

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A
METROLOGIE

**Stanovení vhodnosti měření pro prvovýrobu AAS Automotive
s.r.o.**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Martin Peška

Vedoucí práce: Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Peška** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **476514**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Stanovení vhodnosti měření pro prvovýrobu AAS Automotive s.r.o.

Název bakalářské práce anglicky:

Determining the suitability of measurement for primary production AAS Automotive Ltd.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Stanovení vhodnosti postupů měření
- 2) Vyhodnocení naměrů, stanovení četnosti měření
- 3) Aplikace postupů měření
- 4) Zavedení měření a stanovení vyhodnocování dat

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

23.6.2020
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne.....

.....

Martin Peška

Tímto bych chtěl poděkovat za cenné rady, připomínky a vedení pánům Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. a Bc. Robertu Augustovi. Dále také firmě AAS Automotive s.r.o., že mně umožnili psát ve firmě bakalářskou práci, a především paní Evě Chládkové za odborné rady z oblasti metrologie a v neposlední řadě mým blízkým za podporu během celého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá vhodností systému měření v automobilovém průmyslu ve firmě AAS Automotive s.r.o. Cílem bakalářské práce je zanalyzovat současný stav měřicího systému, vyzkoušet a navrhnout doporučení na zlepšení systému měření ve firmě. V teoretické části studuji odborné materiály, normy a prameny, které souvisí s problematikou analýzy systému měření. V praktické části se zabývám samotným systémem měření ve firmě AAS Automotive s.r.o.

Klíčová slova

analýza systému měření, automobilový průmysl, metrologie, automotive, měření, měřidlo, měřicí systém, kontrola kvality

Abstract

The Bachelor thesis deals with the suitability of the measurement system in the automotive industry in the AAS Automotive Inc. The aim of the Bachelor thesis is to analyze the current measurement system condition, to examine and to suggest a recommendation of the measurement system improvement in the company. In the theoretic part, I study the technical materials, the standards and the sources that relate to the issues of the measurement system analysis. In the practical part, I dedicate to the measurement system itself in the AAS Automotive Inc.

Key words

the analysis of the measurement system, the automotive industry, the metrology, the automotive, the measurement, the measuring instrument, the measurement system, the quality control

Seznam zkratek

Zkratka	Význam zkratky
%EV	Procentuální podíl opakovatelnosti z celkové variability
%GRR	Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla vyjádřená v procentech
A ₂	Výpočtový koeficient
ASTM	Americká společnost pro testování a materiály
AV	Variabilita operátora, reprodukovatelnost, rozptyl reprodukovatelnosti
B _i	Strannost
BIPM	Mezinárodní úřad pro váhy a míry
C _g , C _{gk}	Indexy způsobilosti měřících systémů
CL _r , CL	Centrální přímka (hodnota) pro variační rozpětí
CSN	Česká technická norma
d ₂	Výpočtový koeficient, tabulková hodnota závislá na počtu operátorů a dílů
D ₃ , D ₄	Výpočtový koeficient pro výpočet regulačních mezí
EN	Evropské normy
ER	Celková chyba měření
EV	Variabilita zařízení, opakovatelnost, rozptyl opakovatelnosti
GRR	Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla
GUM	Pokyny pro vyjádření nejistoty měření
IATF	Skupina tvořena členy z výroby součástek a automobilů
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
K ₁	Výpočtový koeficient, tabulková hodnota pro výpočet opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla
LCL _x , LCL _r	Dolní regulační mez
LSL	Dolní toleranční mez
MR	Naměřená hodnota
MSA	Analýzy systémů měření
n, g	Množství dílů
ndc	Počet rozlišitelných kategorií
PÚ	Povrchová úprava
PV	Variabilita dílů
R	Rozpětí

\bar{R}	Průměrné rozpětí
R_i	Rozpětí i-tého vzorku
R_x	Rozpětí pro určitého operátora
$R_{\bar{x}}, R_{\bar{x}}$	Průměrné rozpětí
s	Výběrová směrodatná odchylka
TV	Pravá hodnota
TV	Celková variabilita
U	Nejistota měření
UCL_x, UCL_r	Horní regulační mez
USL	Horní toleranční mez
VDA	Německá asociace automobilového průmyslu
VZV	Vysokozdvižný vozík
x	Referenční hodnota (pravá)
\bar{x}	Aritmetický průměr
x_i	Naměřené hodnoty na i-tém vzorku
\bar{x}_i	Aritmetický průměr hodnot i-tého vzorku
X_{ij}	Hodnota naměřená j-tým operátorem na i-tém vzorku
x_{ik}	Hodnota naměřená k-tým operátorem na i-tém vzorku
x_p, x, \bar{x}	Aritmetický průměr
y	Naměřená hodnota

Obsah

1	Úvod	4
2	AAS Automotive s.r.o.	5
2.1	O společnosti.....	5
2.2	Portfolio, zákazníci a dodavatelé	5
2.2.1	Portfolio	5
2.2.2	Zákazníci	6
2.2.3	Dodavatelé	6
3	Základní požadavky na měřidla.....	7
3.1	Měření, chyby měření a nejistoty měření	9
4	Zákon o metrologii	12
5	Metrologický řád	13
6	Analýza systémů měření.....	14
6.1	Variabilita polohy	15
6.1.1	Stabilita a konzistence	15
6.1.2	Strannost	15
6.1.3	Linearita a uniformita	17
6.2	Variabilita šíře.....	17
6.2.1	Shodnost	17
6.2.2	Reprodukovatelnost	17
6.2.3	Opakovatelnost	18
6.2.4	Citlivost	19
6.3	Opakovatelnost a reprodukovatelnost.....	19
6.3.1	Metoda založená na rozpětí	20
6.3.2	Metoda průměru a rozpětí	21
7	Analýza kvality vyráběných dílů.....	27

7.1	Rozsah analýzy	27
7.1.1	Operace.....	27
7.2	Časový horizont	31
7.2.1	Pravá strana.....	31
7.2.2	Levá strana.....	31
8	Hodnoty jednotlivých operací	31
8.1	Ohyb pravá strana	32
8.2	Frézování pravá strana	33
8.3	Zástavbová zkouška pravé strany před PÚ Bakov.....	34
8.4	Montáž pravé strany po PÚ v Milovicích.....	35
8.5	Ohyb levá strana	37
8.6	Frézování levá strana	38
8.7	Zástavbová zkouška levé strany před PÚ Bakov	39
8.8	Montáž levé strany po PÚ v Milovicích	40
9	Závislost mezi operacemi	42
9.1	Závislost mezi operacemi u pravé strany nosiče	42
9.1.1	Porovnání pravé strany ohyb/frézování.....	42
9.1.2	Porovnání pravé strany frézování/montáž	42
9.2	Závislost mezi operacemi u levé strany	43
9.2.1	Porovnání levé strany ohyb/frézování	43
9.2.2	Porovnání levé strany frézování/montáž	43
10	Porovnání stran.....	44
10.1	Porovnání ohyb	44
10.2	Porovnání frézování	44
10.3	Porovnání montáž:.....	45
11	Shrnutí pozorování vyráběných dílů.....	45

12	Vlivy na přesnost měření.....	46
12.1	Prostředí	46
12.1.1	Hala v Bakově nad Jizerou	46
12.2	Přístroj (Měřidla).....	46
12.2.1	Použití měřidel.....	48
12.3	Díl.....	49
12.4	Operátor.....	50
13	Vliv směnnosti (levá strana).....	51
13.1	Porovnání levé strany všechny pozice P1-P5.....	51
13.2	Porovnání levé strany pouze pozice pod frézovanou částí. P1-P3.....	52
13.3	Závěr.....	53
14	Zkouška porovnání stávající x nové odlitky.....	54
14.1	Doporučení.....	56
15	Údržba strojů	57
15.1	Závěr.....	58
16	Četnost měření.....	58
17	Závěr a doporučení	59
17.1	Doporučení.....	59
17.2	Závěr.....	61
18	Seznam použité literatury	62
19	Seznam obrázků a grafů (Figure)	64
20	Seznam tabulek.....	66
21	Seznam příloh.....	67

1 Úvod

Tato bakalářská práce vznikla na Ústavu technologie obrábění, projektování a metrologie Fakulty strojní Českého vysokého učení technického v Praze za spolupráce s firmou AAS Automotive s.r.o. Cílem a zadáním bakalářské práce je stanovení vhodnosti měření pro prvovýrobu ve strojírenském podniku AAS Automotive s.r.o.

Bakalářská práce je rozdělena do několika částí a etap práce. V první části bakalářské práce se zabírám nabytím teoretických znalostí a norem vztahujících se k problematice měření. V druhé části již zpracovávám samotnou problematikou vhodnosti měření v AAS Automotive s.r.o.

Druhou neboli praktickou část bakalářské práce jsem rozdělil do několika pracovních etap. První etapa se týká porozumění prvovýroby, popisu kvality vyráběných dílů, nabytí znalostí využívaných měřidel k samotné práci a v neposlední řadě postupů měření.

V druhé etapě již analyzuji současný stav a ze získaných informací sepisují vyplývající možnosti a nedostatky kontroly kvality. Poté porovnávám současné s nově navrženými postupy.

Ve třetí a poslední etapě praktické části bakalářské práce jsem všechny vyhodnocené informace shrnul v závěr, součástí, kterého je také moje doporučení pro firmu AAS Automotive s.r.o. pro zlepšení a efektivitu v oblasti kvality.

2 AAS Automotive s.r.o.

2.1 O společnosti

Firma byla založena v roce 1999 pod názvem SportRack s.r.o. se sídlem v Bakově nad Jizerou. Jelikož byla firma úspěšná, koupila ji americká firma vyrábějící střešní nosiče. V roce 2006 vzniká rozdělením a prodejem SportRack s.r.o. firma Advanced Accessory Systems s.r.o. se stejným předmětem podnikání. O tři roky později Advanced Accessory Systems s.r.o. v Bakově nad Jizerou a Advanced Accessory Systems GmbH v německém Heidelbergu se odděluje od americké mateřské společnosti a disponuje výhradně 100 % českého kapitálu. V roce 2013 dochází ke spojení s firmou BENET s.r.o. O další 3 roky později firma mění název na AAS Automotive s.r.o. V letech 2017–2019 společnost AAS Automotive s.r.o. realizuje projekt s názvem Inovace povrchové úpravy hliníkových částí automobilů. Cílem projektu je uvedení na trh střešních nosičů a dalších hliníkových komponentů automobilů s alkalickou odolností 13,5 pH. Společnost se tak bude moci ucházet o zakázky u vozů vyšších tříd a prémiových značek. Předmětem projektu je pořízení nové eloxovací linky používající nově vyvinutý výrobní postup, CNC frézky a leštících robotů.

