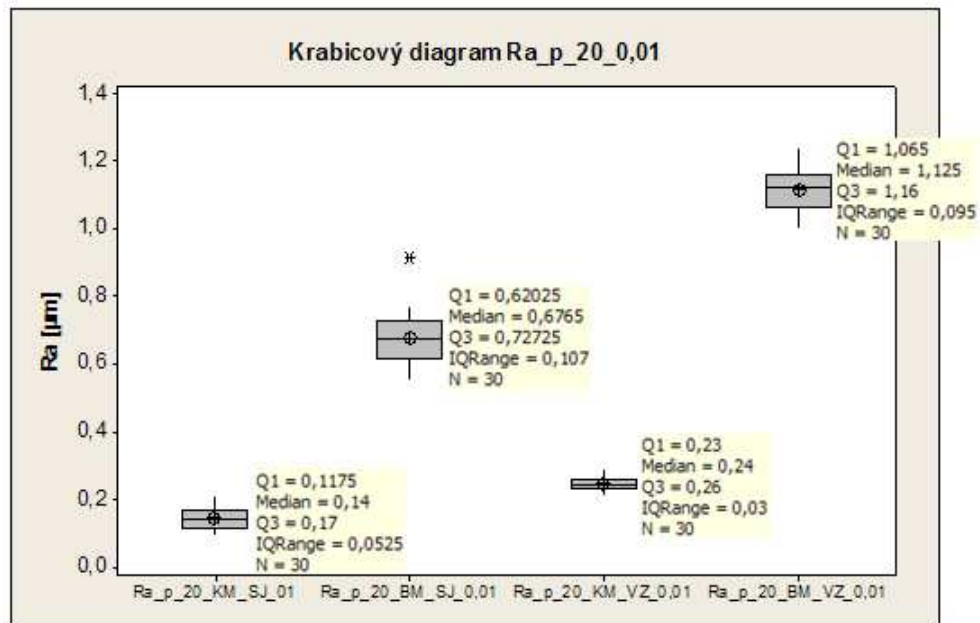
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_12,5_KM_SJ_	1,460	1,610	2,110	3,790	2,840	0,650	1,70
Rt_p_12,5_BM_SJ_	4,750	5,565	6,360	7,620	3,870	1,610	0,40
Rt_p_12,5_KM_VZ_	2,0550	2,2950	2,5825	2,9600	1,1400	0,5275	0,14
Rt_p_12,5_BM_VZ_	9,308	10,050	10,925	13,100	4,880	1,618	0,65

Variable	Kurtosis
Rt_p_12,5_KM_SJ_	3,99
Rt_p_12,5_BM_SJ_	-0,54
Rt_p_12,5_KM_VZ_	-0,91
Rt_p_12,5_BM_VZ_	-0,14

Obrázek 130. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.17 Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ

Obrázek 131. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.18 Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_20_KM_SJ_01	30	0,14567	0,00630	0,03451	0,00119	23,69	0,09000
Ra_p_20_BM_SJ_0,	30	0,6764	0,0142	0,0777	0,00604	11,49	0,5500
Ra_p_20_KM_VZ_0,	30	0,24333	0,00340	0,01863	0,000347	7,66	0,21000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	30	1,1173	0,0116	0,0637	0,00406	5,70	1,0000

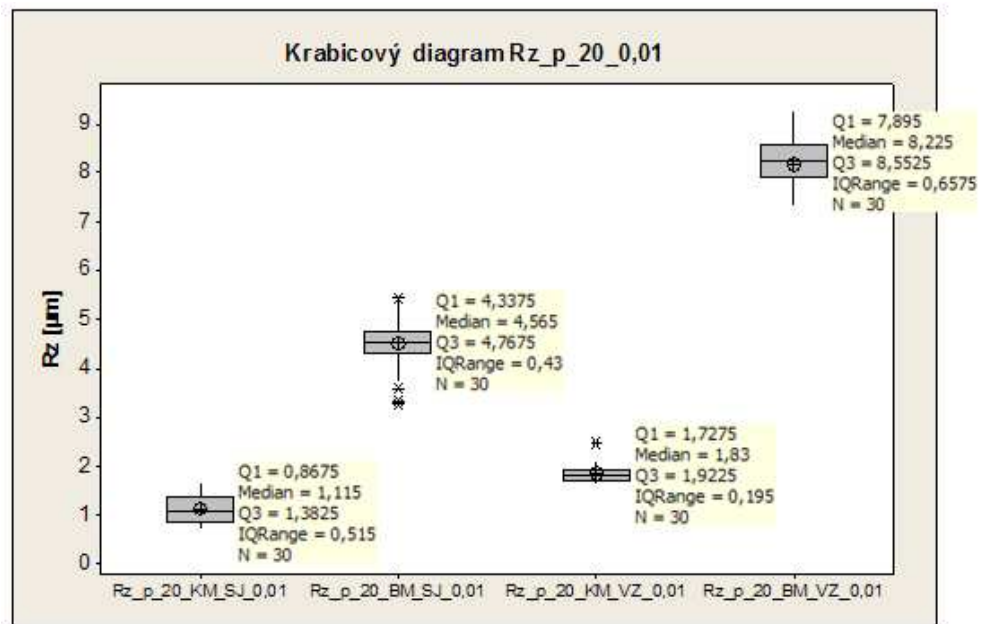
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_20_KM_SJ_01	0,11750	0,14000	0,17000	0,21000	0,12000	0,05250
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,6203	0,6765	0,7273	0,9150	0,3650	0,1070
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,23000	0,24000	0,26000	0,29000	0,08000	0,03000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	1,0650	1,1250	1,1600	1,2400	0,2400	0,0950

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_20_KM_SJ_01	0,22	-0,84
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,77	1,54
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,33	0,36
Ra_p_20_BM_VZ_0,	-0,21	-0,73

Obrázek 132. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.19 Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 133. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.20 Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_20_KM_SJ_0,	30	1,1273	0,0484	0,2651	0,0703	23,52	0,7200
Rz_p_20_BM_SJ_0,	30	4,529	0,101	0,555	0,308	12,26	3,270
Rz_p_20_KM_VZ_0,	30	1,8510	0,0311	0,1705	0,0291	9,21	1,6400
Rz_p_20_BM_VZ_0,	30	8,1880	0,0945	0,5178	0,2681	6,32	7,3300

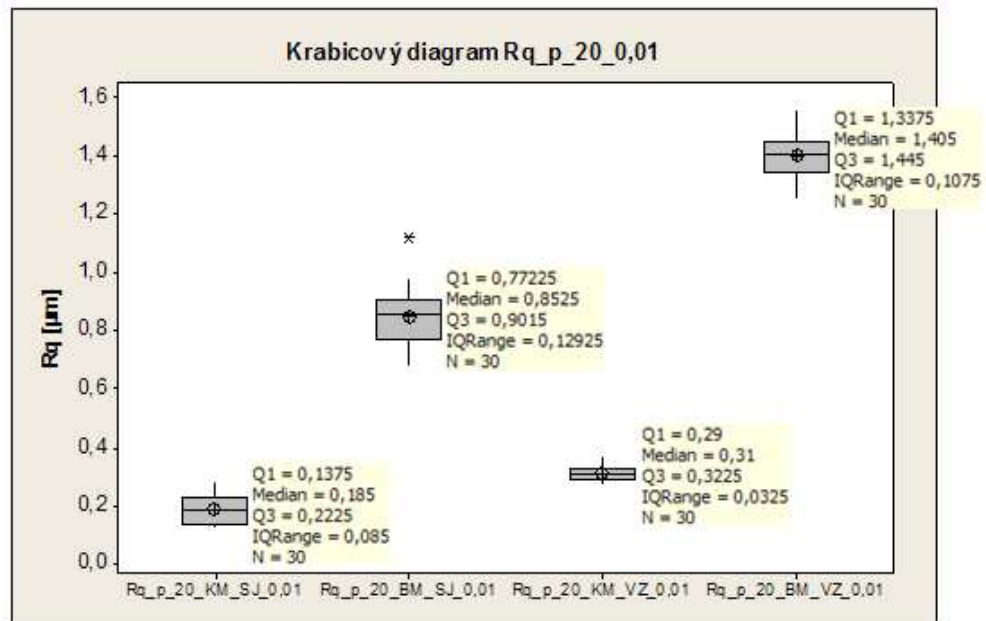
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_20_KM_SJ_0,	0,8675	1,1150	1,3825	1,6600	0,9400	0,5150	0,26
Rz_p_20_BM_SJ_0,	4,338	4,565	4,768	5,440	2,170	0,430	-0,50
Rz_p_20_KM_VZ_0,	1,7275	1,8300	1,9225	2,5000	0,8600	0,1950	1,99
Rz_p_20_BM_VZ_0,	7,8950	8,2250	8,5525	9,3000	1,9700	0,6575	-0,08

Variable	Kurtosis
Rz_p_20_KM_SJ_0,	-1,06
Rz_p_20_BM_SJ_0,	0,39
Rz_p_20_KM_VZ_0,	6,33
Rz_p_20_BM_VZ_0,	-0,52

Obrázek 134. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.21 Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Obrázek 135. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.22 Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_20_KM_SJ_0,	30	0,18833	0,00878	0,04807	0,00231	25,52	0,12000
Rq_p_20_BM_SJ_0,	30	0,8475	0,0172	0,0944	0,00891	11,14	0,6760
Rq_p_20_KM_VZ_0,	30	0,30833	0,00421	0,02306	0,000532	7,48	0,27000
Rq_p_20_BM_VZ_0,	30	1,4000	0,0138	0,0753	0,00568	5,38	1,2500

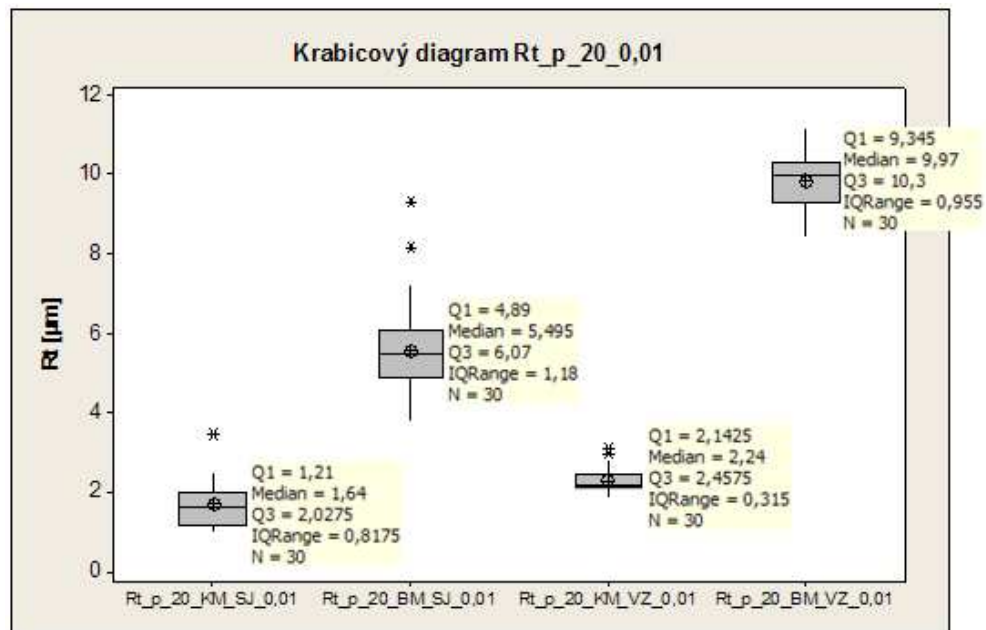
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,13750	0,18500	0,22250	0,28000	0,16000	0,08500
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,7723	0,8525	0,9015	1,1200	0,4440	0,1293
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,29000	0,31000	0,32250	0,37000	0,10000	0,03250
Rq_p_20_BM_VZ_0,	1,3375	1,4050	1,4450	1,5600	0,3100	0,1075

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,25	-0,84
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,60	0,94
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,47	0,47
Rq_p_20_BM_VZ_0,	-0,07	-0,41

Obrázek 136. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.23 Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 137. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.24 Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_20_KM_SJ_0,	30	1,710	0,101	0,551	0,304	32,24	1,030
Rt_p_20_BM_SJ_0,	30	5,596	0,209	1,143	1,307	20,43	3,830
Rt_p_20_KM_VZ_0,	30	2,3173	0,0532	0,2913	0,0849	12,57	1,8800
Rt_p_20_BM_VZ_0,	30	9,858	0,128	0,700	0,490	7,10	8,420