Nyní spadají pod AAS Automotive s.r.o. dva výrobní závody, a to závod v Bakově nad Jizerou, kde je prvovýroba a závod v Milovicích, kde se nachází eloxovací linka, montáže a příjem a expedice výrobků. [12]

2.2 Portfolio, zákazníci a dodavatelé

2.2.1 Portfolio

Hlavními a páteřními produkty jsou leštěné a lakované části aut z hliníkových slitin. Jmenovitě to jsou díly jako podélné a příčné nosiče na střechu, exteriérové a interiérové okrasné díly např. přední maska chladiče, okrasná lišta nárazníku, nástupní lišty, výztuhy zavazadlového prostoru, hliníkové lemy okolo oken a boční okrasné lišty, a také další výrobky z hliníku. Od spuštění nové eloxovací linky se firma nemusí spoléhat pouze na automobilový průmysl, ale nabízí i množství povrchových úprav na nejrůznější hliníkové díly, za zmínku stojí anodické oxidace neboli eloxování, mechanické předúpravy broušení, kartáčování a leštění, černé eloxování, elektrochemické leštění a dokončování. Nabízí i

ostatní služby spojené s prvovýrobou v Bakově nad Jizerou a to CNC ohýbání, 5-ti osé frézování a laserové značení či gravírování. [12]

2.2.2 Zákazníci

Mezi nejhlavnější zákazníky se řadí Škoda Auto a.s., Volkswagen, Porsche a od roku 2019 také Aston Martin, kvůli jehož požadavkům změnily část výrobních linek v Bakově nad Jizerou a postavily novou eloxovací halu v Milovicích, v minulosti také Ford, BMW a Opel. Pro Aston Martin, jako pro prémiového klienta, společnost vyrábí masku chladiče, nástupní přechodové lišty a dekorovací lišty. AAS nyní dodává díly na Škoda Superb, Fabia a Kamiq, Aston Martin DB 11, VW Crafter a Porsche Cayman a Panamera. [12]

2.2.3 Dodavatelé

Mezi přední dodavatele společnosti patří Druckguss complete service (DCS), Constellium a WKW Group. Druckguss complete service zajišťuje odlitky na montáž součástí se zaměřením na tlakové lití od zajištění bezpečnostní kontroly zařízení až po zákaznický servis. Společnost Constellium zajišťuje dodávku polotovarů přesněji tyčových profilů z vysokopevnostních slitin HSA6. Třetí dodavatel WKW Group je německým ekvivalentem společnosti Constellium, zde už bývá na specifikaci zákazníka, jaké pevnostní profily a kvalitu polotovarů vyžaduje. [12]

Měření jako takové poprvé definoval C.Eisenhart (1963) „Měření je přiřazování čísel hmotným věcem za účelem reprezentování jejich vzájemných vztahů s ohledem na konkrétní vlastnosti“. [1]

3 Základní požadavky na měřidla

Hlavní úkol metrologie je zajistit přesnost a správnost měření od samotného procesu až po jednotlivé články jako jsou měřidla. Jedním ze základních dokumentů, který obsahuje pravidla metrologie je metrologický řád. Metrologický řád neobsahuje jen soubor pokynů a požadavků, ale slouží také pro revizní činnost. [1]

Vědecký výzkum utváří stavební kámen pro rozvoj metrologie. Věda neustále rozšiřuje hranice poznání a umožňuje tvorbu dokonalejších nástrojů pro metrologii a tyto nástroje umožňují další postup v objevech.

Definice základních pojmů metrologie:

Etalon je vše, co bylo odsouhlaseno jako základ pro porovnání (věc, postup, ...).

Kalibrace stanovuje vztah mezi naměřenou hodnotou a hodnotou, která je realizována pomocí etalonu.

Důvody proč kalibrovat měřicí přístroje:

- Zajištění návaznosti měření.
- Zajistit soudržnost mezi údajem, který ukazuje přístroj a jiným měřením.
- Určit správnost údajů, které uvádí měřicí přístroj.
- Zjistit spolehlivost přístroje. [6]

Ověření je proces, kdy se potvrzuje či vyvrací, zda dané měřidlo má vyžadované metrologické vlastnosti.

Rozdíl mezi kalibrací a ověřením:

Vycházejí v zásadě ze stejných postupů, avšak rozdíl spočívá vtom, že při procesu ověřování se zkoumá totožnost metrologických vlastností daných měřidel s úředně stanovenými požadavky. Postup je stanoven vyhláškou Ministerstva průmyslu a dopravy.

Během procesu kalibrace se početně stanovuje vztah mezi naměřenou hodnotou a hodnotou jmenovitou, která je nastavena etalonem. [6]

Měřidlo slouží k určení hodnoty měřené veličiny. Dělí se na etalony, pracovní měřidla stanovená a pracovní měřidla nestanovená. [1] [6]

Metrologie jako věda o měření plní tři základní úkoly:

1. Definuje mezinárodně uznávané jednotky, jako jsou například metr, sekunda, kilogram, ...
2. Uskutečnění jednotek měření za pomoci vědeckých metod. Například definování kilogramu za pomoci metru a sekundy (také jednotky SI) zafixováním hodnoty Planckovy konstanty.
3. Zmapování návazností měření dokumentováním hodnoty, přesnosti měření a přenosu těchto údajů. [6]

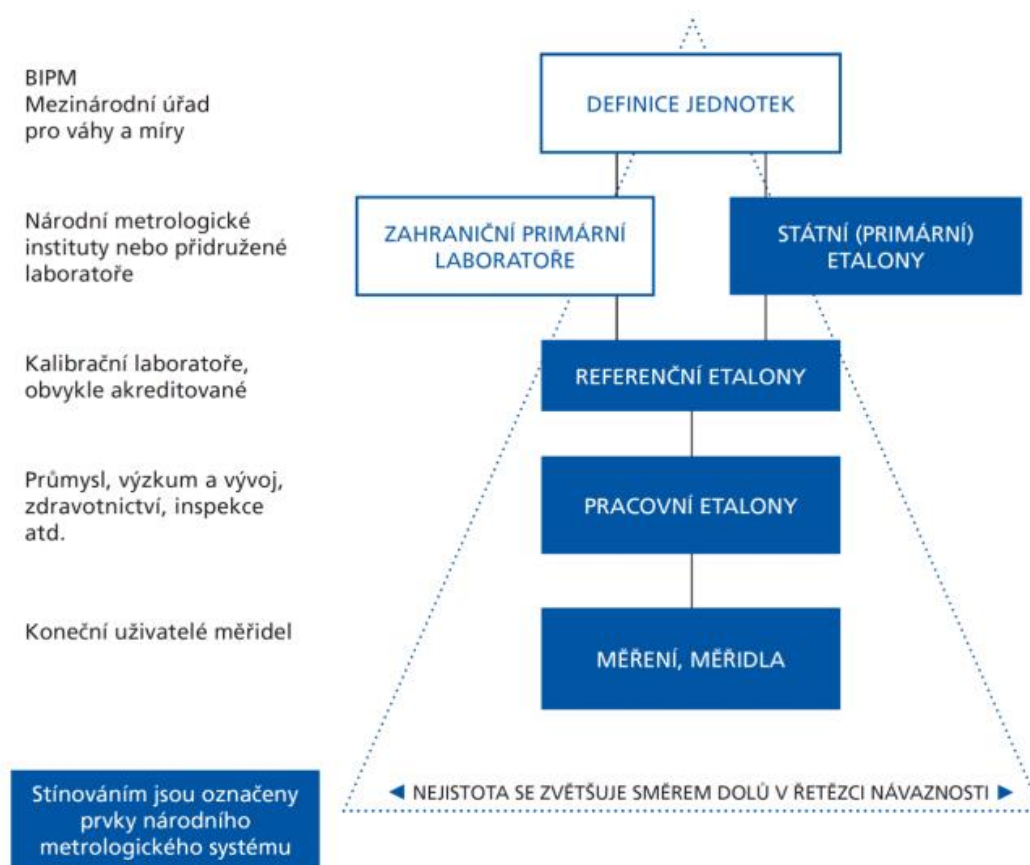


Figure 1 Řetězec metrologické návaznosti [6]

Řetězec návazností představuje nepřerušovaný řetězec včetně náležitých nejistot. Tímto je zajištěno, že výsledná hodnota měření či hodnota etalonu vyplývají z vyšší úrovně, finálně až z primárních etalonů. [6]

3.1 Měření, chyby měření a nejistoty měření

Měření je experimentální činnost. Měření je ovlivněno mnoha zdroji chyb, některé mohou zvětšit, jiné naopak zmenšit naměřenou hodnotu. Hlavním cílem všech metrologických institucí a laboratoří je, aby tyto chyby byly malé. Ovšem nikdy se nemůže stát, aby byly poníženy až k nule. Úlohou všech kalibračních laboratoří je identifikovat kvantum těchto chyb a také rozsáhlost jejich hodnot. Měření mohou být ovlivněna třemi typy chyb: chyby náhodné, chyby systematické a chyby hrubé. [9]

Náhodné chyby se tvoří z neznámých nebo nepoznaných příčin a jsou zjistitelné jen při opakovaných měřeních se stabilním a konzistentním nastavením měřicí techniky. Tento typ chyby bude mít za následek, že čtení při opakovaném měření nejsou vždy stejná. Není-li vliv způsobující chybu zřejmý, chyba spadá do kategorie náhodných chyb. Ovšem náhodné chyby nelze posuzovat bez stabilní a konzistentní měřicí techniky.

Systematické chyby se týkají zařízení, která jsou používána v procesu měření nebo vnějších vlivů na zařízení. Klasickými příklady mohou být vlivy a účinky měřicích zařízení, vnější rušení či šum.

Hrubé chyby jsou způsobeny lidským faktorem a mohou být odstraněny striktně kontrolovaným procesem, který zahrnuje odpovídající školení. Jedná se například o chybný výklad výsledků, špatná volba přístroje používaného pro dané měření, chyby v záznamech či výpočetní chyby. Všem těmto chybám se lze vyhnout řádným vyškolením pracovníků v laboratořích, a především vykonávání práce se soustředěním se na detaily. [9]

Chyba měření nesmí být zaměňována s chybou výrobní či omylem.

Základní předloha měření lze znázornit vztahem:

$$MR = TV + ER \quad (1)$$

Kde MR představuje naměřenou hodnotu, TV je pravá hodnota a ER je celková chyba měření, kterou můžeme rozdělit na chybu náhodnou a chybu systematickou. [10]

Měření musí být „precizní“ a „přesné“. Přesnost a preciznost jsou odlišnými, nezávislými vlastnostmi:

- data mohou být přesná, zrcadlí pravé hodnoty, ale nemusí být precizní (měřicí jednotky nemají dostatečnou rozlišitelnost),
- naopak data mohou být precizní, přesto nepřesná (přesně měří něco, co neodráží pravé konvenční hodnoty),
- někdy nejsou data ani přesná, ani precizní,
- cílem je mít data, která jsou jak přesná, tak precizní.

Nejistota měření je rozměr vztahující se k výsledku měření, který charakterizuje rozptyl hodnot, které je následně možno přiřadit k dané měřené veličině. Nejistota je

kvantitativní mírou pro kvalitu výsledku měření. Zprostředkovává porovnání výsledků měření s jinými výsledky, etalony, hodnoceními či specifikovanými rozpisy. [11]

Nejistota měření může být ovlivněna mnoha faktory. Například nejistota kalibrace referenčních etalonů a měřicích zařízení či jejich citlivost ke změnám během manipulace a přípravy. Nebo odchýlným postupem měření (doba měření, počet měření, ...) či odlišnými podmínkami měření (klimatizace, teplota, vlhkost vzduchu, kolísání teploty, ...). [11]

V metrologii je proto nutné brát v potaz, že výsledek měření není daná hodnota, ale spíše interval hodnot, které se nacházejí v blízkosti pravé (konvenčně pravé) hodnoty. Vyhodnocování nejistot měření je třeba pokládat za neustálý proces. [11]

Způsobů na měření nejistot je několik. Nejrozšířenější a velmi uznávanou metodou, přijímanou i akreditačními orgány, je metoda GUM „Guide to the expression of uncertainty in measurement“, což lze považovat za doporučený postup. Toto je základní dokument, který se věnuje právě problematice nejistot měření. Počáteční verzi dokumentu, který souhrnně sjednotil vyjadřování nejistot v měření, bylo doporučení INC-1. Vyjádření výběrových nejistot, které bylo vypracované v roce 1980 Mezinárodním úřadem pro váhy a míry (BIPM – Bureau International des Poids et Mesures). Odpovědnost za další rozvoj vydaných dokumentů, které řešily problematiku vyjadřování nejistot, pak byla přenesena na Mezinárodní organizaci pro normalizaci – ISO a další spolupracující organizace. Podle těchto předpisů by se spolu s výsledky měření měl udávat také určitý údaj o jeho kvalitě. Tento údaj je podmínkou k tomu, aby bylo možné jakkoli porovnávat výsledky měření. [6]

4 Zákon o metrologii

Zákon č. 505/1990 Sb. neboli zákon o metrologii, kterým se musí řídit všechny podnikající fyzické či právnické osoby, upravuje práva těchto osob k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření. V zákoně jsou definovány základní měřicí jednotky, co jsou měřidla, etalony, stanovená měřidla a pracovní měřidla. První část zákona taktéž zmiňuje návaznost daných měřidel. [8]

Druhá část zákona o metrologii se zabývá schvalováním typů měřidel a dělí se na schvalování typů měřidel vyrobených v tuzemsku, dovezeným ze zahraničí nebo certifikací referenčních materiálů. Každý přístroj určený k metrologii musí být posouzen, zda je vhodný k užívání. Jsou zde stanoveny pravidla pro vyráběná měřidla v ČR, EU, EHP a ostatních zemích. [8]

Ověřování a kalibrování měřidel upravuje třetí část zákona o metrologii. V této části je definováno, kdo a jakým způsobem může ověřovat či certifikovat stanovené měřidlo, za jakých podmínek se může uvádět měřidlo na trh a jak jej používat. V České republice mohou vydávat ověřovací listy či úřední značky Český metrologický institut nebo autorizovaná metrologická střediska. Stanovené měřidlo se může používat pro daný účel jen po dobu platnosti ověření. [8]

Část čtvrtá specifikuje, kdy tento zákon platí pro měřidla ze zahraničí. Ustanovení tohoto zákona je platné pouze tehdy, když ministerstvo nestanoví vyhláškou zásady týkající se zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření, které vyplývají z mezinárodních smluv. [8]

Úkoly orgánů státní správy a subjektů je název páté části. Tato část ukládá povinnosti a práva jednotlivým úřadům, orgánům a organizacím. Dává pravomoci a požadavky na Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Český metrologický institut, autorizovaná metrologická střediska a dalším. [8]

Další důležitou částí zákona o metrologii je část o úhradách a přestupcích. Je zde uvedeno, že výkony v metrologii se poskytují za úplatu, anebo se řídí předpisem o správních poplatcích. Nedodržením zákona o metrologii se dopouštíme přestupku. Je zde určeno několik typů přestupků a to např. uvedení měřidla do oběhu bez řádného ověření a

schválení, použití měřidla bez platného ověření, neoprávněného pozměnění či upravení úřední značky, ověření stanoveného měřidla bez oprávnění atd. Za přestupky lze uložit pokutu do 1 000 000 Kč. Přestupky řeší Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [8]

Poslední část zákona jsou ustanovení společná a závěrečná. Tento zákon mohou upravovat předpisy a vyhlášky.

5 Metrologický řád

Tak jako každý strojírenský podnik také AAS Automotive s.r.o. má vypracovaný svůj metrologický řád. Metrologický řád je směrnice upravující práva a povinnosti všech pracovníků firmy v oblasti hospodaření s měřicím a zkušebním zařízením a jejich metrologickým zabezpečením v rozsahu potřebném pro zajištění jednotnosti a správnosti výsledků měření a zkoušek. Směrnice rozpracovává problematiku metrologie z příruček managementu kvality a environmentu. Metrologický řád je závazný pro všechny zaměstnance a útvary firmy. Směrnice se musí řídit a splňovat náležitosti zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. Za zajištění povinností tohoto zákona odpovídá statutární zástupce (jednatel společnosti). Za výkonné funkce v oboru metrologie odpovídá pověřený pracovník nebo metrolog. [7]

Metrologický řád firmy AAS Automotive s.r.o. obsahuje definice pojmů a významy zkratk použitých ve směrnici. Jsou zde jasně definovány významy pojmů, aby nemohlo dojít k omylu během komunikace nebo při vykonávání pracovních úkonů. Najdeme zde slova a slovní spojení typická a nezbytná pro obor metrologie a taktéž zkratky, které se vyskytují např. při analýze systému měření. [7]

Další částí směrnice je popis činností a náležitosti spojených s měřidly, kontroly zabezpečení metrologie a analýzou systému měření. Jsou zde popsány činnosti metrologa a ostatních pracovníků firmy při práci s měřidly. Prvním z bodů je pořizování měřidel, je zde zpracován vývojový diagram před koupí měřidla, činnosti, co obnáší první použití a stanovení kalibrační lhůty. Směrnice taktéž upravuje identifikaci a užívání měřidel. Ověřování měřidel je zajištěné u vybraných orgánů dle zákona č. 505/1990 Sb. a za zajištění zodpovídá metrolog. Kalibrace probíhá externě v závislosti na měřidle. Metrolog rozhoduje

podle výsledku kalibrace, zda je měřidlo vhodné či nikoliv. Dále směrnice zmiňuje údržbu a opravy měřidel, vyřazování a evidenci. [7]

Kontrola zabezpečení metrologie se dělí na dva stupně, a to na samokontrolu pracovníky a na kontrolu vedoucími pracovníky. Pracovníci zodpovídají za to, že pracují pouze s měřidly s platným kalibračním stavem a zjistí-li vadné měřidlo při výrobním procesu ihned informují svého nadřízeného. Zároveň každý vedoucí pracovník provádí průběžně kontrolu metrologického pořádku u svých podřízených. [7]

Pro požadovaná měření a zkoušení jsou využívány akreditované kalibrační laboratoře, anebo laboratoře vyhovující ČSN EN ISO 17025. Poslední velkou kapitolou v metrologickém řádu je kapitola ohledně analýzy systému měření. Jsou zde rozepsány 4 metody, a to metoda dle indexů Cg, Cgk, metoda průměru a rozpětí, metoda rozpětí a metoda studie atributivního měřidla. [7]

6 Analýza systémů měření

Jestliže chceme plánovat, řídit a zlepšovat výrobní procesy je zapotřebí hluboká analýza dat a informací o daném procesu. K získání dostatku kvalitních dat a údajů, potřebujeme kvalitní systém měření. Tématem kvality měření se zabývá několik norem například normy ČSN EN ISO 10012:2003 a IATF 16949:2016. V automotive oblasti s touto problematikou jsou nejrozšířenější dvě metodické příručky, a to MSA – Analýza systému měření a VDA 5 – Vhodnost kontrolních procesů. První zmíněná metoda byla vytvořena americkými společnostmi Daimler-Chrysler, Ford a General Motors. Normy VDA jsou vydávány Německou asociací automobilového průmyslu (VDA), složenou z 600ti členských společností v čele s německými automobilkami. V aktuálních vydáních obou příruček došlo k částečnému sjednocení ukazatelů kvality systému měření. Proto se v dalších částech bakalářské práce, jak teoretické, tak praktické, budu věnovat metodice podle příručky MSA a dále vysvětlím a definuji postupy vyhodnocování statistických vlastností procesu měření. Mezi tyto vlastnosti patří opakovatelnost a reprodukovatelnost, stabilita, linearita a strannost. [2] [3] [4]

6.1 Variabilita polohy

6.1.1 Stabilita a konzistence

Stabilita neboli drift je změna strannosti v čase. Stabilní systém měření nemění strannost v čase. Z toho plyne, že se stabilita určuje ze změny strannosti v delším časovém úseku. Stabilita vykazuje celkovou variabilitu měření, měřenou stejným kvalifikátorem na stejném znaku kvality v časovém horizontu. A proto je to jedna ze základních vlastností pro objektivní hodnocení dalších vlastností systému měření, a měla by se provádět hned na začátku analýzy systému měření (MSA). Příčiny mohou být opotřebení měřidla, nebo dlouhé intervaly mezi kalibrací.

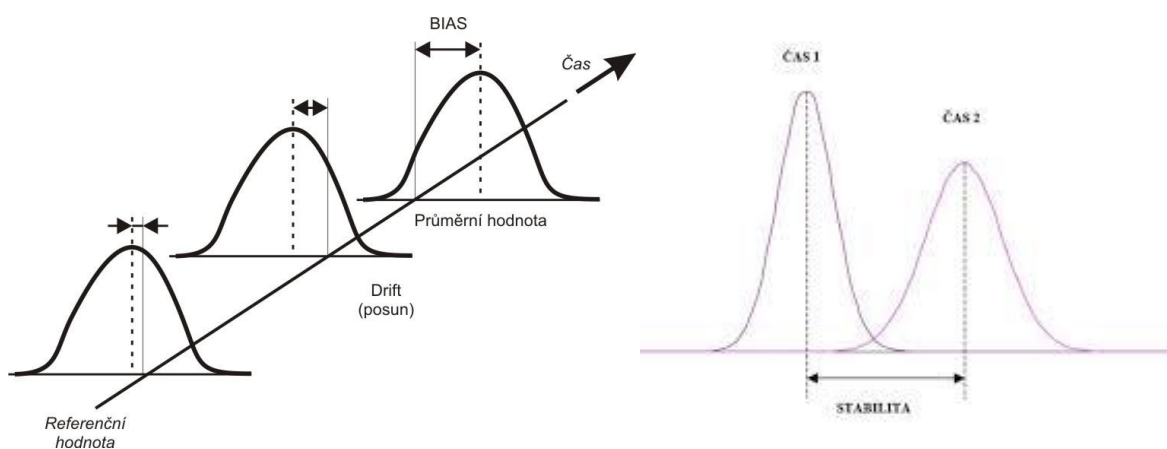


Figure 2 Stabilita polohy [1]

Potřebná data na analýzu stability systému měření získáme tak, že jedna osoba bude provádět opakované měření v pravidelných intervalech v dostatečně dlouhém časovém horizontu. Ideálně 3-5 měření tří vzorků pokrývající celé výrobní rozpětí. Po shromáždění dostateku dat pokračuje sestavení vhodných dvou regulačních diagramů (\bar{x} a R) nebo (\bar{x} a s). Systém měření můžeme považovat za stabilní, jestliže v diagramu pro průměr leží všechny hodnoty uvnitř regulačních mezí. Z této analýzy můžeme také určit konzistenci systému měření, a to v případě, když v diagramu pro variační rozpětí nebo variační odchylku se všechny hodnoty vyskytují uvnitř regulačních mezí. [1] [2]

6.1.2 Strannost

Strannost (dříve jako Přesnost a anglicky Bias) systému měření, je rozdíl hodnot mezi pozorovanou průměrnou hodnotou provedených na jednom znaku kvality stejného dílu a pravou (referenční hodnotou). Strannost je složka systematické chyby systému měření.

Vyhodnocování strannosti probíhá tak, že vybereme vzorky o známých referenčních hodnotách. Vzorky by měly odpovídat středu výrobního rozpětí a oběma mezím. Každý vzorek se změří desetkrát a strannost se vypočte podle vzorce. [1]

$$B_i = \bar{x} - x \quad (2)$$

\bar{x} = aritmetický průměr všech měření

x = pravá (referenční hodnota)

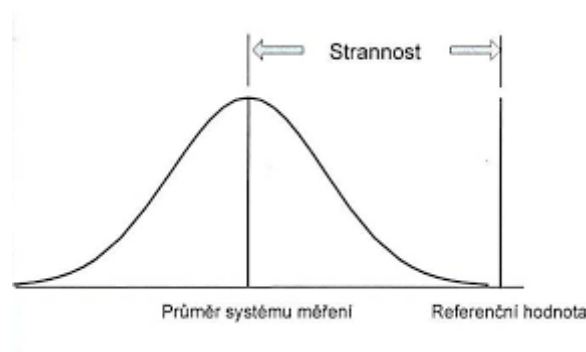


Figure 3 Strannost systému měření [1]

Nyní z vypočteného bodu strannosti musíme určit, jestli je strannost statisticky významná či nikoliv. K vyhodnocení použijeme test, ale nejdříve musíme ověřit, zda má systém měření vhodnou opakovatelnost. Je to nutné z důvodu správného vyhodnocení strannosti, aby se nemohlo stát, že i vyšší hodnota strannosti bude určena jako statisticky nevýznamná. Na základě výběrové směrodatné odchylky opakovaných měření stejného znaku se počítá procentuální podíl opakovatelnosti z celkové variability (%EV). [1]

$$\%EV = \frac{s}{TV} \cdot 100 = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{TV} \cdot 100 \quad (3)$$

s – výběrová směrodatná odchylka opakovaných měření stejného znaku

TV – celková variabilita odhadovaná pomocí směrodatné odchylky výrobního procesu

Potencionální příčiny strannosti mohou být např. chyba etalonu, opotřebení měřidla, použití nevhodného měřidla, nesprávná kalibrace, vliv operátora nebo prostředí. [1]

6.1.3 Linearita a uniformita

Linearita měření (Linearity) je změna strannosti v běžném pracovním rozsahu systému měření. Vypočítá se jako rozdíl mezi hodnotami strannosti. Linearitu lze považovat za změnu strannosti k velikosti. Nepřijatelná linearita může mít více průběhů. Linearita nemusí být pouze konstantní, ale i nekonstantní.