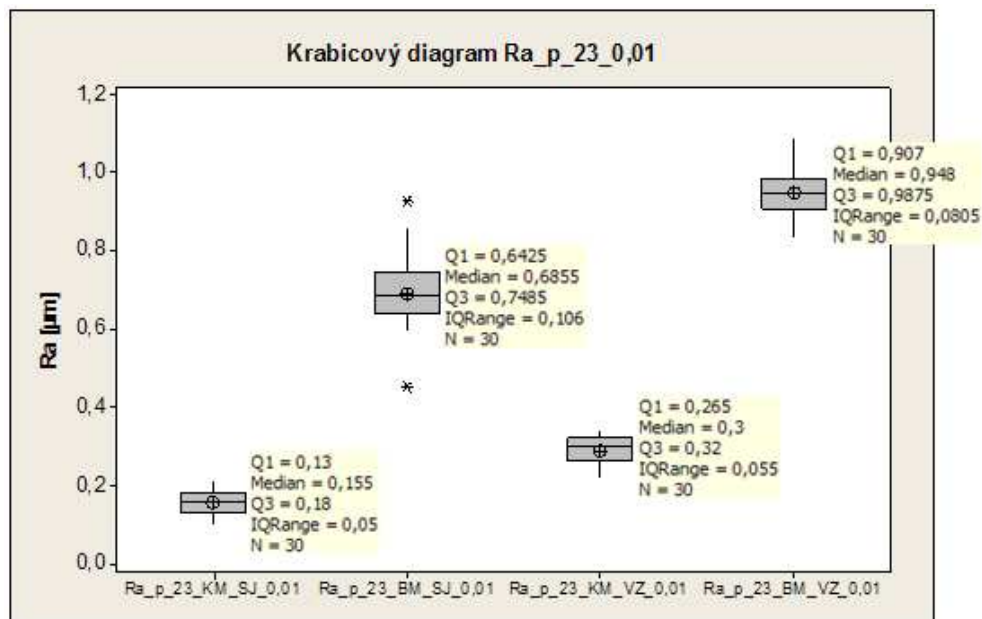
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_20_KM_SJ_0,	1,210	1,640	2,028	3,500	2,470	0,818	1,17
Rt_p_20_BM_SJ_0,	4,890	5,495	6,070	9,310	5,480	1,180	1,45
Rt_p_20_KM_VZ_0,	2,1425	2,2400	2,4575	3,1400	1,2600	0,3150	1,14
Rt_p_20_BM_VZ_0,	9,345	9,970	10,300	11,200	2,780	0,955	-0,30

Variable	Kurtosis
Rt_p_20_KM_SJ_0,	2,32
Rt_p_20_BM_SJ_0,	3,27
Rt_p_20_KM_VZ_0,	1,61
Rt_p_20_BM_VZ_0,	-0,27

Obrázek 138. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.25 Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 139. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.26 Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoeffVar	Minimum
Ra_p_23_KM_SJ_0,	30	0,15500	0,00559	0,03060	0,000936	19,74	0,10000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	30	0,6922	0,0182	0,0999	0,00998	14,43	0,4510
Ra_p_23_KM_VZ_0,	30	0,28767	0,00671	0,03674	0,00135	12,77	0,22000
Ra_p_23_BM_VZ_0,	30	0,9479	0,0110	0,0603	0,00364	6,36	0,8350

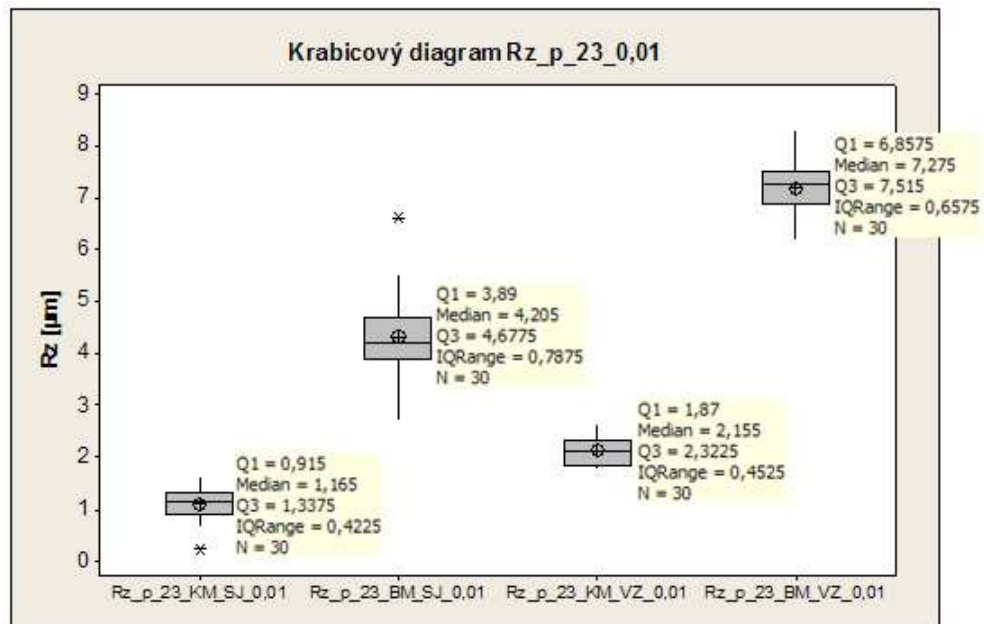
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,13000	0,15500	0,18000	0,21000	0,11000	0,05000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,6425	0,6855	0,7485	0,9270	0,4760	0,1060
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,26500	0,30000	0,32000	0,34000	0,12000	0,05500
Ra_p_23_BM_VZ_0,	0,9070	0,9480	0,9875	1,0900	0,2550	0,0805

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,14	-0,96
Ra_p_23_BM_SJ_0,	-0,32	1,39
Ra_p_23_KM_VZ_0,	-0,60	-0,88
Ra_p_23_BM_VZ_0,	0,08	-0,07

Obrázek 140. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.27 Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 141. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.28 Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_23_KM_SJ_0,	30	1,1317	0,0562	0,3081	0,0949	27,22	0,2400
Rz_p_23_BM_SJ_0,	30	4,322	0,139	0,760	0,577	17,58	2,730
Rz_p_23_KM_VZ_0,	30	2,1520	0,0475	0,2601	0,0676	12,09	1,7600
Rz_p_23_BM_VZ_0,	30	7,1790	0,0958	0,5248	0,2754	7,31	6,1700

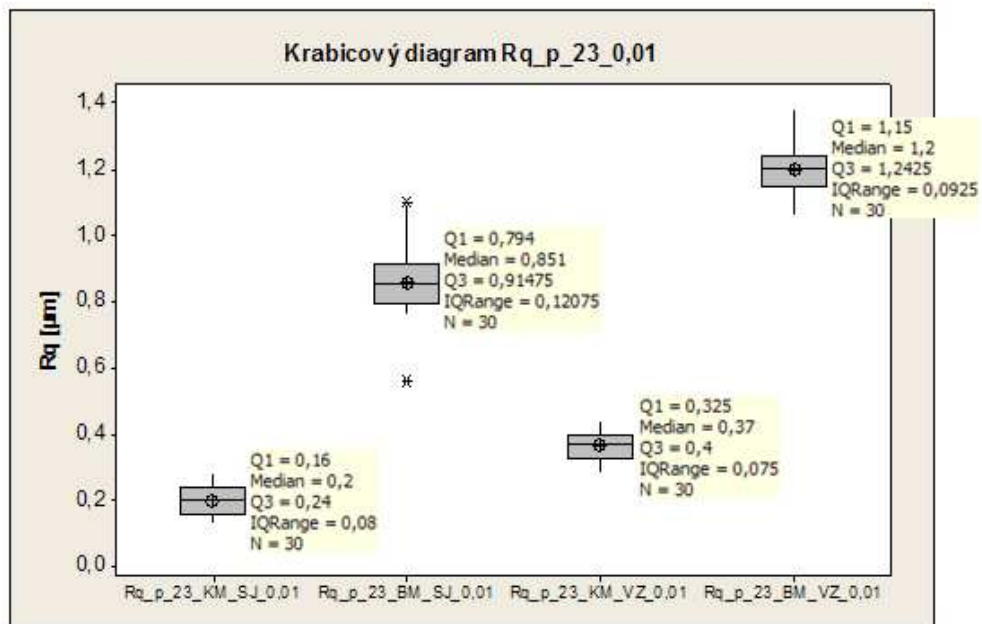
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_23_KM_SJ_0,	0,9150	1,1650	1,3375	1,6400	1,4000	0,4225	-0,62
Rz_p_23_BM_SJ_0,	3,890	4,205	4,678	6,630	3,900	0,788	0,67
Rz_p_23_KM_VZ_0,	1,8700	2,1550	2,3225	2,6500	0,8900	0,4525	0,11
Rz_p_23_BM_VZ_0,	6,8575	7,2750	7,5150	8,2900	2,1200	0,6575	0,10

Variable	Kurtosis
Rz_p_23_KM_SJ_0,	0,90
Rz_p_23_BM_SJ_0,	2,50
Rz_p_23_KM_VZ_0,	-0,90
Rz_p_23_BM_VZ_0,	-0,22

Obrázek 142. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.29 Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ



Obrázek 143. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.30 Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoeffVar	Minimum
Rq_p_23_KM_SJ_0,	30	0,20033	0,00748	0,04098	0,00168	20,45	0,13000
Rq_p_23_BM_SJ_0,	30	0,8575	0,0222	0,1216	0,0148	14,18	0,5570
Rq_p_23_KM_VZ_0,	30	0,36267	0,00844	0,04623	0,00214	12,75	0,28000
Rq_p_23_BM_VZ_0,	30	1,1973	0,0137	0,0749	0,00561	6,26	1,0600

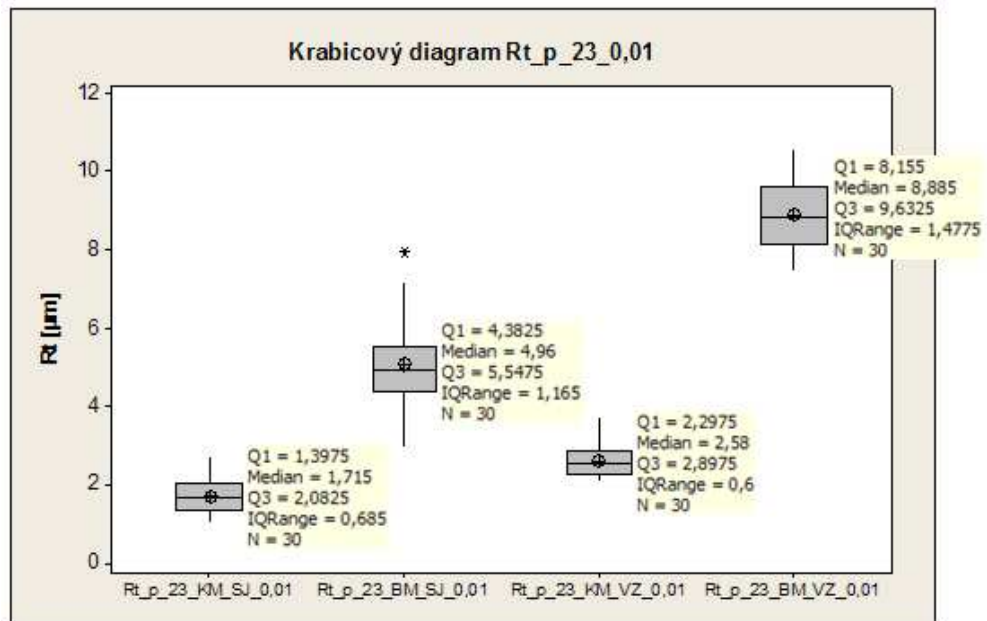
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,16000	0,20000	0,24000	0,28000	0,15000	0,08000
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,7940	0,8510	0,9148	1,1000	0,5430	0,1207
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,32500	0,37000	0,40000	0,44000	0,16000	0,07500
Rq_p_23_BM_VZ_0,	1,1500	1,2000	1,2425	1,3800	0,3200	0,0925

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,07	-1,05
Rq_p_23_BM_SJ_0,	-0,38	1,59
Rq_p_23_KM_VZ_0,	-0,43	-1,07
Rq_p_23_BM_VZ_0,	0,15	-0,01

Obrázek 144. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.31 Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 145. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.32 Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_23_KM_SJ_0,	30	1,7560	0,0765	0,4187	0,1753	23,85	1,0900
Rt_p_23_BM_SJ_0,	30	5,102	0,190	1,039	1,079	20,36	3,000
Rt_p_23_KM_VZ_0,	30	2,6493	0,0821	0,4495	0,2020	16,97	2,0900
Rt_p_23_BM_VZ_0,	30	8,913	0,147	0,805	0,649	9,04	7,460

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_23_KM_SJ_0,	1,3975	1,7150	2,0825	2,7800	1,6900	0,6850	0,52
Rt_p_23_BM_SJ_0,	4,383	4,960	5,548	7,980	4,980	1,165	0,75
Rt_p_23_KM_VZ_0,	2,2975	2,5800	2,8975	3,7700	1,6800	0,6000	0,77
Rt_p_23_BM_VZ_0,	8,155	8,885	9,633	10,600	3,140	1,477	0,21

Variable	Kurtosis
Rt_p_23_KM_SJ_0,	-0,22
Rt_p_23_BM_SJ_0,	1,14
Rt_p_23_KM_VZ_0,	0,08
Rt_p_23_BM_VZ_0,	-0,78

Obrázek 146. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.3.33 Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,01 pro kontaktní a bezkontaktní měření

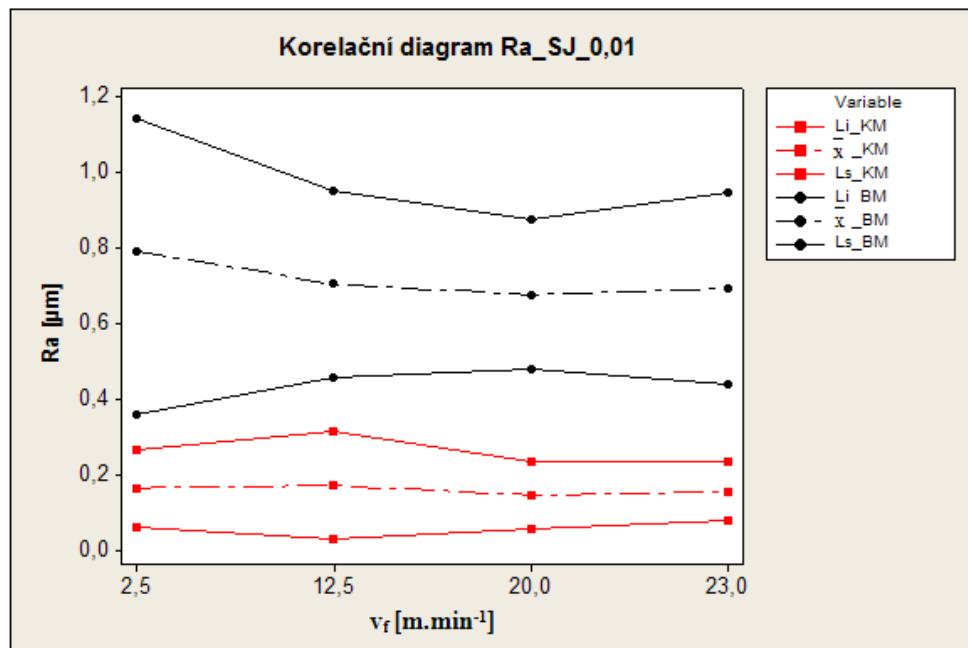
Tabulka 17. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory

Náhodné výběrové soubory	H ₀ (Zamítám/Nezamítám)	P – value [-]
Ra_p_2,5_KM_SJ_0,01	Zamítám	0,044
Ra_p_12,5_KM_SJ_0,01	Zamítám	0,012
Ra_p_20_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_KM_VZ_0,01	Zamítám	0,044
Ra_p_12,5_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_BM_SJ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_BM_VZ_0,01	Nezamítám	> 0,150

6.3.34 Korelační diagramy Ra_SJ_0,01 a Ra_VZ_0,01 pro ocel X210Cr12

Tabulka 18. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,01

Li_KM [μm]	\bar{x} _KM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x} _BM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]
0,063	0,1647	0,0401	0,267	0,361	0,7914	0,1383	1,144	2,5
0,030	0,1717	0,0555	0,313	0,457	0,7043	0,0969	0,951	12,5
0,058	0,1457	0,0345	0,234	0,478	0,6764	0,0777	0,875	20
0,077	0,1550	0,0306	0,233	0,438	0,9470	0,0999	0,947	23

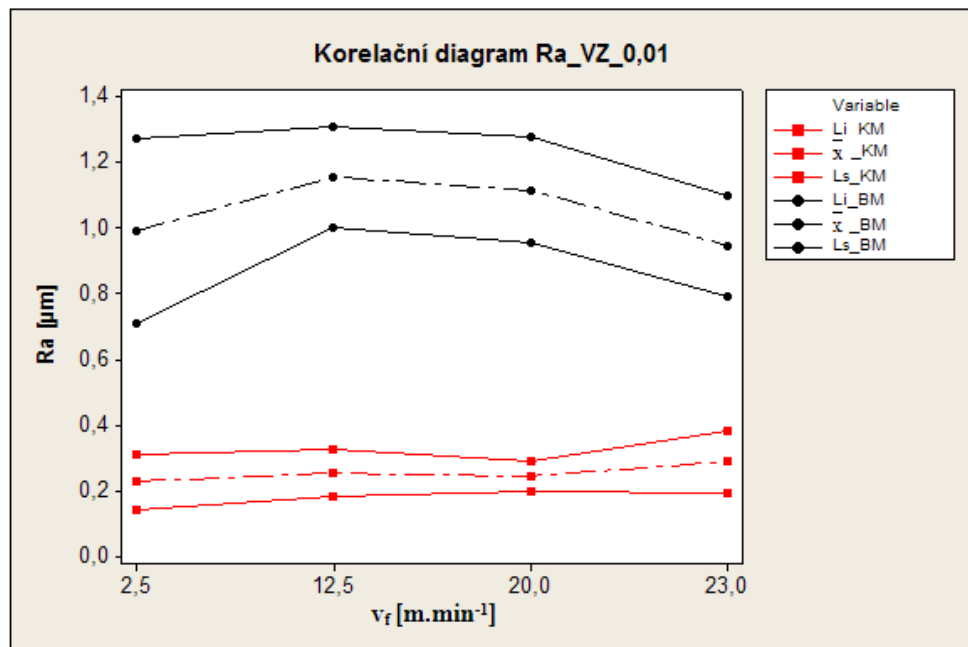


Obrázek 147. Korelační diagram Ra_SJ_0,01 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel X1210Cr12

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousicího kotouče s možností omylu 5%.

Tabulka 19. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,01

Li_KM [μm]	\bar{x} _KM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x} _BM [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]
0,143	0,2270	0,0330	0,311	0,710	0,9934	0,1110	1,277	2,5
0,184	0,2533	0,0272	0,323	1,004	1,1660	0,0609	1,328	12,5
0,196	0,2433	0,0186	0,291	0,955	1,1173	0,0637	1,280	20
0,194	0,2877	0,0367	0,381	0,794	0,9479	0,0603	1,102	23

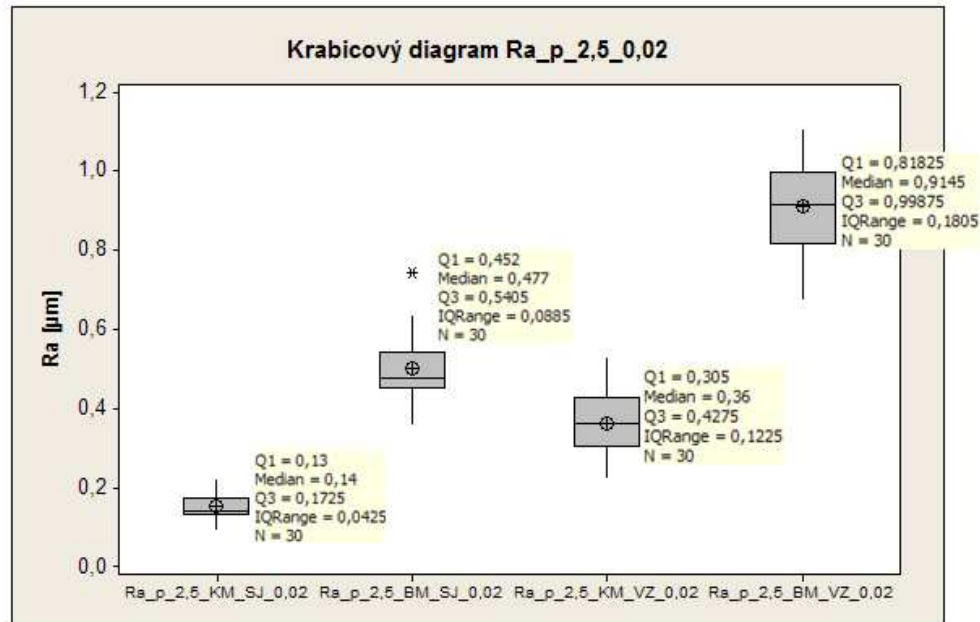


Obrázek 148. Korelační diagram Ra_VZ_0,01 kontaktního a bezkontaktního měření v příčném směru v závislosti na posuvu pro ocel X210Cr12

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v příčném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

6.4 Vyhodnocení výsledků pro ocel X210Cr12 a hloubku třísky 0,02 mm

6.4.1 Krabicové diagramy Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 149. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.2 Popisné charakteristiky Ra_p_2,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,15100	0,00640	0,03507	0,00123	23,23	0,09000
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,5025	0,0147	0,0807	0,00651	16,06	0,3590
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,3603	0,0156	0,0853	0,00728	23,68	0,2200
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	30	0,9141	0,0209	0,1143	0,0131	12,50	0,6720

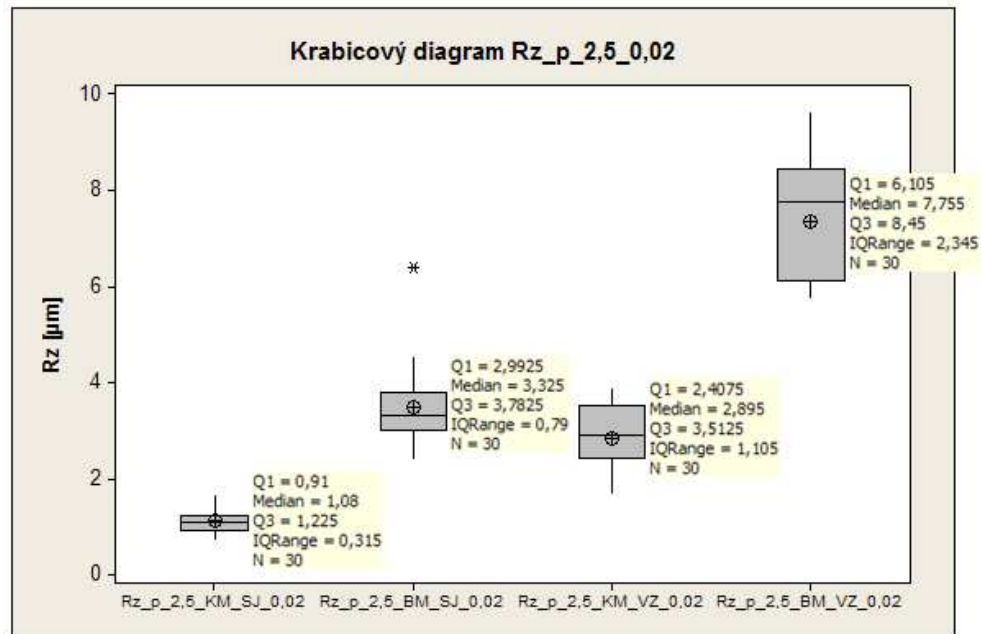
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,13000	0,14000	0,17250	0,22000	0,13000	0,04250
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,4520	0,4770	0,5405	0,7430	0,3840	0,0885
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	0,3050	0,3600	0,4275	0,5300	0,3100	0,1225
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	0,8183	0,9145	0,9988	1,1100	0,4380	0,1805

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_2,5_KM_SJ_0	0,58	-0,45
Ra_p_2,5_BM_SJ_0	0,90	1,43
Ra_p_2,5_KM_VZ_0	-0,04	-0,76
Ra_p_2,5_BM_VZ_0	-0,28	-0,66

Obrázek 150. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.3 Krabicové diagramy Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 151. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.4 Popisné charakteristiky Rz_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total						
	Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,1143	0,0470	0,2574	0,0662	23,10	0,7000
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	30	3,485	0,145	0,792	0,627	22,72	2,370
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	30	2,841	0,124	0,681	0,464	23,99	1,680
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	30	7,358	0,227	1,244	1,548	16,91	5,730

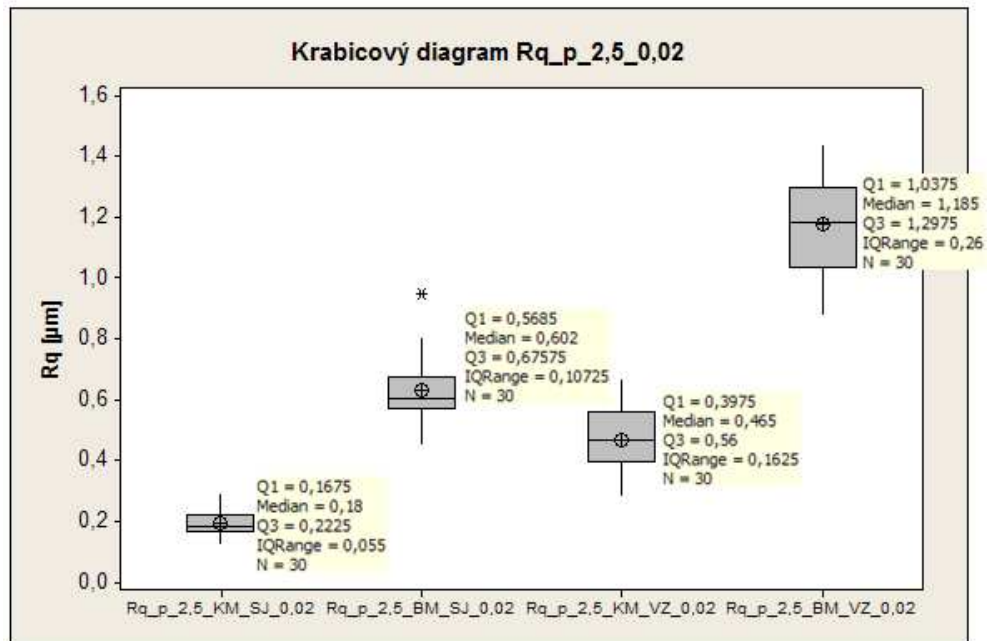
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	0,9100	1,0800	1,2250	1,6600	0,9600	0,3150	0,64
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	2,993	3,325	3,783	6,370	4,000	0,790	1,72
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	2,408	2,895	3,513	3,890	2,210	1,105	-0,26
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	6,105	7,755	8,450	9,620	3,890	2,345	0,06

Variable	Kurtosis
Rz_p_2,5_KM_SJ_0	-0,46
Rz_p_2,5_BM_SJ_0	4,94
Rz_p_2,5_KM_VZ_0	-0,97
Rz_p_2,5_BM_VZ_0	-1,55

Obrázek 152. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.5 Krabicové diagramy Rq_{p_2,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_2,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 153. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.6 Popisné charakteristiky Rq_{p_2,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_2,5_BM_SJ_VZ}