Uniformita je naopak změna opakovatelnosti v pracovním rozsahu systému měření. Obě tyto vlastnosti systému lze vyhodnotit společně.

Možné příčiny chyb linearity jsou, příliš dlouhá doba mezi kalibracemi, opotřeбенé měřidlo, špatná údržba, nevhodné prostředí a další. [1]

6.2 Variabilita šíře

6.2.1 Shodnost

Shodností se vyjadřuje variabilita výsledků opakovaného měření stejného znaku kvality. Shodnost popisuje očekávanou variabilitu opakovaných výsledků měření v daném rozsahu měření, rozsahem můžeme myslet velikost nebo čas (zařízení je stejně shodné, jak v nízkém, tak ve vysokém rozsahu měření nebo stejně shodné minulý týden jako tento týden). Shodnost měření charakterizuje působení náhodných chyb měření. [1] [2]

6.2.2 Reprodukovatelnost

Běžně zavedené označení pro reprodukovatelnost (Reproducibility) je variabilita mezi operátory. Z toho vyplývá, že reprodukovatelnost je definována jako variabilita průměru měření mezi jednotlivými operátory při použití stejného měřidla při měření jednoho stejného znaku kvality na jednom dílu. Významná variabilita průměru měření jednotlivými operátory se často vyskytuje u ručních měřicích přístrojů a je velmi ovlivněna odborností a zaškolením obsluhy měřidla. Naopak neplatí pro automatizované systémy měření, kde operátor není hlavní příčinou variability. Definice podle ASTM je rozsáhlejší kvůli zahrnutí více zdrojů variability, ne jenom vliv operátora, např. různá měřidla, laboratoře a prostředí. [1] [2]

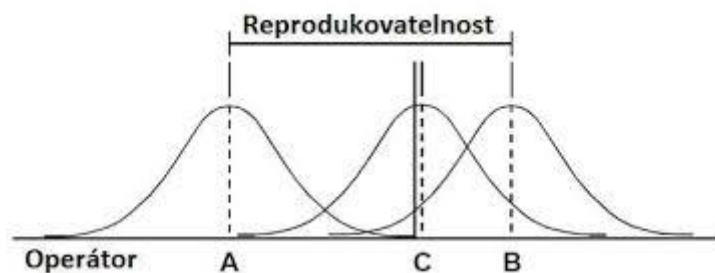


Figure 4 Reprodukovatelnost systému měření [1]

Možné zdroje chyby reprodukovatelnosti vznikají například mezi přístroji (průměrný rozdíl za použití různých měřících přístrojů při měření stejným operátorem na stejném dílu při stejném prostředí), mezi operátory (rozdíl průměrných hodnot při měření více operátory, všechna měření probíhají za stejných podmínek), mezi prostředím, mezi metodami atd. [1]

6.2.3 Opakovatelnost

Opakovatelnost (Repeatability) je označení pro variabilitu způsobenou jedním operátorem. Opakovatelnost je variabilita výsledků za předpokladu, že jsou výsledky měření naměřeny jedním operátorem za použití jednoho měřicího přístroje při měření identického znaku kvality na stejném dílu. Toto je způsobilost samostatného zařízení a opakovatelnost se běžně nazývá variabilita zařízení i přesto, že toto označení je zavádějící. Opakovatelnost charakterizuje variabilitu vyvolanou náhodnými příčinami (náhodnými chybami) variability, která se vyskytuje uvnitř systému měření za pevně definovaných podmínek měření.

Variabilita opakovatelnosti se může vyskytovat kvůli vlastnostem měřicího přístroje (opotřebení, závada přípravku...), vlastnostem dílu (poloha, zkosení), kvalitě etalonu, zvolené metody, prostředí atd. [1]

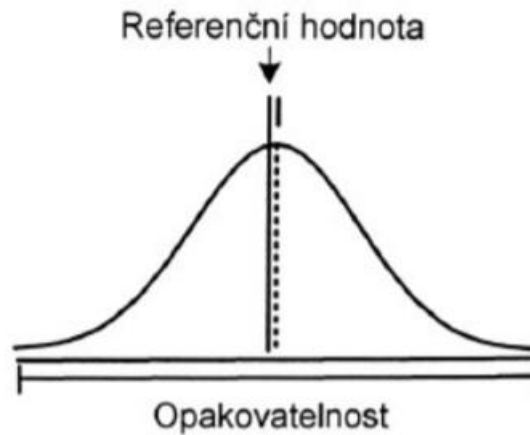


Figure 5 Opakovatelnost systému měření [1]

6.2.4 Citlivost

Je to nejmenší vstup, který způsobí zachytitelný (použitelný) výstup. Je to reakce systému měření na změny charakteristiky. Citlivost je závislá na provozním stavu měřidla a etalonu a provozní údržbě. Je určena prahem citlivosti měřidla. Udává se jako jednotka míry.

Faktory, který nám ovlivňují citlivost jsou schopnost a odbornost obsluhy, opakovatelnost měřidla, schopnost utlumit měřící zařízení a okolní prostředí. [1]

6.3 Opakovatelnost a reprodukovatelnost

Při procesu měření nikdy nelze nastolit stabilní a konstantní podmínky měření např. podmínky opakovatelnosti. Skutečné podmínky se mění s různými operátory, různými měřicími zařízeními, anebo změnou okolního prostředí. Abychom znali opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla používá se hodnocení, které kombinuje obě vlastnosti dohromady. Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti systému měření „Gage Repeatability and Reproducibility“ (GRR) vlastně popisuje rozptyl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. K výpočtům opakovatelnosti a reprodukovatelnosti systému měření se může použít více metod. [1] [3] [5]

V další části se budu zabírat třemi nejčastějšími metodami a to:

- 1) Metoda založená na rozpětí.
- 2) Metoda průměru a rozpětí.
- 3) Metoda ANOVA.

Každá zmíněná metoda má svoje výhody a nevýhody, některé mohou ovlivňovat kvalitu výstupních dat a výsledků.

6.3.1 Metoda založená na rozpětí

Tato metoda je z hlediska času nejméně náročnou metodou pro analýzu opakovatelnosti a reprodukovatelnosti systému měření. V některých literaturách se nazývá jako „krátká metoda“, přičemž se nejvíce používá pro rychlé a snadné ověření systému měření. Určující je zda %GRR je vyhovující, či nikoliv. Nevýhoda této metody je, že nelze vyhodnotit samostatně opakovatelnost a reprodukovatelnost měření, a proto nelze použít v případě, kdy chceme základní analýzu systému měření. To jsou důsledky minimalizace měření, kdy měření provádí dva operátoři a měří 5 vzorků, a to každý pouze jednou. [3] [4]

Z každého vzorku se vypočte rozpětí R mezi operátory. Toto rozpětí se určí pro každý vzorek.

$$R = |\max(x_{ij}) - \min(x_{ik})| \quad (4)$$

X_{ik} hodnota naměřená k -tým operátorem na i -tém vzorku

Pak vypočítáme průměrné rozpětí \bar{R} .

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R \quad (5)$$

n množství dílů

Celkovou variabilitu měření GRR vypočítáme ze vztahu:

$$GRR = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (6)$$

d_2 Výpočtový koeficient, tabulková hodnota závislá na počtu operátorů a dílů

A jako poslední určíme procentuální GRR, kde stanovenou hodnotu porovnáme s hodnotou směrodatné odchylky procesu nebo s šestinou šířky tolerančního pole. [1] [5]

$$\%GRR = \frac{GRR}{s} * 100 [\%] \quad (7)$$

Hodnota %GRR pak musí splňovat hodnoty uvedené v tabulce níže.

Hodnota %GRR	Výsledná kritéria
%GRR < 10	Systém měření je přijatelný.
10 < %GRR < 30	Systém měření může být přijatelný (podle důležitosti aplikace, nákladů na měřidlo, nákladů na opravy, atd.).
%GRR > 30	Systém měření je nepřijatelný, je nutné ho zlepšit.

Tabulka 1 Hodnocení systému měření

6.3.2 Metoda průměru a rozpětí

Tato metoda je časově i zdrojově mnohem náročnější než metoda rozpětí, přesto je to nejpoužívanější metoda, protože je více propracovaná a poskytuje nám značně větší množství dat. Metoda průměru a rozpětí dokáže odlišit variabilitu systému měření na variabilitu opakovatelnosti a variabilitu reprodukovatelnosti, a to je velká výhoda této metody. Nevýhoda je, že nedokážeme z hodnot vyčíst interakci mezi vzorky a operátory.

Během postupu touto metodou musíme projít třemi fázemi: fáze přípravy, fáze vlastního měření a fáze vyhodnocování.

V přípravné fázi si zvolíme všechny vstupní parametry analýzy systému měření. Tj. počet operátorů, kteří provádí měření, počet měřených vzorků a počet opakovaných měření každého vzorku. Minimální počet kusů (vzorků) je 10 a počet operátorů je stanoven na 3 při třech opakovaných měření každého vzorku. Vzorky by měly pokrývat celou výrobní toleranci a měly by se zde vyskytovat i díly mimo toleranční mez, vhodný systém měření musí rozpoznat i nevhodné díly. Toto všechno vede ke spolehlivosti a kvalitě získaných dat. Důležité je dodržet nezávislost měření a operátoři by neměli znát čísla vzorků ani předchozí hodnoty. Pověřená osoba by měla zapisovat výsledky, ta jediná může znát čísla dílů a neměla by přímo zasahovat do měření. [3] [4]

Vyhodnocování výsledků může probíhat jak v numerických metodách, tak v grafických. K oběma metodám potřebujeme několik vzorců, které popíšu níže. Vyhodnocuje se v několika na sebe navazujících krocích.

První vzorec je pro rozpětí, pro každý jednotlivý díl a pro všechny operátory. U každého dílu se vezme maximální naměřená hodnota a od ní se odečte minimální hodnota.

$$R_x = |\max(x) - \min(x)| \quad (8)$$

Poté se určí průměrná hodnota rozpětí pro každého operátora, a to tak, že se sečtou všechna rozpětí a vydělí se počtem měřených dílů.

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_x \quad (9)$$

Když máme průměrné rozpětí pro jednotlivé operátory, tak si vypočítáme průměrné rozpětí pro všechny operátory dohromady. Opět to je podíl součtu hodnot průměrných rozpětí ku počtu operátorů. Tato hodnota se použije v grafickém zpracování v regulačním diagramu pro variační rozpětí jako centrální přímká CL_R .

$$\bar{\bar{R}}_x = \frac{1}{o} \sum_{i=1}^o \bar{R}_x \quad (10)$$

Z této hodnoty si pak určíme dolní regulační mez LCL_R a horní regulační mez UCL_R .

$$LCL_R = \bar{\bar{R}}_x * D_3 \quad (11)$$

$$UCL_R = \bar{\bar{R}}_x * D_4 \quad (12)$$

D_3, D_4 jsou konstanty závislé na počtu operátoru a počtu opakovaných měření

Jestliže se průměrné rozpětí \bar{R}_x některého z operátorů vyskytuje mimo horní UCL_R nebo dolní LCL_R regulační mez, musí svoje měření opakovat.

Z těchto hodnot si sestavíme regulační diagram pro variační rozpětí všech třech operátorů.

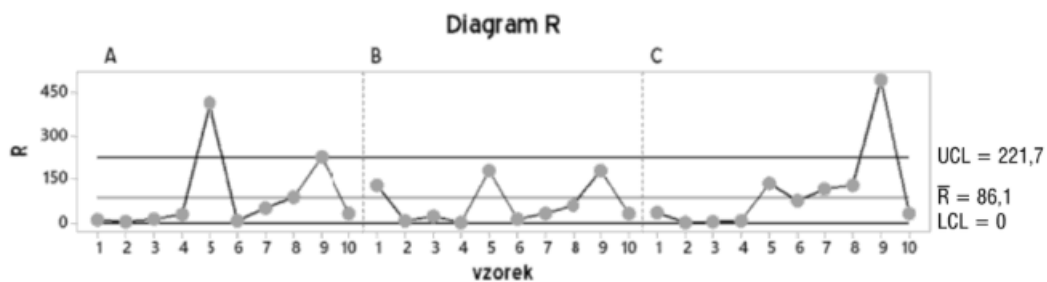


Figure 6 Variační rozpětí třech operátorů

Obdobně jako jsme počítali variační rozpětí, budeme počítat i průměrné hodnoty náměrů. Jako první si vypočítáme aritmetický průměr X_p opakovaných měření všech dílů každým operátorem zvlášť.

$$X_{px} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g x_i \quad (13)$$

Z těchto všech průměrů se vypočítá celkový průměr pro každého operátora. Sečteme všechny průměry a vydělíme počtem průměrů.

$$\bar{X}_y = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n X_{px} \quad (14)$$

Další potřebný výpočet je průměrná hodnota pro jeden díl měřený všemi operátory. Vezmeme průměrnou hodnotu X_{px} každého operátora, sečteme tyto hodnoty a vydělíme počtem operátorů.

$$\bar{X}_{py} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{px} \quad (15)$$

Nezbytný je znát i celkový průměr všech hodnot. Ten se vypočítá jako průměr všech opakování i pro všechny operátory dohromady. Tato hodnota se pak použije v regulačním diagramu pro aritmetické průměry jako centrální linka CL.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{ij} \sum_{ij=1}^{ij} x_{ij} \quad (16)$$

Poslední nutná vypočtená hodnota je diference průměrů \bar{X}_{DIF} . Vypočítá se odečtením maximální hodnoty aritmetického průměru \bar{X}_{py} a odečtením minimálního aritmetického průměru \bar{X}_{py} . Tyto hodnoty se vyberou mezi hodnotami všech operátorů.

$$\bar{X}_{DIF} = \max(\bar{X}_{PA} \bar{X}_{PB} \bar{X}_{PC}) - \min(\bar{X}_{PA} \bar{X}_{PB} \bar{X}_{PC}) \quad (17)$$

Dále si vypočítáme UCL_x a LCL_x .

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R} \quad (18)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R} \quad (19)$$

Kde A_2 je hodnota koeficientu závislá na počtu opakovaných měření.

Z aritmetických průměrů pro díly X_{py} si vypočítáme R_p . A to tak, že vezmeme maximální hodnotu a odečteme minimální hodnotu dílů.

$$R_p = \max(X_{py}) - \min(X_{py}) \quad (20)$$

Nyní máme všechny potřebné hodnoty, abychom mohli začít vyhodnocovat vlastní systém měření a jeho vlastnosti. Přesuneme se k analýze měřicí jednotky a první vlastnost bude opakovatelnost, což je vlastně variabilita zařízení (EV). Abychom se dopracovali k výpočtu potřebujeme průměr všech rozpětí \bar{R} a koeficient K_1 , který je závislý na počtu opakování měření.

$$EV = \bar{R} * K_1 \quad (21)$$

Přistoupíme k výpočtu reprodukovatelnosti měření neboli opakovatelnost operátora (AV). V tomto vzorci se vychází z hodnoty variačního rozpětí aritmetických průměrů opakovaných měření jednotlivých kusů jednotlivými operátory \bar{X}_{DIF} .

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIF} * K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{n*r}\right)} \quad (22)$$

\bar{X}_{DIF} variační rozpětí aritmetických průměrů všech měření provedených jednotlivými operátory

r počet měřených kusů

n počet opakovaných měření

K_2 koeficient závislý na počtu operátorů

Další výpočet se týká samotné opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (GRR). Použijeme zde dvě předchozí hodnoty.

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (23)$$

S tímto výpočtem se ještě nekončí, tato hodnota sama o sobě není vypovídající, zda je systém měření přijatelný či nikoliv. Abychom mohli prohlásit systém měření za přijatelný musíme opakovatelnost a reprodukovatelnost porovnat s celkovou variabilitou (TV). Jestliže

jsme postupovali dle standardu, kde vzorky zahrnovaly celé výrobní rozpětí, tak celkovou variabilitu určíme na základě variability mezi měřenými vzorky (PV).

$$PV = R_p * K_3 \quad (24)$$

K₃ koeficient závislý na počtu dílů

Tedy variabilitu mezi měřenými vzorky a opakovatelnost a hodnotu reprodukovatelnosti dosadíme do vzorce pro celkovou variabilitu (TV).

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (25)$$

V případě, že vzorky nerepresentují celé výrobní rozpětí použijeme jako hodnotu TV šestinu tolerančního pole měřeného znaku.

$$TV = \frac{USL - LSL}{6} \quad (26)$$

Nyní tyto variability propočítáme také procentuálně, kde využijeme hodnotu celkové variability (TV).

$$\%EV = 100 * \frac{EV}{TV} [\%] \quad (27)$$

$$\%AV = 100 * \frac{AV}{TV} [\%] \quad (28)$$

$$\%GRR = 100 * \frac{GRR}{TV} [\%] \quad (29)$$

$$\%PV = 100 * \frac{PV}{TV} [\%] \quad (30)$$

Poslední hodnotu, kterou vypočítáme je hodnota ndc, tato hodnota představuje počet kategorií, které měřidlo dokáže rozlišit.

$$ndc = 1,41 \frac{PV}{GRR} \quad (31)$$

Vyhodnocení přijatelnosti měřidla může vyjít ve 3 možných výsledcích, viz. tabulka níže.

Hodnota %GRR	Výsledná kritéria
%GRR < 10 a ndc ≥ 5	System měření je přijatelný.
10% < %GRR < 30% a ndc ≥ 5	System měření je podmíněně přijatelný vzhledem k celkové variabilitě procesu resp. tolerančnímu rozpětí, to závisí na poměru ceny nápravy a významnosti sledované veličiny.
%GRR > 30% nebo ndc < 5	System měření je nepřijatelný, je nutné ho zlepšit.

Tabulka 3 Hodnocení systému měření 2

Jestliže nastane první možnost, tak systém měření je vyhovující. Ve druhé možnosti je přijatelnost podmíněná. Je nutné např. doškolení personálu, sledovat systém měření atd. Třetí možnosti je nepřijatelnost systému měření. [1] [5]

7 Analýza kvality vyráběných dílů

Ze začátku praktické části se budu věnovat analýze kvality vyráběných dílů. Popíši naměřené hodnoty, rozeberu regulační grafy a určím slabé stránky výroby. Zároveň během měření si vyzkouším současnou metodiku kontroly kvality a budu zkoumat nedostatky systému měření. Abych v dalších částech bakalářské práce mohl jednotlivé nedostatky rozebrat a navrhnout účinná opatření.

7.1 Rozsah analýzy

Objem měření je následující, měřil jsem 48 po sobě jdoucích pravých nosníků z materiálu Constellium a 50 po sobě jdoucích levých dílů z materiálu WKW. Obě měřené dávky jsou díly od spuštění stroje po začátku směny.

7.1.1 Operace

Měření jsem prováděl pro každý jednotlivý díl po každé operaci samostatně. Níže rozeptíši jednotlivé operace a popíši postup při měření jednotlivých bodů.

7.1.1.1 Ohyb

První operace je ohýbání polotovarů. Po ohybu se měří 16 předem určených bodů. Pozice jsou shodné pro pravé i levé díly, akorát zrcadlově otočeny. Postupuje se od bodu 1 vpředu až po bod 16 vzadu. Referenční hodnota je 0 mm a tolerance je $\pm 0,5$ mm. Měří se digitálním úchylkoměrem v reverzním módu. Úchylkoměr se vloží do měřky a usadí na dosedací plochy, poté se pouze odečte hodnota z obrazovky.

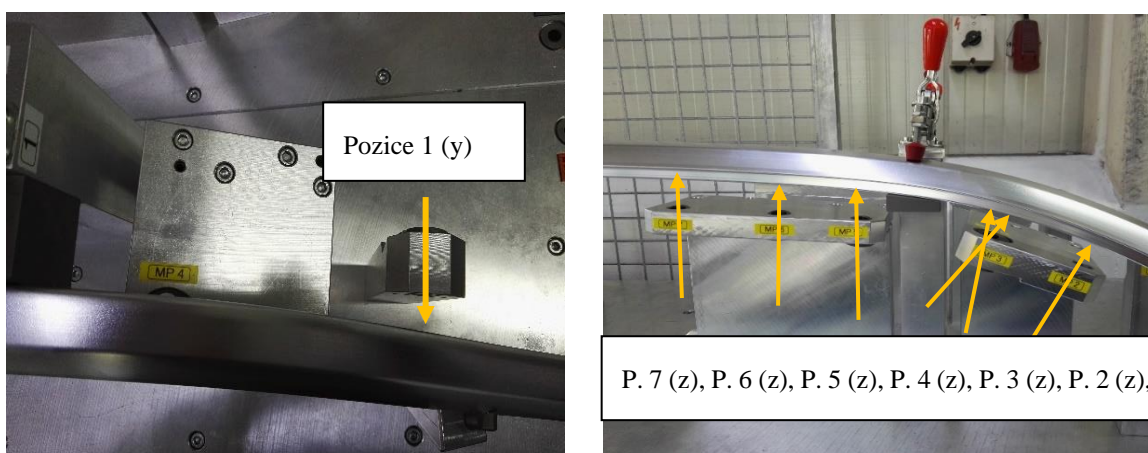


Figure 7 Pozice na měření v přední části nosič

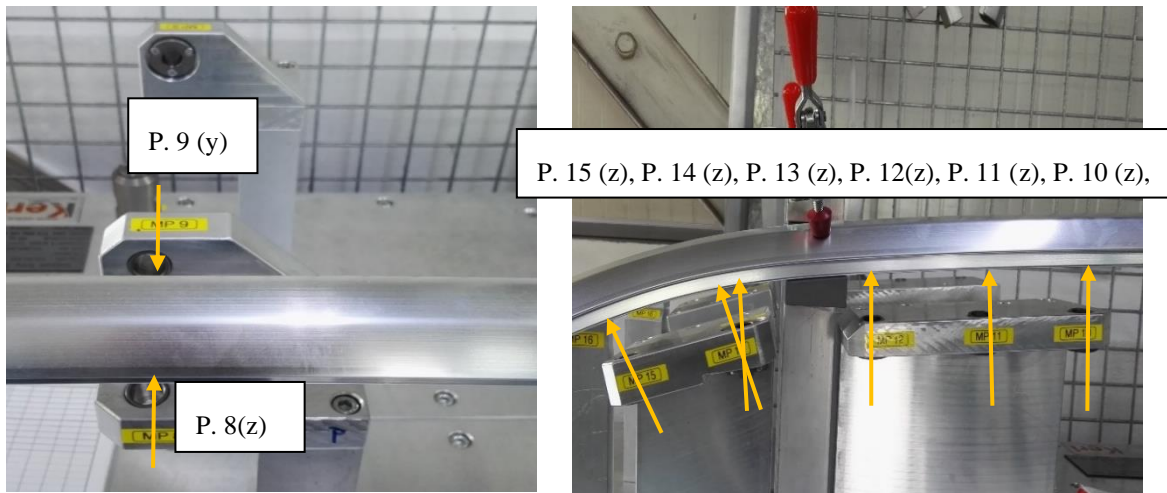


Figure 8 Pozice bodů na měření ve střední a zadní části

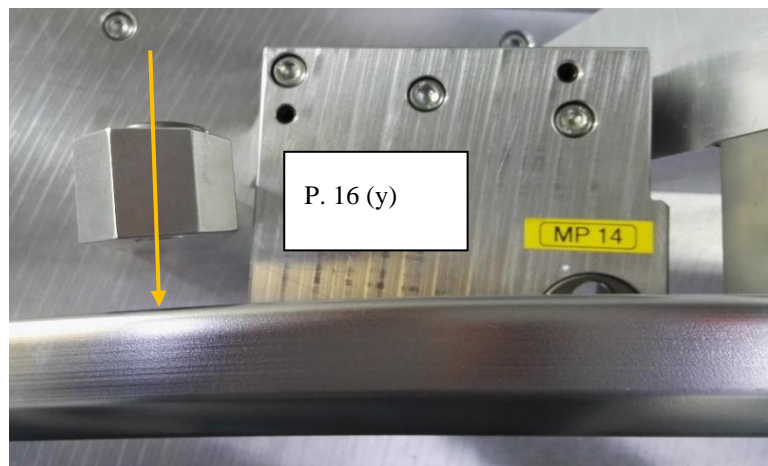


Figure 9 Poslední měřený bod v zadní části

7.1.1.2 Frézování

Druhá operace je frézování. Po frézování se měří přední a zadní spára a ohyb uprostřed dílu v osách y a z. Referenční hodnota spáry je 1,5 mm a offset je 1,5 mm. Tolerance je $\pm 0,3$ mm. Referenční hodnota pro ohyb je 0 mm, tolerance $\pm 0,5$ mm. Měří se měřicími trny a digitálním úchylkoměrem.