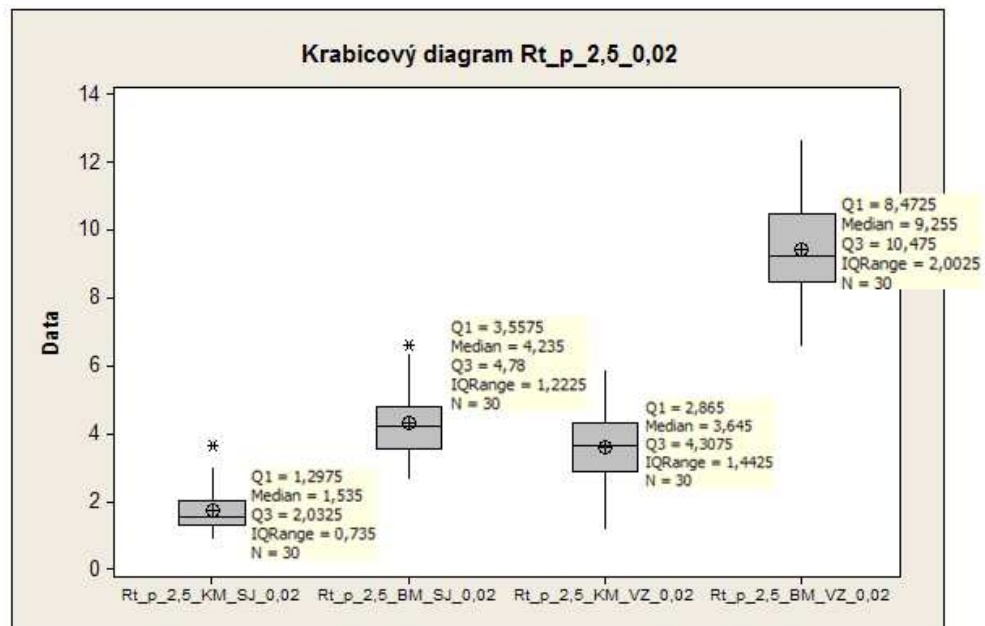
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	30	0,19367	0,00835	0,04575	0,00209	23,62	0,12000
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	30	0,6318	0,0185	0,1013	0,0103	16,03	0,4500
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	30	0,4660	0,0204	0,1120	0,0125	24,03	0,2800
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	30	1,1756	0,0282	0,1542	0,0238	13,12	0,8780

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,16750	0,18000	0,22250	0,29000	0,17000	0,05500
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	0,5685	0,6020	0,6758	0,9470	0,4970	0,1072
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	0,3975	0,4650	0,5600	0,6700	0,3900	0,1625
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	1,0375	1,1850	1,2975	1,4400	0,5620	0,2600

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_2,5_KM_SJ_0	0,60	-0,40
Rq_p_2,5_BM_SJ_0	1,03	2,04
Rq_p_2,5_KM_VZ_0	-0,14	-0,90
Rq_p_2,5_BM_VZ_0	-0,16	-0,82

Obrázek 154. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.7 Krabicové diagramy Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 155. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.8 Popisné charakteristiky Rt_p_2,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_2,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	30	1,718	0,112	0,615	0,378	35,81	0,860
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	30	4,322	0,198	1,086	1,180	25,14	2,660
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	30	3,588	0,185	1,011	1,022	28,18	1,160
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	30	9,451	0,298	1,633	2,667	17,28	6,560

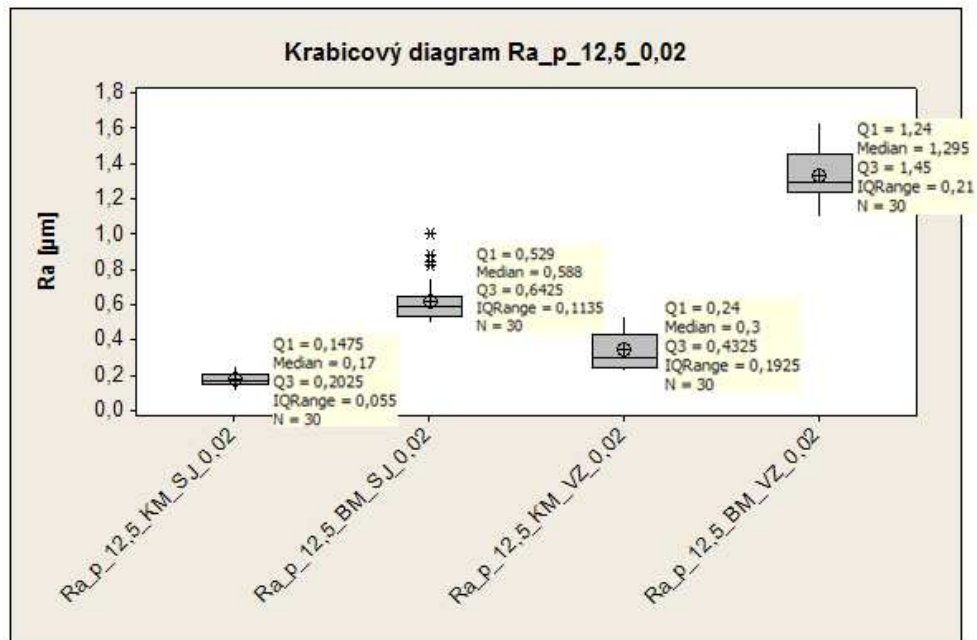
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	1,298	1,535	2,033	3,660	2,800	0,735	1,42
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	3,558	4,235	4,780	6,620	3,960	1,222	0,56
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	2,865	3,645	4,308	5,920	4,760	1,443	-0,24
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	8,473	9,255	10,475	12,700	6,140	2,003	0,30

Variable	Kurtosis
Rt_p_2,5_KM_SJ_0	2,39
Rt_p_2,5_BM_SJ_0	-0,44
Rt_p_2,5_KM_VZ_0	0,32
Rt_p_2,5_BM_VZ_0	-0,34

Obrázek 156. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.9 Krabicové diagramy Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ

Obrázek 157. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.10 Popisné charakteristiky Ra_p_12,5_KM_SJ_VZ a Ra_p_12,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_12,5_KM_SJ_	30	0,17267	0,00711	0,03895	0,00152	22,56	0,11000
Ra_p_12,5_BM_SJ_	30	0,6169	0,0227	0,1244	0,0155	20,17	0,4920
Ra_p_12,5_KM_VZ_	30	0,3437	0,0191	0,1045	0,0109	30,41	0,2200
Ra_p_12,5_BM_VZ_	30	1,3280	0,0255	0,1396	0,0195	10,51	1,1000

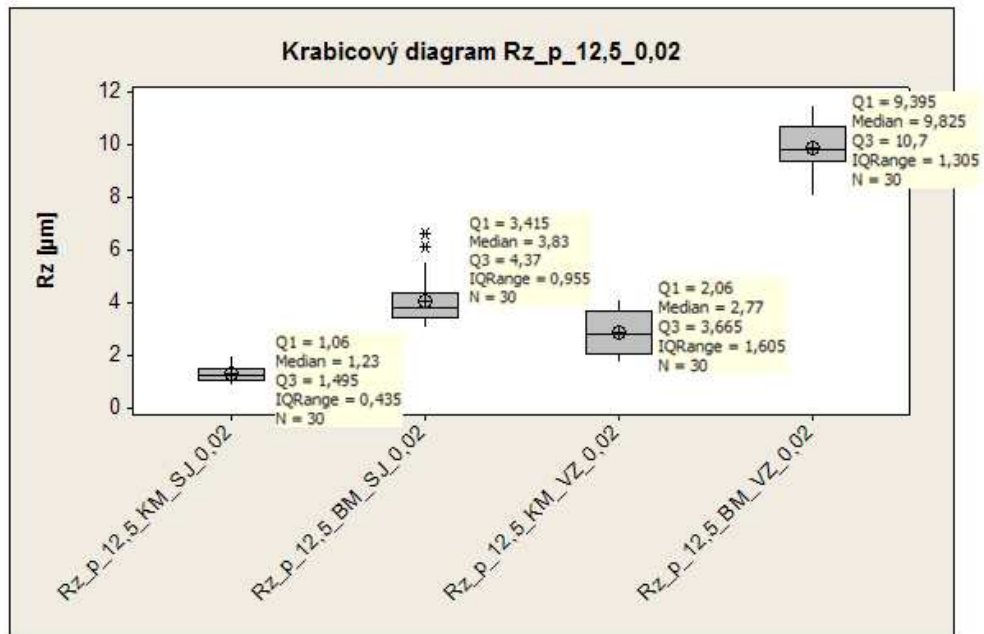
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,14750	0,17000	0,20250	0,25000	0,14000	0,05500
Ra_p_12,5_BM_SJ_	0,5290	0,5880	0,6425	1,0000	0,5080	0,1135
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,2400	0,3000	0,4325	0,5300	0,3100	0,1925
Ra_p_12,5_BM_VZ_	1,2400	1,2950	1,4500	1,6300	0,5300	0,2100

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_12,5_KM_SJ_	0,03	-0,88
Ra_p_12,5_BM_SJ_	1,63	2,33
Ra_p_12,5_KM_VZ_	0,26	-1,63
Ra_p_12,5_BM_VZ_	0,44	-0,52

Obrázek 158. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.11 Krabicové diagramy Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ



Obrázek 159. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.12 Popisné charakteristiky Rz_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rz_p_12,5_BM_SJ_VZ

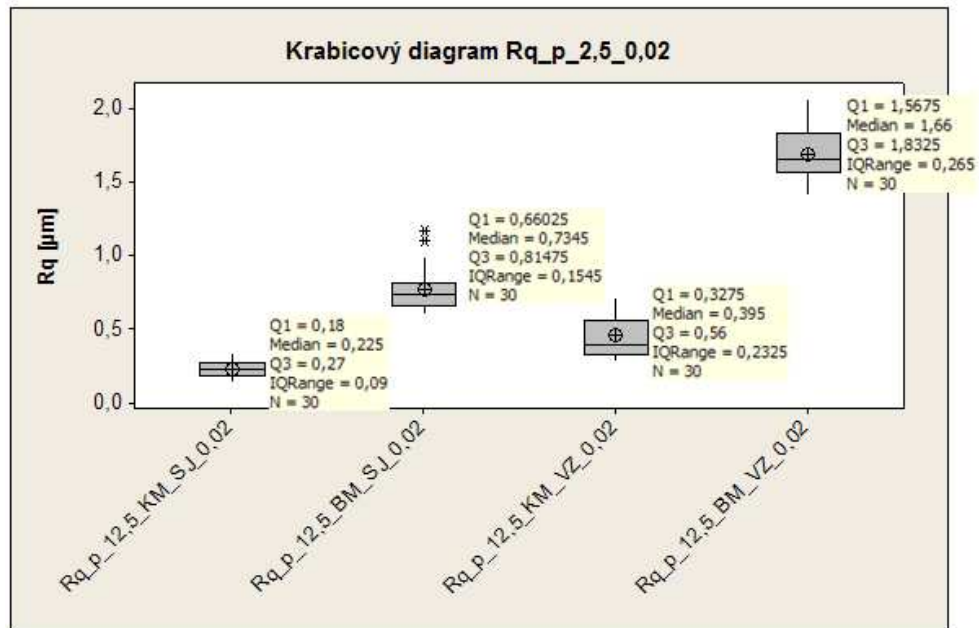
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_12,5_KM_SJ_	30	1,2710	0,0531	0,2908	0,0846	22,88	0,8300
Rz_p_12,5_BM_SJ_	30	4,044	0,158	0,865	0,748	21,39	3,030
Rz_p_12,5_KM_VZ_	30	2,881	0,145	0,792	0,628	27,50	1,760
Rz_p_12,5_BM_VZ_	30	9,889	0,162	0,888	0,789	8,98	8,090

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_12,5_KM_SJ_	1,0600	1,2300	1,4950	1,9900	1,1600	0,4350	0,60
Rz_p_12,5_BM_SJ_	3,415	3,830	4,370	6,630	3,600	0,955	1,54
Rz_p_12,5_KM_VZ_	2,060	2,770	3,665	4,140	2,380	1,605	0,11
Rz_p_12,5_BM_VZ_	9,395	9,825	10,700	11,500	3,410	1,305	-0,11

Variable	Kurtosis
Rz_p_12,5_KM_SJ_	0,01
Rz_p_12,5_BM_SJ_	2,35
Rz_p_12,5_KM_VZ_	-1,60
Rz_p_12,5_BM_VZ_	-0,63

Obrázek 160. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.13 Krabicové diagramy Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}



Obrázek 161. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.14 Popisné charakteristiky Rq_{p_12,5_KM_SJ_VZ} a Rq_{p_12,5_BM_SJ_VZ}

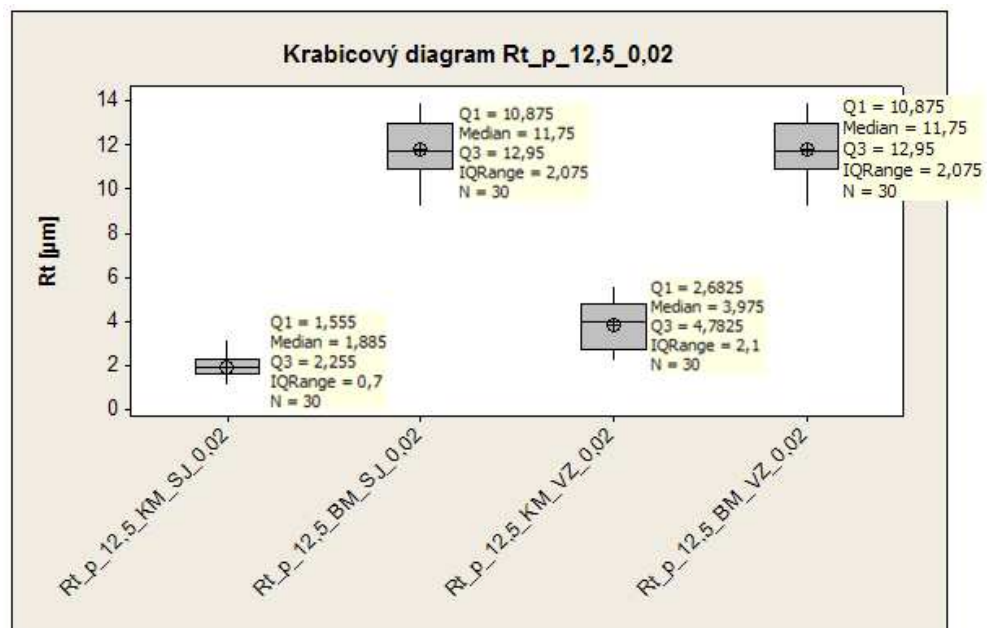
Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_12,5_KM_SJ_	30	0,22400	0,00957	0,05243	0,00275	23,41	0,14000
Rq_p_12,5_BM_SJ_	30	0,7705	0,0276	0,1514	0,0229	19,65	0,6060
Rq_p_12,5_KM_VZ_	30	0,4547	0,0255	0,1398	0,0196	30,76	0,2800
Rq_p_12,5_BM_VZ_	30	1,6850	0,0308	0,1689	0,0285	10,03	1,4100