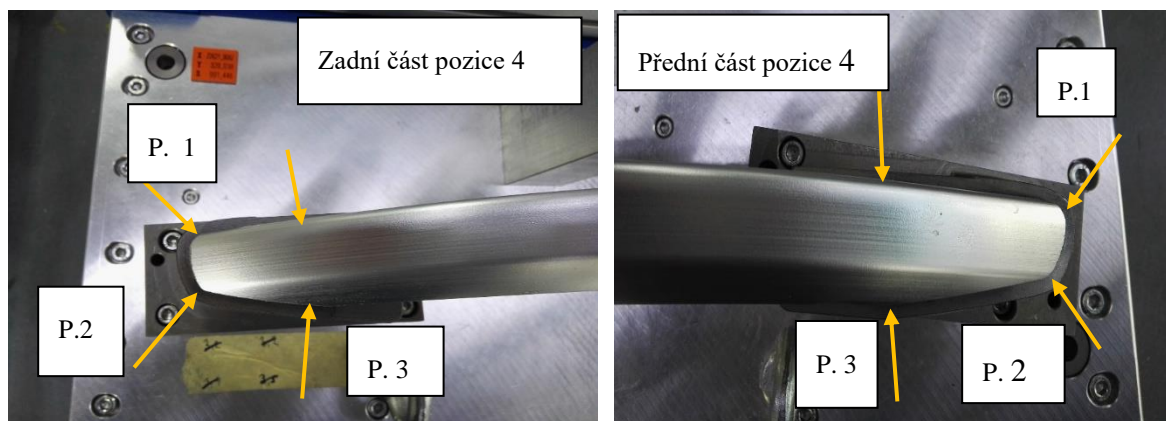


Figure 10 Pozice na měření výšky spáry po frézování

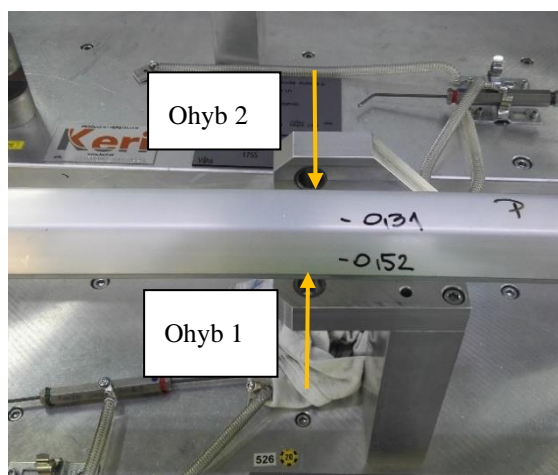


Figure 11 Pozice na měření ohybu po frézování

7.1.1.3 Zástavbová zkouška před povrchovou úpravou (PÚ) v Bakově

Před povrchovou úpravou jsem provedl zástavbovou zkoušku na 10ti kusech – montáž dílů s odlitkem a krytkou. Měřil jsem 6 bodů po obvodu na každé straně. Referenční hodnota je 1,5 mm a offset měrky je 1,5 mm. Tolerance je 0,5 mm. K měření jsem používal měřicí trny a momentový klíč. Body 1, 2, 3 a 6 jsou měřeny ve stejné pozici jako po frézování, tudíž je zde možné přímé porovnání.

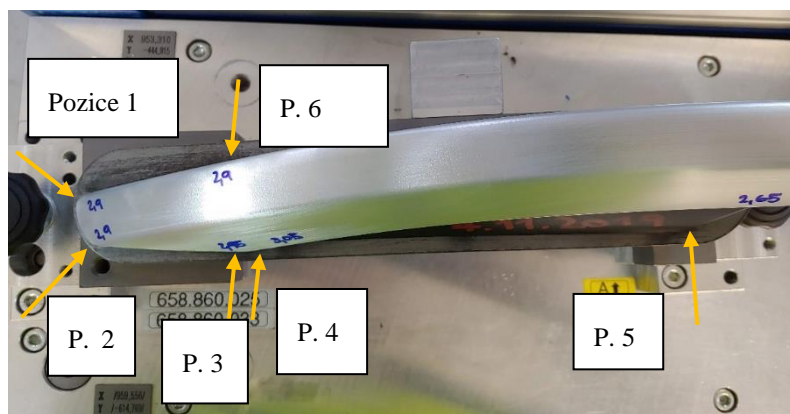


Figure 12 Pozice na měření výšky spáry, přední část, pohled shora

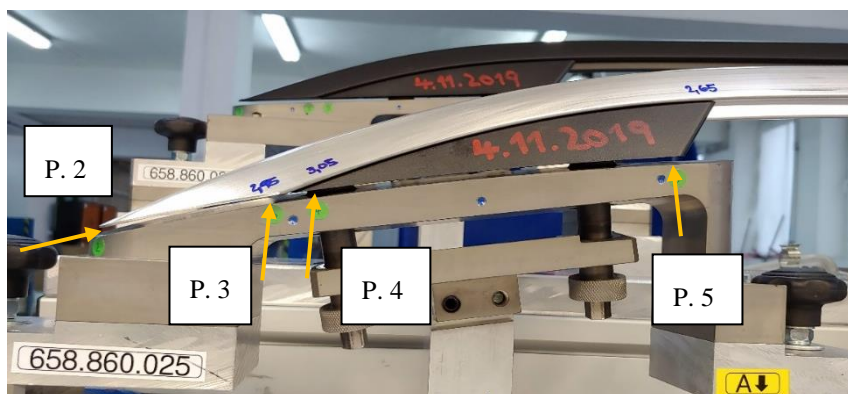


Figure 13 Pozice na měření výšky spáry, přední část, boční pohled

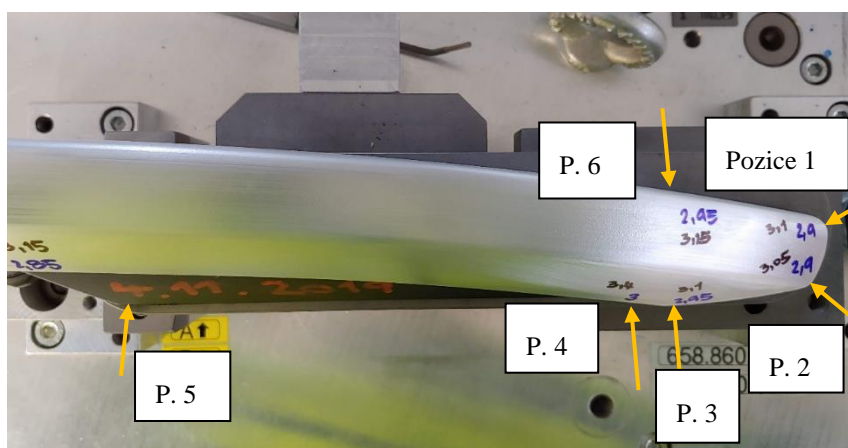


Figure 14 Pozice na měření výšky spáry, zadní část, pohled shora



Figure 15 Pozice na měření výšky spáry, zadní část, boční pohled

7.1.1.4 Zástavbová zkouška po PÚ v Milovicích

Měření probíhalo na montáži v Milovicích po kompletním smontování dílů operátorem. K montáži se používal jediný odlitek typu „voldach“. Díl jsem vždy smontoval a po měření se opět rozmontoval. Měřil jsem stejné pozice jednotlivých bodů jako v předchozím měření. Referenční hodnota je 1,5 mm a offset měrky je 1,5 mm. Tolerance je 0,5 mm. K měření jsem používal měřicí trny a momentový klíč.

7.1.1.5 Zástavbová zkouška po PÚ v Bakově:

Měřil jsem stejných 10 dílů po povrchové úpravě stejně jako před PÚ v Bakově nad Jizerou při použití stejného odlitku a stejné měrky.

7.2 Časový horizont

Stáž ve firmě AAS Automotive s.r.o. jsem absolvoval v období 1. 7. 2019 – 30. 6. 2020.

7.2.1 Pravá strana

Díly na měření a analýzu byly ohýbány 19. 8. 2019 na noční směně. Během ranní směny 20. 8. 2019 jsem díly naměřil a ponechal je na ofrézování, které proběhlo během odpolední směny. Díly jsem poté měřil při zástavbové zkoušce po povrchové úpravě 5. a 12. 11. 2019 v Milovicích.

7.2.2 Levá strana

Ohýbaní levých dílů proběhlo na ranní směně 8. 10. 2019, díly jsem měřil ihned po ohybu a během odpolední směny byly díly ofrézovány. Poté se společně s pravými díly poslaly na povrchovou úpravu a zástavbová zkouška proběhla 12. a 13.11. 2019 v Milovicích.

8 Hodnoty jednotlivých operací

V této kapitole už budu analyzovat jednotlivé operace a popisovat kvalitu vyráběných dílů. Do jednotlivých částí jsem vložil regulační diagram vždy pouze pro dva body, ostatní diagramy se nacházejí v příloze.

8.1 Ohyb pravá strana

Proces ohybu na pravých dílech je velmi nestabilní. Je zde jasně vidět velký rozptyl v 7. podskupině, a to hned v několika pozicích 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16. Došlo zde k náhlé změně hodnoty. Proces je v těchto pozicích rozdělen na dvě skupiny s podobnými hodnotami. **Díly (skupiny 1) 2–15 vykazují podobné hodnoty a taktéž díly (skupiny 2) 1 a 16–48.** Linearita procesu je v pozicích 1-4, 13 a 16 stoupající. A v pozicích 5-12, 14 a 15 je klesající. Přičemž pozice 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 jsou velmi ovlivněny náhlou změnou hodnoty x v podskupině 7. Linearita přímo souvisí s rozdělením skupin, v pozicích, kde je průměrná hodnota skupiny 1 nižší, je linearita stoupající, a naopak, kde je hodnota skupiny 1 větší, je linearita klesající. Díly skupiny 1 jsou přímé v ose y . Díly skupiny 2 jsou prohnuté do tvaru C, prostřední část je v záporných hodnotách, kdežto přední a zadní část je v plusových hodnotách. (Měřeno v reverzním módu).