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_12,5_KM_SJ_	0,18000	0,22500	0,27000	0,34000	0,20000	0,09000
Rq_p_12,5_BM_SJ_	0,6603	0,7345	0,8148	1,1700	0,5640	0,1545
Rq_p_12,5_KM_VZ_	0,3275	0,3950	0,5600	0,7100	0,4300	0,2325
Rq_p_12,5_BM_VZ_	1,5675	1,6600	1,8325	2,0600	0,6500	0,2650

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_12,5_KM_SJ_	0,18	-0,66
Rq_p_12,5_BM_SJ_	1,38	1,20
Rq_p_12,5_KM_VZ_	0,30	-1,49
Rq_p_12,5_BM_VZ_	0,33	-0,60

Obrázek 162. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min⁻¹ kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.15 Krabicové diagramy Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

Obrázek 163. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.16 Popisné charakteristiky Rt_p_12,5_KM_SJ_VZ a Rt_p_12,5_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_12,5_KM_SJ_	30	1,9213	0,0902	0,4940	0,2440	25,71	1,0900
Rt_p_12,5_BM_SJ_	30	11,818	0,238	1,306	1,706	11,05	9,180
Rt_p_12,5_KM_VZ_	30	3,796	0,202	1,108	1,228	29,19	2,210
Rt_p_12,5_BM_VZ_	30	11,818	0,238	1,306	1,706	11,05	9,180

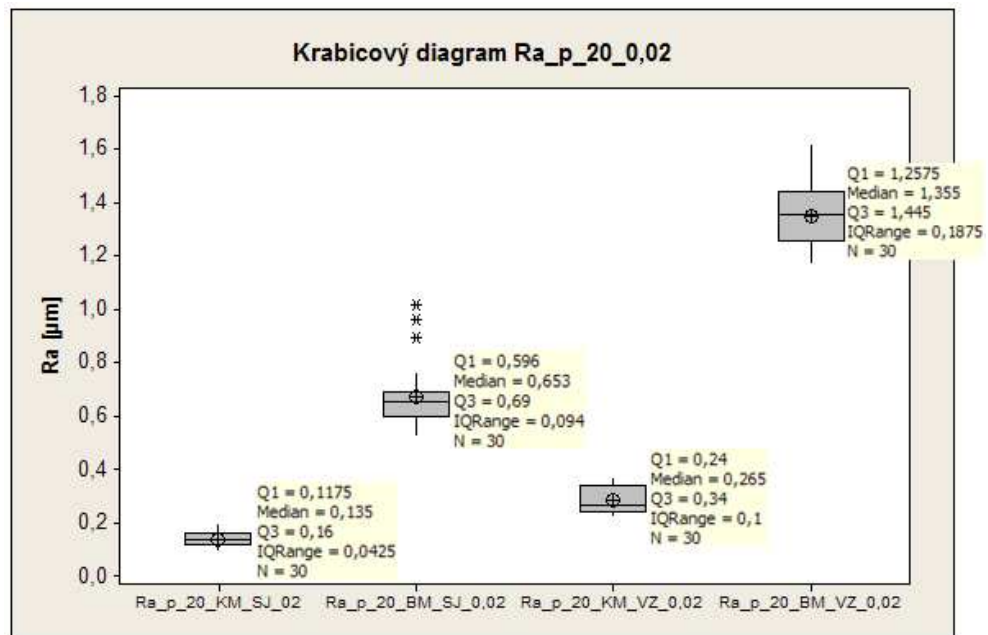
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_12,5_KM_SJ_	1,5550	1,8850	2,2550	3,1100	2,0200	0,7000	0,48
Rt_p_12,5_BM_SJ_	10,875	11,750	12,950	13,900	4,720	2,075	-0,09
Rt_p_12,5_KM_VZ_	2,683	3,975	4,783	5,600	3,390	2,100	-0,03
Rt_p_12,5_BM_VZ_	10,875	11,750	12,950	13,900	4,720	2,075	-0,09

Variable	Kurtosis
Rt_p_12,5_KM_SJ_	0,06
Rt_p_12,5_BM_SJ_	-0,63
Rt_p_12,5_KM_VZ_	-1,61
Rt_p_12,5_BM_VZ_	-0,63

Obrázek 164. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.17 Krabicové diagramy Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 165. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.18 Popisné charakteristiky Ra_p_20_KM_SJ_VZ a Ra_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_20_KM_SJ_02	30	0,13800	0,00539	0,02952	0,000872	21,39	0,09000
Ra_p_20_BM_SJ_0,	30	0,6699	0,0212	0,1160	0,0135	17,32	0,5210
Ra_p_20_KM_VZ_0,	30	0,28667	0,00930	0,05095	0,00260	17,77	0,22000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	30	1,3483	0,0223	0,1223	0,0150	9,07	1,1700

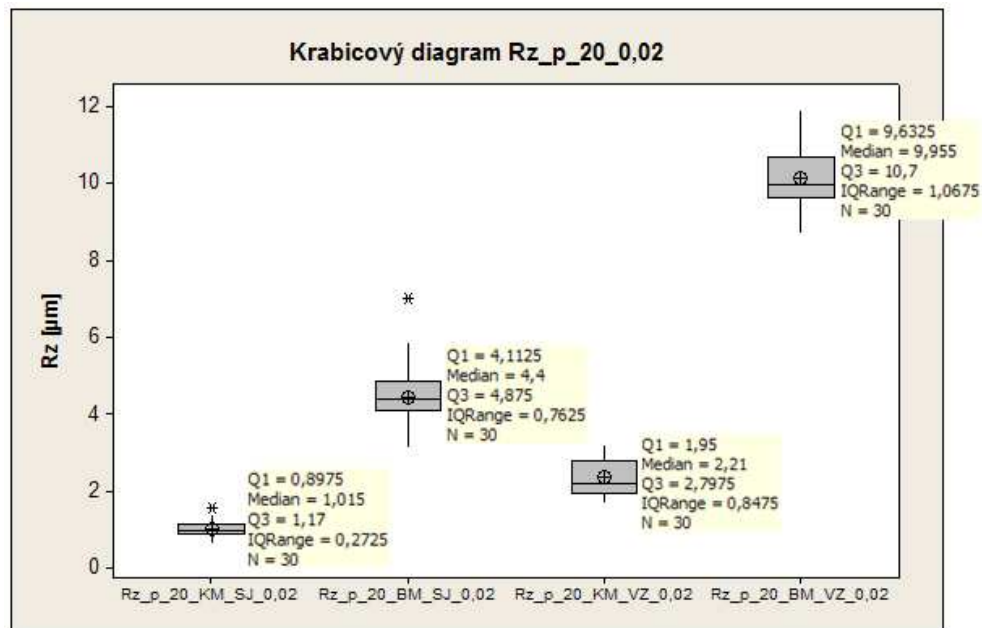
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_20_KM_SJ_02	0,11750	0,13500	0,16000	0,20000	0,11000	0,04250
Ra_p_20_BM_SJ_0,	0,5960	0,6530	0,6900	1,0200	0,4990	0,0940
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,24000	0,26500	0,34000	0,37000	0,15000	0,10000
Ra_p_20_BM_VZ_0,	1,2575	1,3550	1,4450	1,6200	0,4500	0,1875

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_20_KM_SJ_02	0,40	-0,29
Ra_p_20_BM_SJ_0,	1,61	2,88
Ra_p_20_KM_VZ_0,	0,35	-1,49
Ra_p_20_BM_VZ_0,	0,36	-0,55

Obrázek 166. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.19 Krabicové diagramy Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ



Obrázek 167. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.20 Popisné charakteristiky Rz_p_20_KM_SJ_VZ a Rz_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_20_KM_SJ_0,	30	1,0420	0,0379	0,2075	0,0431	19,92	0,6700
Rz_p_20_BM_SJ_0,	30	4,460	0,146	0,800	0,641	17,95	3,160
Rz_p_20_KM_VZ_0,	30	2,3677	0,0877	0,4803	0,2307	20,29	1,7300
Rz_p_20_BM_VZ_0,	30	10,147	0,147	0,805	0,648	7,93	8,680

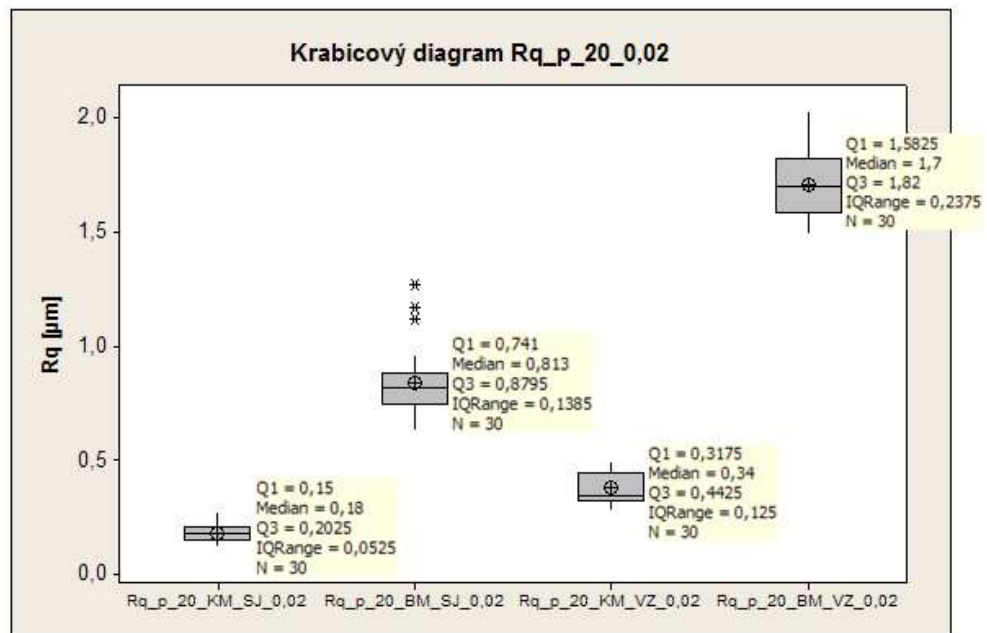
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_20_KM_SJ_0,	0,8975	1,0150	1,1700	1,5800	0,9100	0,2725	0,67
Rz_p_20_BM_SJ_0,	4,113	4,400	4,875	7,000	3,840	0,763	1,07
Rz_p_20_KM_VZ_0,	1,9500	2,2100	2,7975	3,2100	1,4800	0,8475	0,28
Rz_p_20_BM_VZ_0,	9,633	9,955	10,700	11,900	3,220	1,067	0,53

Variable	Kurtosis
Rz_p_20_KM_SJ_0,	0,36
Rz_p_20_BM_SJ_0,	2,50
Rz_p_20_KM_VZ_0,	-1,33
Rz_p_20_BM_VZ_0,	-0,30

Obrázek 168. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.21 Krabicové diagramy Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Obrázek 169. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.22 Popisné charakteristiky Rq_p_20_KM_SJ_VZ a Rq_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_20_KM_SJ_0,	30	0,17933	0,00701	0,03841	0,00148	21,42	0,12000
Rq_p_20_BM_SJ_0,	30	0,8344	0,0264	0,1444	0,0208	17,30	0,6300
Rq_p_20_KM_VZ_0,	30	0,3747	0,0126	0,0689	0,00474	18,38	0,2800
Rq_p_20_BM_VZ_0,	30	1,7043	0,0272	0,1487	0,0221	8,73	1,4900

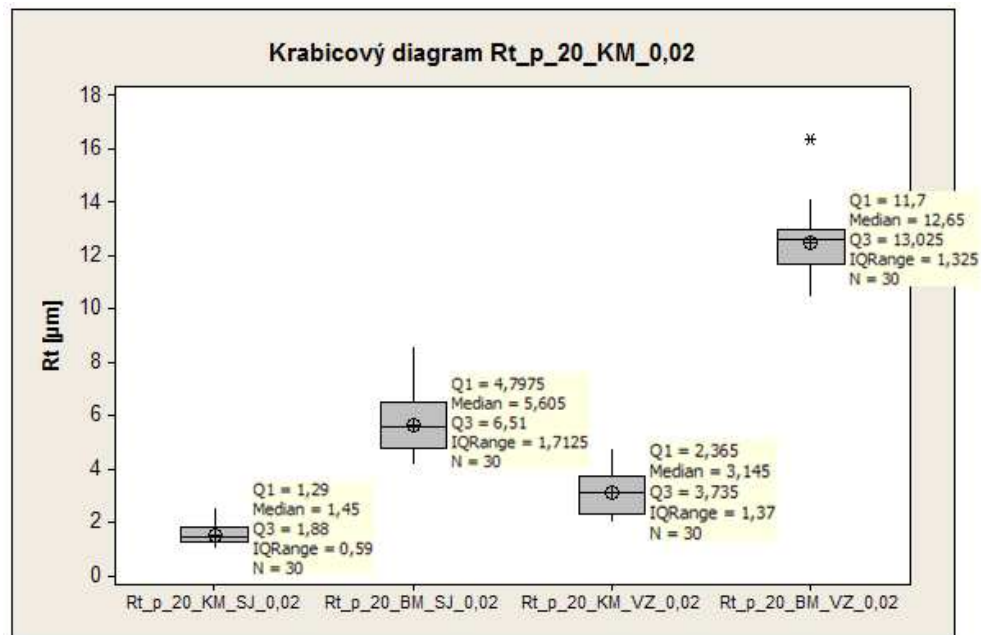
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,15000	0,18000	0,20250	0,27000	0,15000	0,05250
Rq_p_20_BM_SJ_0,	0,7410	0,8130	0,8795	1,2700	0,6400	0,1385
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,3175	0,3400	0,4425	0,4900	0,2100	0,1250
Rq_p_20_BM_VZ_0,	1,5825	1,7000	1,8200	2,0300	0,5400	0,2375