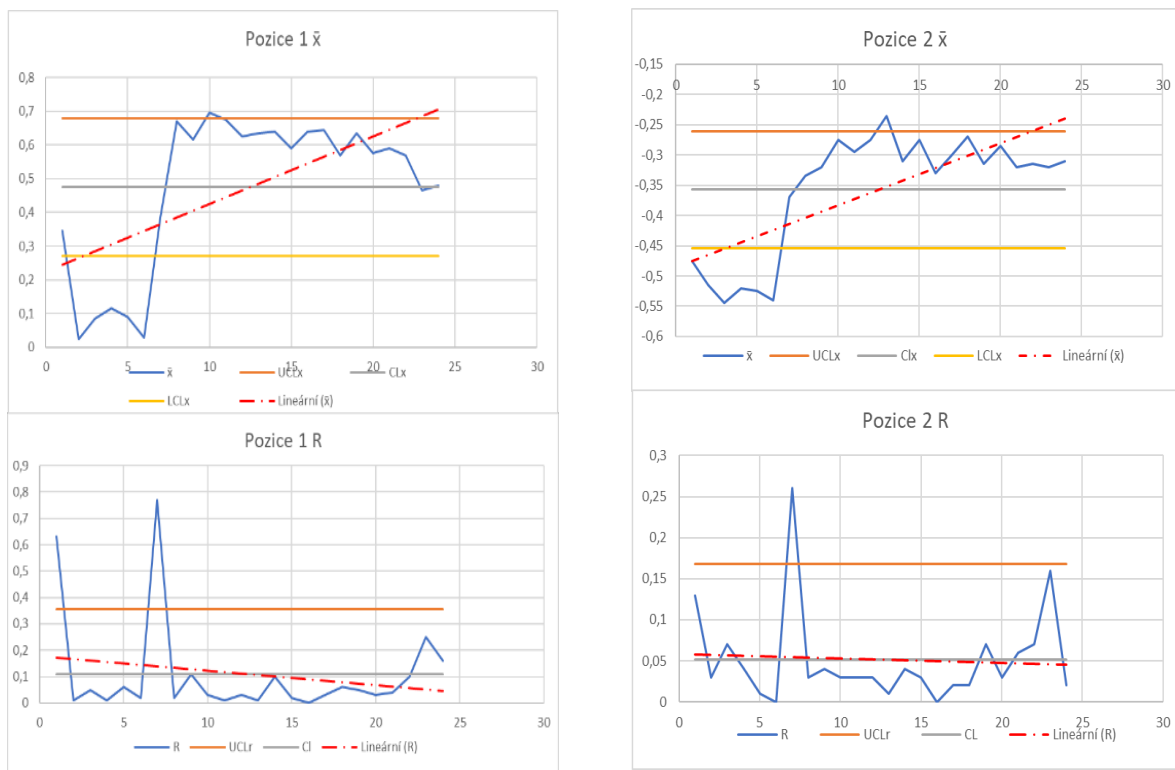


Figure 16 Regulační diagram pro pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	0,475	-0,347
Xmax [mm]	0,770	-0,230
Xmin [mm]	0,000	-0,540
R [mm]	0,770	0,310

Tabulka 4 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Pravá strana			
Přední část		Zadní část	
Pozice	\bar{x} [mm]	Pozice	\bar{x} [mm]
P.1 (y)	0,47458	P.16 (y)	0,14021
P.2 (z)	-0,3573	P.15 (z)	-0,141
P.3 (z)	-0,23	P.14 (z)	0,01125
P.4 (z)	-0,159	P.13 (z)	-0,0054
P.5 (z)	-0,0903	P.12 (z)	-0,0558
P.6 (z)	-0,1963	P.11 (z)	-0,0458
P.7 (z)	-0,3956	P.10 (z)	-0,1277
P.8 (z)	-0,4521	P.9 (y)	-0,1331

Tabulka 5 Průměrné hodnoty pro jednotlivé body pravé strany

8.2 Frézování pravá strana



Figure 17 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	3,404	3,405
Xmax [mm]	3,8	3,85
Xmin [mm]	3,05	3,05
R [mm]	0,75	0,8

Tabulka 5 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Přední spára frézování		Zadní spára frézování	
Xmax [mm]	3,95	Xmax [mm]	2,55
Xmin [mm]	3,05	Xmin [mm]	1,55
R [mm]	0,9	R [mm]	1
\bar{x} [mm]	3,452	\bar{x} [mm]	2,078
Celkové R [mm]		2,4	

Tabulka 6 Porovnání hodnot mezi přední a zadní spárou

Na všech čtyřech předních pozicích je linearita stoupající. Průměrná hodnota spáry je 3,45 mm. Rozptyl je na všech měřených pozicích přední spáry minimálně větší než 0,65 mm a skrz všechny pozice je tento rozptyl 0,9 mm. Z regulačních diagramů lze vyčíst, že jednotlivá výška spáry je **pro každý díl** velmi podobná. Rozptyl na jednom dílu na všech pozicích se drží na 0,15 mm.

Všechny pozice na zadní spáře mají linearitu klesající a průměrná hodnota je 2,078 mm. Rozptyl na všech dílech a pozicích je 1 mm. I na zadní části je vidět, že spára je pro jednotlivé díly stejně vysoká po celém obvodu. Rozptyl je na jednotlivých dílech minimální. Průměrná hodnota je na zadní části **nižší o téměř 1,4 mm** než v části přední. Celkový rozptyl na pravých dílech je 2,4 mm. Proces frézování není stabilní. Je zde vidět rozdělení do skupin, které vzniklo při ohybu.

8.3 Zástavbová zkouška pravé strany před PÚ Bakov

Měřil jsem 10 po sobě jdoucích dílů z celé dávky 50 kusů. Zvolil jsem díly 10-19 a to z důvodu, abych mohl porovnat, jestli se po montáži projeví rozdělení do skupin, které jsem sledoval po ohybu dílů. Taktéž tyto hodnoty použiji později k určení variability měřidla.

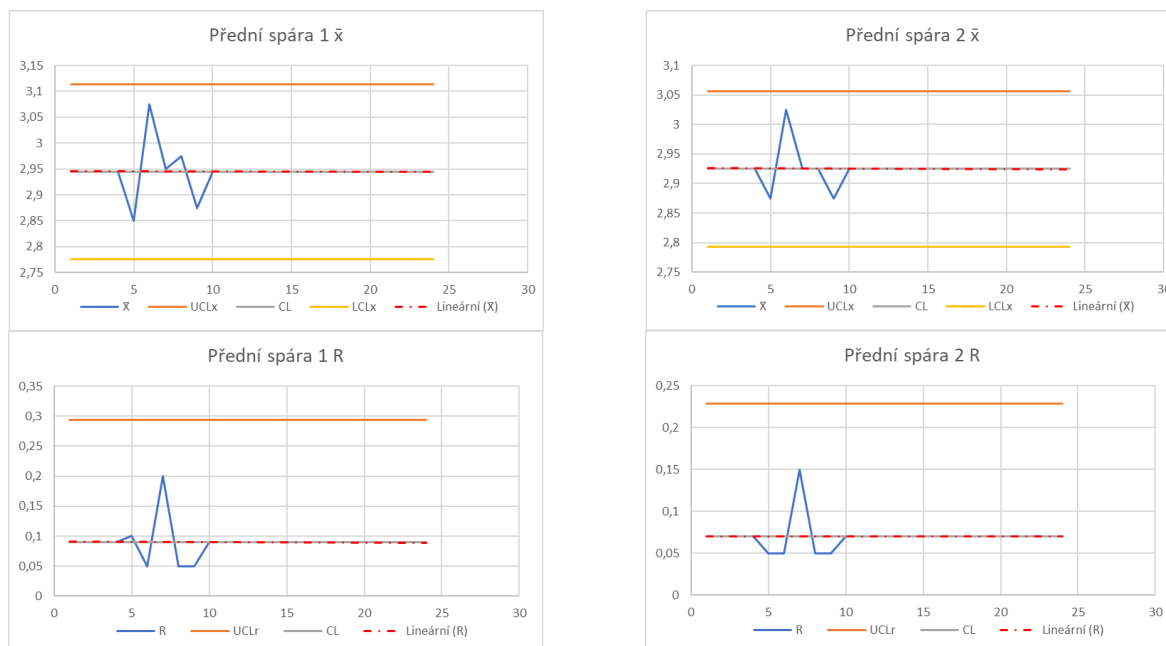


Figure 18 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	2,945	2,925
X_{max} [mm]	3,1	3,05
X_{min} [mm]	2,8	2,85
R [mm]	0,3	0,2

Tabulka 7 Hodnoty pro pozice 1 a 2

8.4 Montáž pravé strany po PÚ v Milovicích

Po montáži a po povrchové úpravě je linearita na přední spáře na všech pozicích, kromě pozice 5, stoupající. Taktéž je na všech pozicích, kromě pozice 5, průměrná hodnota spáry $3 \pm 0,1$ mm a rozptyl je do 0,5 mm, u pozice 4 je rozptyl 0,75mm. Celkový rozptyl je na přední spáře 0,9 mm a průměrná hodnota je 2,988 mm. Nejnižší bod spáry je pozice 5 u paty plastové krytky.

Na zadní spáře je linearita stoupající na pozicích 1, 2, 3 a 6, to jsou všechny pozice měřené pod frézovanou částí. Na ostatních dvou pozicích je linearita přímá. Zadní spára je vyšší než přední a na jednotlivých pozicích je i větší rozptyl. Průměrná hodnota na všech pozicích je 3,208 mm a rozptyl 0,7 mm.

Je zde vidět rozdělení do dvou skupin, které vzniklo už při ohybu. Proces je nestabilní a celkový rozptyl je 1 mm.

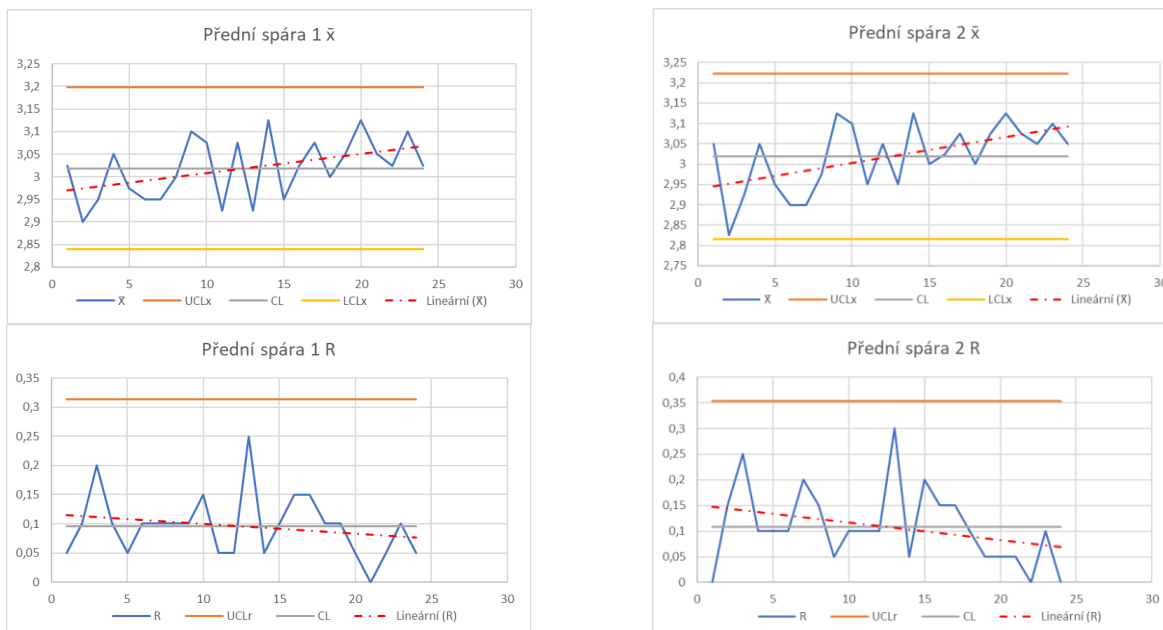


Figure 19 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	3,019	3,019
X_{max} [mm]	3,15	3,15
X_{min} [mm]	2,8	2,75
R [mm]	0,35	0,4

Tabulka 5 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Přední spára montáž		Zadní spára montáž	
X_{max} [mm]	3,4	X_{max} [mm]	3,5
X_{min} [mm]	2,5	X_{min} [mm]	2,8
R [mm]	0,9	R [mm]	0,7
\bar{x} [mm]	2,988	\bar{x} [mm]	3,208
Celkové R [mm]		1	

Tabulka 6 Porovnání hodnot mezi přední a zadní spárou

8.5 Ohyb levá strana

Prvních 6 kusů se odlišuje od ostatních, mají **nedostatečně proraženou drážku**, která se používá jako základna pro uložení na měрку a také pro založení do frézky. Také má prvních 6 kusů (3 podskupiny) výrazně nižší hodnoty v bodech 1, 2, 3 a 16, a výrazně vyšší hodnoty v bodech 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14. V bodech 13 a 15 je nižší pouze 1. podskupina. Kvůli těmto 6 dílům vychází body \bar{x} na všech pozicích měření **mimo regulační meze**. A proces tak je nezpůsobilý. Po vyfiltrování této skupiny dílů (1-6) je proces výroby **stabilní a způsobilý** na pozicích 2-16. Rozpětí má sestupnou linearitu. Pouze na pozici 1 se vyskytují body mimo regulační meze a je zde klesající linearita.