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_20_KM_SJ_0,	0,47	-0,16
Rq_p_20_BM_SJ_0,	1,50	2,50
Rq_p_20_KM_VZ_0,	0,33	-1,43
Rq_p_20_BM_VZ_0,	0,38	-0,67

Obrázek 170. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.23 Krabicové diagramy Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Obrázek 171. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.24 Popisné charakteristiky Rt_p_20_KM_SJ_VZ a Rt_p_20_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_20_KM_SJ_0,	30	1,5610	0,0699	0,3826	0,1464	24,51	1,0700
Rt_p_20_BM_SJ_0,	30	5,674	0,197	1,082	1,170	19,07	4,170
Rt_p_20_KM_VZ_0,	30	3,170	0,149	0,818	0,669	25,81	2,040
Rt_p_20_BM_VZ_0,	30	12,543	0,217	1,190	1,417	9,49	10,500

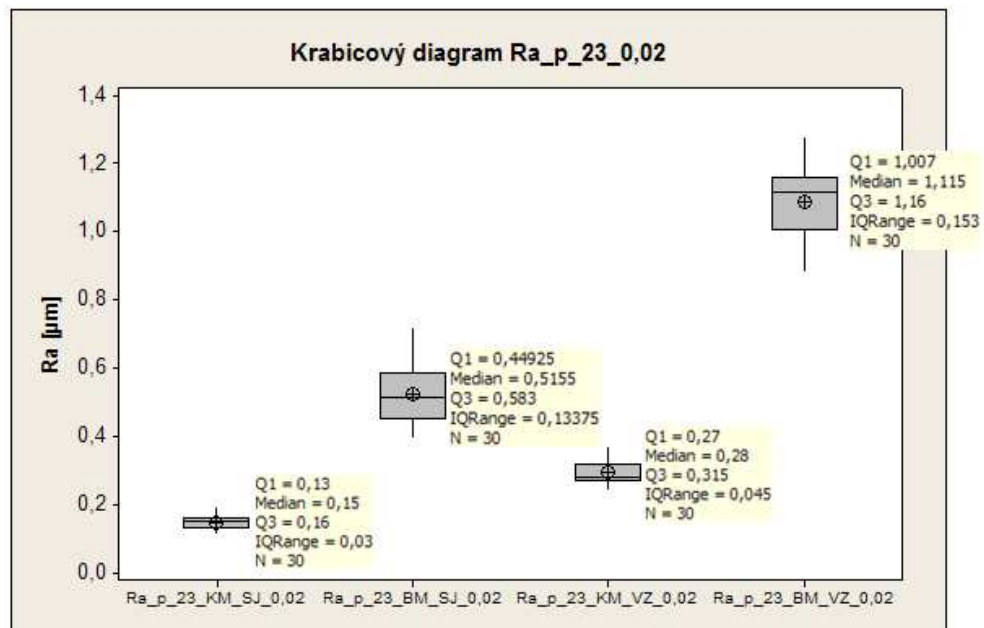
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_20_KM_SJ_0,	1,2900	1,4500	1,8800	2,6200	1,5500	0,5900	1,06
Rt_p_20_BM_SJ_0,	4,798	5,605	6,510	8,600	4,430	1,713	0,95
Rt_p_20_KM_VZ_0,	2,365	3,145	3,735	4,800	2,760	1,370	0,30
Rt_p_20_BM_VZ_0,	11,700	12,650	13,025	16,400	5,900	1,325	0,98

Variable	Kurtosis
Rt_p_20_KM_SJ_0,	0,56
Rt_p_20_BM_SJ_0,	0,56
Rt_p_20_KM_VZ_0,	-1,02
Rt_p_20_BM_VZ_0,	2,54

Obrázek 172. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.25 Krabicové diagramy Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 173. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.26 Popisné charakteristiky Ra_p_23_KM_SJ_VZ a Ra_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Ra_p_23_KM_SJ_0,	30	0,14667	0,00408	0,02233	0,000499	15,23	0,11000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	30	0,5241	0,0156	0,0853	0,00728	16,28	0,3920
Ra_p_23_KM_VZ_0,	30	0,29200	0,00649	0,03556	0,00126	12,18	0,24000
Ra_p_23_BM_VZ_0,	30	1,0884	0,0205	0,1121	0,0126	10,30	0,8810

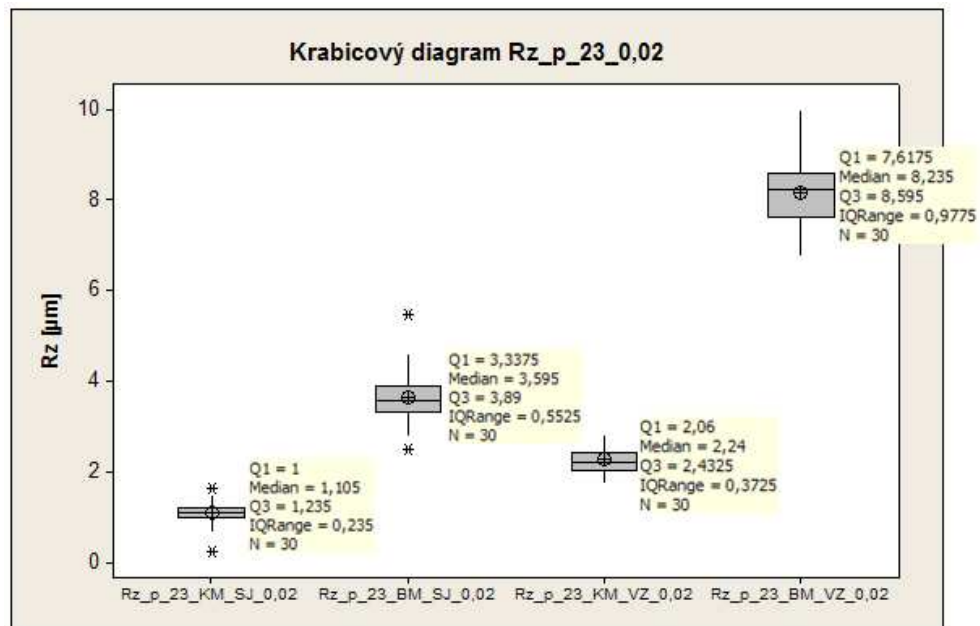
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,13000	0,15000	0,16000	0,19000	0,08000	0,03000
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,4493	0,5155	0,5830	0,7210	0,3290	0,1337
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,27000	0,28000	0,31500	0,37000	0,13000	0,04500
Ra_p_23_BM_VZ_0,	1,0070	1,1150	1,1600	1,2800	0,3990	0,1530

Variable	Skewness	Kurtosis
Ra_p_23_KM_SJ_0,	0,21	-0,45
Ra_p_23_BM_SJ_0,	0,62	-0,45
Ra_p_23_KM_VZ_0,	0,79	-0,47
Ra_p_23_BM_VZ_0,	-0,35	-0,71

Obrázek 174. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.27 Krabicové diagramy Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 175. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.28 Popisné charakteristiky Rz_p_23_KM_SJ_VZ a Rz_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rz_p_23_KM_SJ_0,	30	1,1000	0,0468	0,2564	0,0658	23,31	0,2700
Rz_p_23_BM_SJ_0,	30	3,639	0,106	0,581	0,338	15,96	2,500
Rz_p_23_KM_VZ_0,	30	2,2893	0,0522	0,2859	0,0818	12,49	1,7700
Rz_p_23_BM_VZ_0,	30	8,162	0,144	0,786	0,618	9,63	6,780

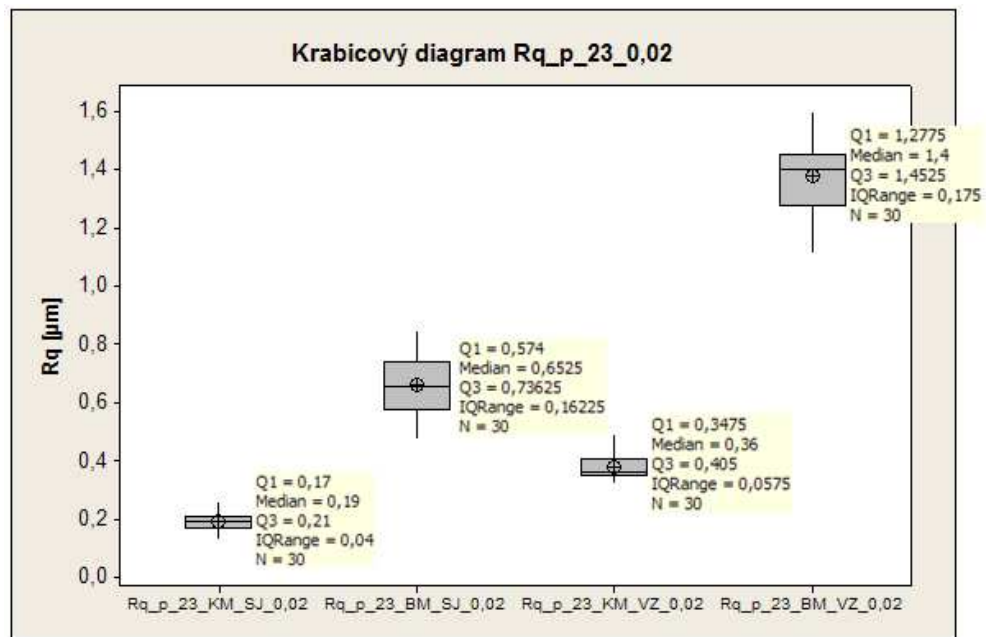
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rz_p_23_KM_SJ_0,	1,0000	1,1050	1,2350	1,6700	1,4000	0,2350	-0,79
Rz_p_23_BM_SJ_0,	3,338	3,595	3,890	5,470	2,970	0,552	0,94
Rz_p_23_KM_VZ_0,	2,0600	2,2400	2,4325	2,8300	1,0600	0,3725	0,51
Rz_p_23_BM_VZ_0,	7,618	8,235	8,595	9,970	3,190	0,977	0,25

Variable	Kurtosis
Rz_p_23_KM_SJ_0,	3,20
Rz_p_23_BM_SJ_0,	2,52
Rz_p_23_KM_VZ_0,	-0,62
Rz_p_23_BM_VZ_0,	-0,13

Obrázek 176. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.29 Krabicové diagramy Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 177. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.30 Popisné charakteristiky Rq_p_23_KM_SJ_VZ a Rq_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rq_p_23_KM_SJ_0,	30	0,19000	0,00612	0,03353	0,00112	17,65	0,13000
Rq_p_23_BM_SJ_0,	30	0,6581	0,0177	0,0968	0,00938	14,72	0,4760
Rq_p_23_KM_VZ_0,	30	0,37767	0,00813	0,04454	0,00198	11,79	0,32000
Rq_p_23_BM_VZ_0,	30	1,3777	0,0255	0,1396	0,0195	10,14	1,1100

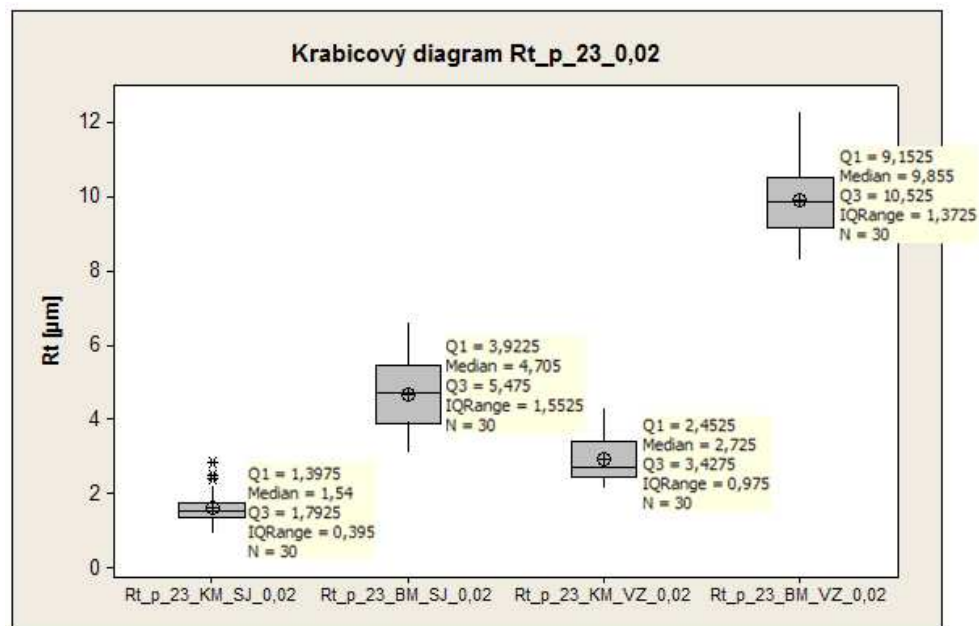
Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,17000	0,19000	0,21000	0,27000	0,14000	0,04000
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,5740	0,6525	0,7363	0,8490	0,3730	0,1623
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,34750	0,36000	0,40500	0,49000	0,17000	0,05750
Rq_p_23_BM_VZ_0,	1,2775	1,4000	1,4525	1,6000	0,4900	0,1750

Variable	Skewness	Kurtosis
Rq_p_23_KM_SJ_0,	0,34	0,32
Rq_p_23_BM_SJ_0,	0,34	-0,69
Rq_p_23_KM_VZ_0,	0,99	0,10
Rq_p_23_BM_VZ_0,	-0,30	-0,59

Obrázek 178. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.31 Krabicové diagramy Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Obrázek 179. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.32 Popisné charakteristiky Rt_p_23_KM_SJ_VZ a Rt_p_23_BM_SJ_VZ

Variable	Total Count	Mean	SE Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum
Rt_p_23_KM_SJ_0,	30	1,6433	0,0765	0,4188	0,1754	25,48	0,9400
Rt_p_23_BM_SJ_0,	30	4,675	0,174	0,950	0,903	20,33	3,120
Rt_p_23_KM_VZ_0,	30	2,931	0,106	0,581	0,338	19,83	2,180
Rt_p_23_BM_VZ_0,	30	9,891	0,189	1,037	1,076	10,49	8,300

Variable	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	IQR	Skewness
Rt_p_23_KM_SJ_0,	1,3975	1,5400	1,7925	2,8400	1,9000	0,3950	1,15
Rt_p_23_BM_SJ_0,	3,923	4,705	5,475	6,620	3,500	1,552	0,21
Rt_p_23_KM_VZ_0,	2,453	2,725	3,428	4,320	2,140	0,975	0,63
Rt_p_23_BM_VZ_0,	9,153	9,855	10,525	12,300	4,000	1,373	0,39

Variable	Kurtosis
Rt_p_23_KM_SJ_0,	1,60
Rt_p_23_BM_SJ_0,	-0,88
Rt_p_23_KM_VZ_0,	-0,54
Rt_p_23_BM_VZ_0,	-0,27

Obrázek 180. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min⁻¹

kontaktního a bezkontaktního měření v podélném a příčném směru

6.4.33 Testy normality dat pro Ra_SJ_VZ_0,02 pro kontaktní a bezkontaktní měření

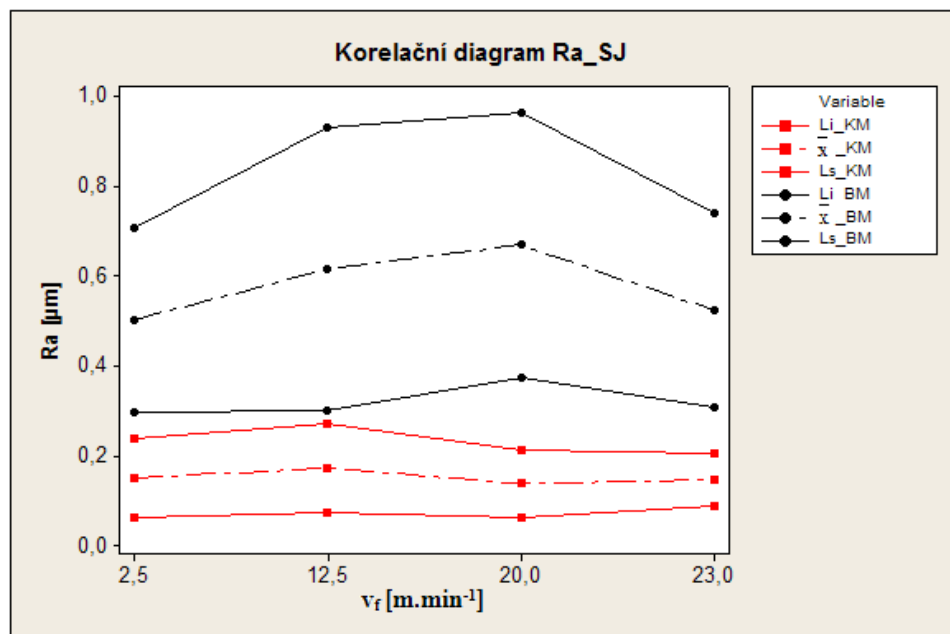
Tabulka 20. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory

Náhodné výběrové soubory	H ₀ (Zamítám/Nezamítám)	P – value [-]
Ra_p_2,5_KM_SJ_0,02	Nezamítám	0,106
Ra_p_12,5_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_KM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_KM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_KM_VZ_0,02	Zamítám	< 0,010
Ra_p_20_KM_VZ_0,02	Zamítám	0,022
Ra_p_23_KM_VZ_0,02	Nezamítám	0,063
Ra_p_2,5_BM_SJ_0,02	Nezamítám	0,091
Ra_p_12,5_BM_SJ_0,02	Zamítám	< 0,010
Ra_p_20_BM_SJ_0,02	Zamítám	< 0,010
Ra_p_23_BM_SJ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_2,5_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_12,5_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_20_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150
Ra_p_23_BM_VZ_0,02	Nezamítám	> 0,150

6.4.34 Korelační diagramy Ra_SJ_0,02 a Ra_VZ_0,02 pro ocel X210Cr12

Tabulka 21. Dvoustranný statistický toleranční interval Ra_SJ_0,02

Li_KM [μm]	\bar{x}_{KM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x}_{BM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]
0,061	0,1510	0,0351	0,240	0,297	0,5025	0,0807	0,708	2,5
0,073	0,1727	0,0390	0,272	0,300	0,6169	0,1244	0,934	12,5
0,063	0,1380	0,0295	0,213	0,374	0,6699	0,1160	0,966	20
0,090	0,1467	0,0223	0,206	0,307	0,5241	0,0853	0,742	23

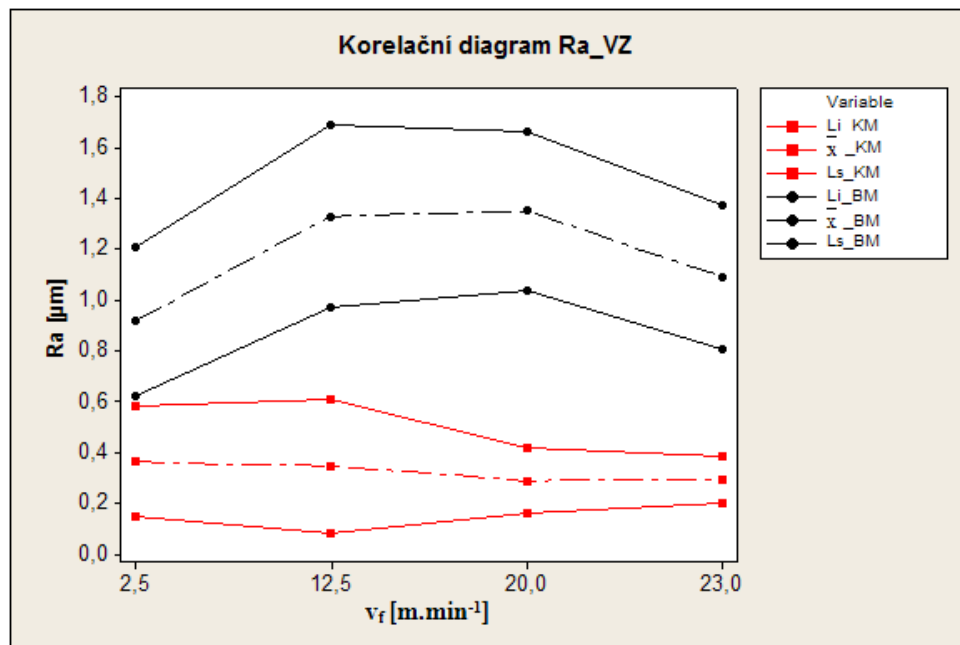


Obrázek 181. Korelační diagram Ra_SJ_0,02 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel X210Cr12

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousicího kotouče s možností omylu 5%.

Tabulka 22. Dvoustranný statistický toleranční interval Ra_VZ_0,02

Li_KM [μm]	\bar{x}_{KM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_KM [μm]	Li_BM [μm]	\bar{x}_{BM} [μm]	St. dev. [μm]	Ls_BM [μm]	posuv [m.min ⁻¹]
0,143	0,3603	0,0853	0,578	0,623	0,9141	0,1143	1,206	2,5
0,077	0,3437	0,1045	0,610	0,972	1,3280	0,1396	1,684	12,5
0,157	0,2867	0,0510	0,417	1,036	1,3483	0,1223	1,660	20
0,201	0,2920	0,0356	0,383	0,803	1,0884	0,1121	1,374	23



Obrázek 182. Korelační diagram Ra_VZ_0,02 kontaktního a bezkontaktního měření v podélném směru v závislosti na posuvu pro ocel X210Cr12

Zamítám hypotézu vzájemné korelace Ra kontaktního a bezkontaktního měření v příčném směru v závislosti na posuvu, hloubce řezu a typu brousícího kotouče s možností omylu 5%.

6.5 Postup testování korelace mezi kontaktním a bezkontaktním způsobem z ekonomických důvodů

1. Volba vzorků a technologických podmínek pro broušení obvodem kotouče
 - zvolit stejný testovací materiál
 - zvolit vhodný broušící kotouč
 - zvolit odpovídající rychlosti posuvů
2. Způsoby snímání: kontaktní způsob – podélný směr (SJ)
 - příčný směr (VZ)bezkontaktní způsob – podélný směr (SJ)
 - příčný směr (VZ)

Vyhodnocované parametry drsnosti povrchu: Ra, Rz, Rq, Rt

3. Velikost výběrového souboru – N total = 30 měření
4. Pásový korelační diagram

Sestrojí se graficky pásový korelační diagram s dvoustranným statistickým tolerančním intervalem spolehlivosti, který pokrývá 95% hodnot základního souboru. V případě, že by došlo k překrytí korelačních pásů, zvolí se levnější metoda měření jakosti povrchu zvolené technologie.

ZÁVĚR

1. účelem bylo navržení metodiky vhodného typu snímání parametrů jakosti povrchu dle příslušných ISO norem.
2. Provedlo se praktické měření na ocelových vzorcích z materiálů 102Cr6 a X210Cr12 při stanovených řezných podmínkách a sejmuty jednotlivé parametry (Ra, Rz, Rq, Rt) kontaktním a bezkontaktním měřením.
3. Byly sestaveny pásmové korelační diagramy
4. Dle navržené metodiky bylo zjištěno, že kontaktní přístroj Mitutoyo SJ – 301 je nevhodný pro měření jakosti povrchu zvolené technologie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bezkontaktní profiloměry [online]. c2010 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.imeco-th.cz/Download/Profilomery%20bezkontaktni.pdf>>.
- [2] HOLEŠOVSKÝ, František. Jakost obráběných povrchů. první. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2003. 179 s. ISBN 80-7044-539-4.
- [3] KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. Vydání druhé. Brno: CERM, prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [4] KOLÁŘ, David. Korelace struktury brousícího kotouče a jakosti broušené plochy. Zlín, 2010. 119 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [5] NOVÁK, Zdeněk. Prostorové měření a hodnocení textury povrchu přístroji Taylor Hobson Ltd. [online]. c2010 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW: <http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2_Novak_3D_mereni_textury.pdf>.
- [6] PEŠIČKA, Ladislav. Geometrická specifikace výrobků strojírenské výroby (GPS). Praha: ČNI, 2006. 49 s.
- [7] PODRÁBSKÝ, Tomáš; POSPÍŠILOVÁ, Simona; JULIŠ, Martin. Nástrojové oceli [online]. 2007 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/vyuka/HMT-K/04-Nastrojove%20oceli.pdf>>.
- [8] Pokrok v měření a hodnocení struktury povrchu. MM Průmyslové spektrum [online]. 16. 6. 2004, 2004, č. 6, [cit. 2010-11-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/pokrok-v-mereni-a-hodnoceni-struktury-povrchu-2>>.
- [9] POPELKA, Aleš. Dynamická obrobiteľnosť kovů a plastů při broušení a frézování [online]. Zlín, 2008. 135 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z WWW: <http://portal.utb.cz/wps/PA_StagPortletsJSR168/KvalifPraceDownloadServlet?typ=1&adipidno=8455>.

- [10] Povrchy povlaků - mikrogeometrie [online]. c2010 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf>.
- [11] Rozdělení a značení ocelí [online]. c2010 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW:
<<http://www.ateam.ic.cz/folie.pdf>>.
- [12] Studium integrity broušeného povrchu [online]. c2010 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW: <<http://web.tuke.sk/fvtpo/casopis/pdf08/2-str-11-13.pdf>>.
- [13] ŠPERKA, Petr. Struktura povrchů vybraných strojních součástí [online]. 2009 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW:
<http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/vyuka/Struktura_povrchu_vybranych_technologii_obrabení.pdf>.
- [14] Talysurf CLI [online]. 2008 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW:
<<http://www.sefyk.com.cn/uploads/talysurf-cli-systems.pdf>>.
- [15] Talysurf CLI [online]. 2004 [cit. 2010-11-14]. Dostupné z WWW:
<[http://www.imeco-th.cz/Download/Prospekty/CLI%20\(CZ\).pdf](http://www.imeco-th.cz/Download/Prospekty/CLI%20(CZ).pdf)>.
- [16] TYKAL, Josef. Metrologie povrchu. ČNI TNK 7. červen 2006, není, s. 1-4. Dostupný také z WWW:
<http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2606_Tykal_GPS.pdf>.
- [17] 4weld.sk [online]. c2010 [cit. 2010-11-22]. Ekvivalenty ocelí. Dostupné z WWW:
<<http://www.4weld.sk/?startmenu=A5110>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina	Jednotka
2D	Dvourozměrný prostor	
3D	Třírozměrný prostor	
a_e	Hloubka třísky	mm
Coef. of var.	Odhad variačního koeficientu výběrového souboru	%
ČSN	Česká státní norma	
d_s	Průměr brousícího kotouče	mm
EN	Evropská norma	
H_A	Alternativní hypotéza	-
H_0	Nulová hypotéza	-
Q_1	1. kvartil výběrového souboru	μm
Q_3	3. kvartil výběrového souboru	μm
IQR	Interkvartilové rozpětí výběrového souboru	μm
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	
kurtosis	Odhad špičatosti výběrového souboru	-
$k'_{2(N,P,1-\alpha)}$	součinitel	-
L_i	Dolní hranice dvoustranného statistického intervalu	μm
L_s	Horní hranice dvoustranného statistického intervalu	μm
l_r	Základní délka profilu drsnosti	mm
l_n	Vyhodnocovaná délka profilu drsnosti	mm
l_t	Celková délka snímání	mm
maximum	Maximální hodnota nacházející se ve výběrovém souboru	μm
mean	Odhad aritmetického průměru výběrového souboru	μm
median	Odhad mediánu výběrového souboru	μm

minimum	Minimální hodnota nacházející se ve výběrovém souboru	μm
n	Počet základních délek	-
n_s	Frekvence otáčení brousícího kotouče	min^{-1}
N total	Velikost výběrového souboru	-
P – value	P – hodnota	-
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu	μm
range	Variační rozpětí výběrového souboru	μm
Rc	Průměrná výška prvku profilu	μm
Rku	Špičatost posuzovaného profilu	μm
Rmr	Materiálový poměr	%
$r_{n,\rho}$	Poloměr zaoblení	mm
Rq	Průměrná kvadratická úchylka profilu	μm
Rp	Největší výška profilu	μm
Rsm	Průměrná šířka prvků profilu	%
Rt	Celková výška profilu	μm
Rv	Největší prohlubeň profilu na základní délce profilu	μm
SE of mean	Nejistota měření typu A výběrového souboru	μm
SJ	Měření v podélném směru	
skewness	Odhad šikmosti výběrového souboru	-
St. deviation	Odhad směrodatné odchyly výběrového souboru	μm
variable	Odhad variačního koeficientu výběrového souboru	μm
variance	Odhad rozptylu výběrového souboru	μm^2
v_c	Řezná rychlost	m.s^{-1}
v_f	Posuv stolu brusky	m.min^{-1}
VZ	Měření v příčném směru	

X, Y, Z	Osy v daných směrech	-
α	Chyba 1. druhu	-
α_n	Normální úhel hřbetu	°
β_o	Ortogonální úhel břitu	°
β_{on}	Ortogonální úhel břitu vytvořený třískou	°
γ_n	Normální úhel čela	°
δ_o	Ortogonální úhel řezu	°
$\lambda_{c,s,f}$	Filtr profilu	-
Al_2O_3	Umělý korund	-
$1 - \alpha$	Konfidenční úroveň	-

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Normy týkající se struktury povrchu	17
Obrázek 2. Skutečný profil povrchu	18
Obrázek 3. Jemná nerovnost (drsnost povrchu).....	18
Obrázek 4. Vlnitost povrchu	18
Obrázek 5. Obecný tvar povrchu	18
Obrázek 6. Vlnitost povrchu	19
Obrázek 7. Drsnost povrchu	19
Obrázek 8. Měřicí dráha snímače	20
Obrázek 9. Základní a vyhodnocovaná délka	21
Obrázek 10. Různé hodnoty základní délky	22
Obrázek 11. Vliv zvětšení na profil povrchu	22
Obrázek 12. Největší hloubka prohlubní profilu R_v	23
Obrázek 13. Největší výška profilu R_p	23
Obrázek 14. Největší výška profilu R_z	24
Obrázek 15. Celková výška profilu R_t	24
Obrázek 16. Průměrná aritmetická úchylka profilu R_a	25
Obrázek 17. Různé hodnoty R_a	25
Obrázek 18. Průměrná kvadratická úchylka profilu R_q	26
Obrázek 19. Průměrná výška prvku profilu R_c	26
Obrázek 20. Průměrná šířka prvků profilu R_{sm}	27
Obrázek 21. Šikmost posuzovaného profilu R_{sk}	27
Obrázek 22. Špičatost posuzovaného profilu R_{ku}	28
Obrázek 23. Materiálový poměr R_{mr}	28
Obrázek 24. Abbot – Firestonova křivka.....	29
Obrázek 25. Měřicí smyčka	30
Obrázek 26. Diamantový měřicí hrot.....	30
Obrázek 27. Problematika snímání kontaktním způsobem	30
Obrázek 28. Princip CLA snímače	37
Obrázek 29. Princip indukčního snímače	38
Obrázek 30. Princip laserového snímače	38
Obrázek 31. Model záběru brousicího zrna	44

Obrázek 32. Oblast primární plastické deformace.....	48
Obrázek 33. Oblast sekundární plastické deformace	48
Obrázek 34. Oblast styku hřbetu a obrobené plochy	49
Obrázek 35. Rovinná bruska BRH 20.03 F	55
Obrázek 36. Obrobené vzorky	58
Obrázek 37. Dotykový měřicí přístroj Mitutoyo SJ – 301	59
Obrázek 38. Kalibrační podložka a zobrazené parametry profilu drsnosti.....	60
Obrázek 39. Vyhodnocené parametry přístrojem Mitutoyo SJ – 301	60
Obrázek 40. Talysurf CLI 50	61
Obrázek 41. Kalibrace přístroje Talysurf CLI 500	62
Obrázek 42. Nastavení parametrů měření.....	63
Obrázek 43. Nastavení odrazivosti	63
Obrázek 44. Program pro bezkontaktní měření	64
Obrázek 45. Nastavení parametrů měření.....	64
Obrázek 46. Ukázka vyhodnocených parametrů softwarem Talymap Gold.....	65
Obrázek 47. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹ kontaktního	66
Obrázek 48. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	66
Obrázek 49. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹ kontaktního	67
Obrázek 50. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	67
Obrázek 51. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹ kontaktního	68
Obrázek 52. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	68
Obrázek 53. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹ kontaktního	69
Obrázek 54. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	69
Obrázek 55. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹ kontaktního	70
Obrázek 56. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	70
Obrázek 57. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹ kontaktního	71
Obrázek 58. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	71
Obrázek 59. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹ kontaktního	72
Obrázek 60. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	72
Obrázek 61. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹ kontaktního	73
Obrázek 62. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	73
Obrázek 63. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹ kontaktního	74
Obrázek 64. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹	74

Obrázek 65. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹ kontaktního	75
Obrázek 66. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹	75
Obrázek 67. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	76
Obrázek 68. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	76
Obrázek 69. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	77
Obrázek 70. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	77
Obrázek 71. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	78
Obrázek 72. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	78
Obrázek 73. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	79
Obrázek 74. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	79
Obrázek 75. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	80
Obrázek 76. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	80
Obrázek 77. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	81
Obrázek 78. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	81
Obrázek 79. Korelační diagram Ra_SJ_0,01 kontaktního a bezkontaktního	84
Obrázek 80. Korelační diagram Ra_VZ_0,01 kontaktního a bezkontaktního	85
Obrázek 81. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	86
Obrázek 82. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	86
Obrázek 83. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	87
Obrázek 84. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	87
Obrázek 85. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	88
Obrázek 86. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	88
Obrázek 87. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	89
Obrázek 88. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	89
Obrázek 89. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	90
Obrázek 90. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	90
Obrázek 91. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	91
Obrázek 92. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	91
Obrázek 93. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	92
Obrázek 94. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	92
Obrázek 95. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	93
Obrázek 96. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	93
Obrázek 97. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹	94

Obrázek 98. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹	94
Obrázek 99. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹	95
Obrázek 100. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹	95
Obrázek 101. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	96
Obrázek 102. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	96
Obrázek 103. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	97
Obrázek 104. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	97
Obrázek 105. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	98
Obrázek 106. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	98
Obrázek 107. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	99
Obrázek 108. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	99
Obrázek 109. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	100
Obrázek 110. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	100
Obrázek 111. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	101
Obrázek 112. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	101
Obrázek 113. Korelační diagram Ra_SJ_0,02 kontaktního a bezkontaktního	103
Obrázek 114. Korelační diagram Ra_VZ_0,02 kontaktního a bezkontaktního	104
Obrázek 115. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	105
Obrázek 116. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	105
Obrázek 117. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	106
Obrázek 118. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	106
Obrázek 119. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	107
Obrázek 120. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	107
Obrázek 121. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	108
Obrázek 122. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	108
Obrázek 123. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	109
Obrázek 124. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	109
Obrázek 125. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	110
Obrázek 126. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	110
Obrázek 127. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	111
Obrázek 128. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	111
Obrázek 129. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	112
Obrázek 130. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	112

Obrázek 131. Krabicové diagramy Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹	113
Obrázek 132. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 20 m.min ⁻¹	113
Obrázek 133. Krabicové diagramy Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹	114
Obrázek 134. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 20 m.min ⁻¹	114
Obrázek 135. Krabicové diagramy Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	115
Obrázek 136. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 20 m.min ⁻¹	115
Obrázek 137. Krabicové diagramy Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	116
Obrázek 138. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 20 m.min ⁻¹	116
Obrázek 139. Krabicové diagramy Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	117
Obrázek 140. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 23 m.min ⁻¹	117
Obrázek 141. Krabicové diagramy Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	118
Obrázek 142. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 23 m.min ⁻¹	118
Obrázek 143. Krabicové diagramy Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	119
Obrázek 144. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 23 m.min ⁻¹	119
Obrázek 145. Krabicové diagramy Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	120
Obrázek 146. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 23 m.min ⁻¹	120
Obrázek 147. Korelační diagram Ra_SJ_0,01 kontaktního a bezkontaktního	122
Obrázek 148. Korelační diagram Ra_VZ_0,01 kontaktního a bezkontaktního	123
Obrázek 149. Krabicové diagramy Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	124
Obrázek 150. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	124
Obrázek 151. Krabicové diagramy Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	125
Obrázek 152. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	125
Obrázek 153. Krabicové diagramy Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	126
Obrázek 154. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	126
Obrázek 155. Krabicové diagramy Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	127
Obrázek 156. Popisné charakteristiky Rt pro posuv 2,5 m.min ⁻¹	127
Obrázek 157. Krabicové diagramy Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	128
Obrázek 158. Popisné charakteristiky Ra pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	128
Obrázek 159. Krabicové diagramy Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	129
Obrázek 160. Popisné charakteristiky Rz pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	129
Obrázek 161. Krabicové diagramy Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	130
Obrázek 162. Popisné charakteristiky Rq pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	130
Obrázek 163. Krabicové diagramy Rt pro posuv 12,5 m.min ⁻¹	131

Obrázek 164. Popisné charakteristiky R_t pro posuv $12,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	131
Obrázek 165. Krabicové diagramy R_a pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	132
Obrázek 166. Popisné charakteristiky R_a pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	132
Obrázek 167. Krabicové diagramy R_z pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	133
Obrázek 168. Popisné charakteristiky R_z pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	133
Obrázek 169. Krabicové diagramy R_q pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	134
Obrázek 170. Popisné charakteristiky R_q pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	134
Obrázek 171. Krabicové diagramy R_t pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	135
Obrázek 172. Popisné charakteristiky R_t pro posuv $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	135
Obrázek 173. Krabicové diagramy R_a pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	136
Obrázek 174. Popisné charakteristiky R_q pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	136
Obrázek 175. Krabicové diagramy R_z pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	137
Obrázek 176. Popisné charakteristiky R_z pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	137
Obrázek 177. Krabicové diagramy R_q pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	138
Obrázek 178. Popisné charakteristiky R_q pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	138
Obrázek 179. Krabicové diagramy R_t pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	139
Obrázek 180. Popisné charakteristiky R_t pro posuv $23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$	139
Obrázek 181. Korelační diagram $R_{a_SJ_0,02}$ kontaktního a bezkontaktního	141
Obrázek 182. Korelační diagram $R_{a_VZ_0,02}$ kontaktního a bezkontaktního	142

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Základní délky drsnosti pro měření	32
Tabulka 2. Přehled technických údajů	36
Tabulka 3. Přehled předností systému	36
Tabulka 4. Parametry brusky BRH 20.03 F	55
Tabulka 5. Chemické složení oceli 102Cr6	57
Tabulka 6. Chemické složení oceli X210Cr12	57
Tabulka 7. Zadané parametry pro měření	60
Tabulka 8. Technická specifikace přístroje.....	61
Tabulka 9. Přímost dráhy posuvu	61
Tabulka 10. Typ a vlastnosti snímače.....	62
Tabulka 11. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory	82
Tabulka 12. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,01	83
Tabulka 13. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,01.....	84
Tabulka 16. Test normality dat pro jednotlivé náhodné vzorky	102
Tabulka 17. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,02.....	103
Tabulka 18. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,02.....	104
Tabulka 21. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory	121
Tabulka 22. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_SJ_0,01	122
Tabulka 23. Dvoustranný statistický toleranční interval pro Ra_VZ_0,01.....	123
Tabulka 24. Test normality dat pro jednotlivé výběrové soubory	140
Tabulka 25. Dvoustranný statistický toleranční interval Ra_SJ_0,02	141
Tabulka 26. Dvoustranný statistický toleranční interval Ra_VZ_0,02.....	142

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Snímání a hodnocení jakosti broušeného povrchu kontaktním a bezkontaktním způsobem (elektronická příloha)