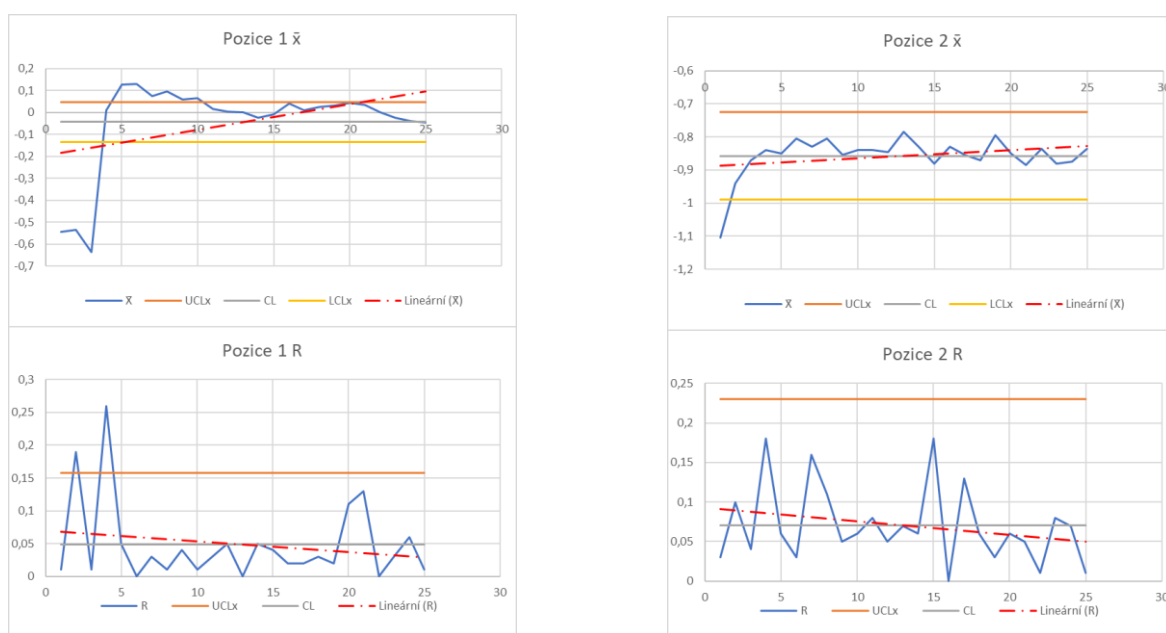


Figure 21 Regulační diagramy pro pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	-0,044	-0,857
Xmax [mm]	0,15	-0,75
Xmin [mm]	-0,64	-1,12
R [mm]	0,79	0,37

Tabulka 7 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Levá strana			
Přední část		Zadní část	
Pozice	\bar{x} [mm]	Pozice	\bar{x} [mm]
P.1 (y)	-0,0438	P.16 (y)	0,0218
P.2 (z)	-0,8572	P.15 (z)	0,103
P.3 (z)	-0,5018	P.14 (z)	-0,1076
P.4 (z)	-0,3984	P.13 (z)	-0,1152
P.5 (z)	0,1628	P.12 (z)	0,128
P.6 (z)	0,0796	P.11 (z)	0,0728
P.7 (z)	0,0518	P.10 (z)	0,0456
P.8 (z)	0,0684	P.9 (y)	0,0352

Tabulka 8 Průměrné hodnoty pro jednotlivé body levé strany

8.6 Frézování levá strana

Výšky spár jsou téměř stabilní ve všech bodech měření a proces výroby by byl způsobilý. A však první podskupina má velmi rozdílné hodnoty od zbytku měřených dílů. Linearita na předních pozicích je lehce stoupající.

Přední spára má průměrnou hodnotu 2,476 mm a rozptyl přes všechny pozice 1,05 mm. Velký rozptyl je i mezi jednotlivými pozicemi od 0,35 do -0,8 mm. Pozice 1 a 2 jsou v průměru nižší o 0,3 mm než pozice 3 a 4.

Zadní výška spáry průměrně měří 2,863 mm a rozptyl je 0,8 mm. Rozptyl na jednotlivých pozicích je 0,35–0,6 mm. I zde jsou pozice 1 a 2 nižší než pozice 3 a 4.

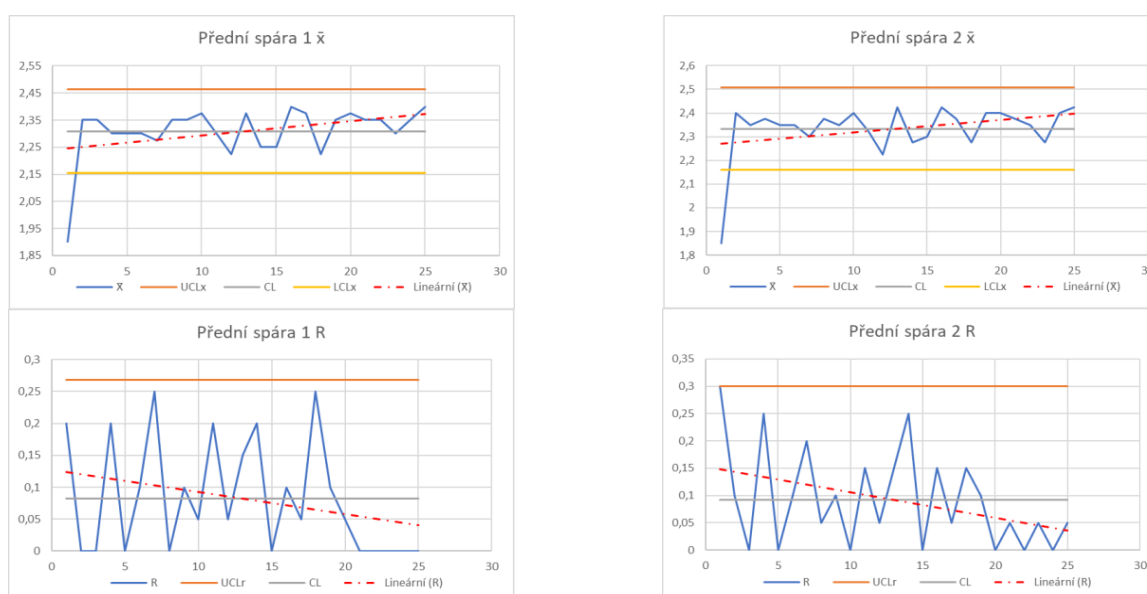


Figure 22 Regulační diagramy pro výšku spáry na pozicích 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	2,309	2,334
X_{max} [mm]	2,45	2,5
X_{min} [mm]	1,8	1,7
R [mm]	0,65	0,8

Tabulka 9 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Přední spára frézování		Zadní spára frézování	
X_{max} [mm]	2,75	X_{max} [mm]	3,2
X_{min} [mm]	1,7	X_{min} [mm]	2,4
R [mm]	1,05	R [mm]	0,8
\bar{x} [mm]	2,476	\bar{x} [mm]	2,863
Celkové R [mm]		1,5	

Tabulka 10 Porovnání přední a zadní strany po frézování

8.7 Zástavbová zkouška levé strany před PÚ Bakov

Měřil jsem 10 po sobě jdoucích dílů z celé dávky 50 kusů. Zvolil jsem díly 5-14, a to z důvodu, abych mohl porovnat, jestli se po montáži projeví rozdělení do skupin, které jsem sledoval po ohybu dílů. Taktéž tyto hodnoty použiji později k určení variability měřidla.

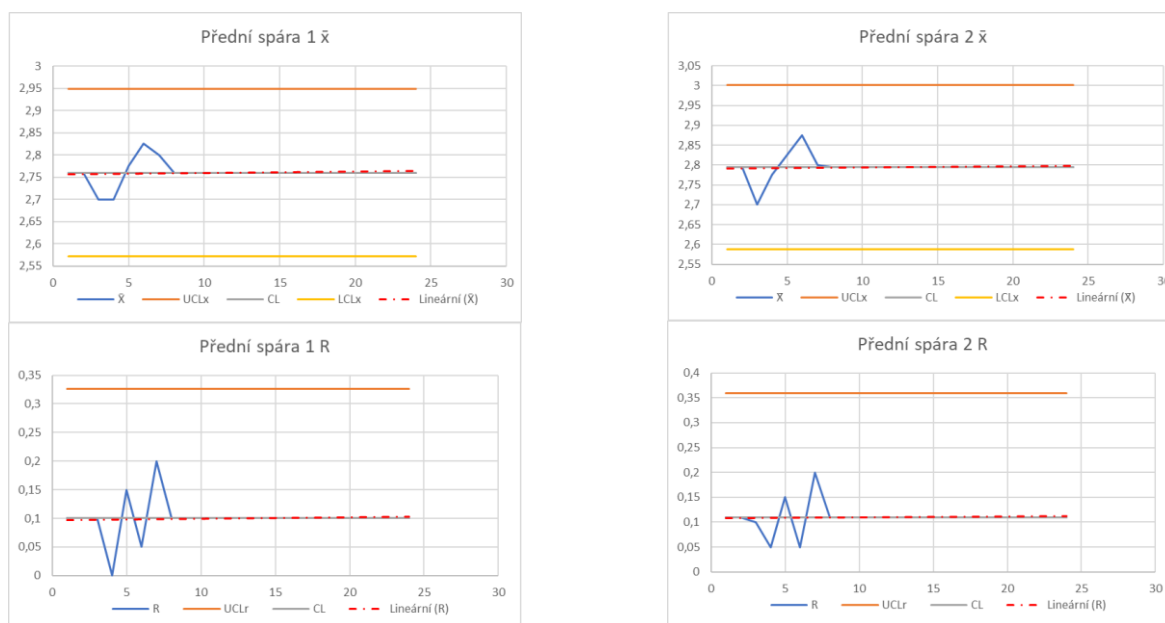


Figure 23 Regulační diagramy pro výšku spáry na pozici 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	2,76	2,795
X_{max} [mm]	2,9	2,9
X_{min} [mm]	2,65	2,65
R [mm]	0,25	0,25

Tabulka 11 Hodnoty pro pozice 1 a 2

8.8 Montáž levé strany po PÚ v Milovicích

Po povrchové úpravě a montáži je na přední straně linearita přímá na všech pozicích. Na pozicích 1, 2, 3 a 6 je velký rozdíl hodnoty u první podskupiny na rozdíl od ostatních podskupin. Pozice 1 a 2 jsou nižší než pozice 3 a 6 (6 je stejná pozice jako po frézování pozice 4). Nejnižší jsou ovšem pozice 4 a 5, které se měří pod plastovou krytkou. U paty krytky (pozice 5) je průměrná hodnota 2,488 mm. Průměrná hodnota přední spáry je 2,871 mm a rozptyl je 1,1 mm.

Linearita na zadní spáře je u všech pozic, kromě pozice 4, stoupající. Není zde nijak výrazně vidět rozdíl hodnoty v první podskupině. Pozice 1 a 2 jsou nižší o 0,1-0,2 mm než pozice 3 a 6. Na zadní spáře jsou pozice 4 a 5 vyšší než zbývající pozice na rozdíl od přední spáry. Průměrná výška je 3,091 mm a rozptyl 0,75 mm.

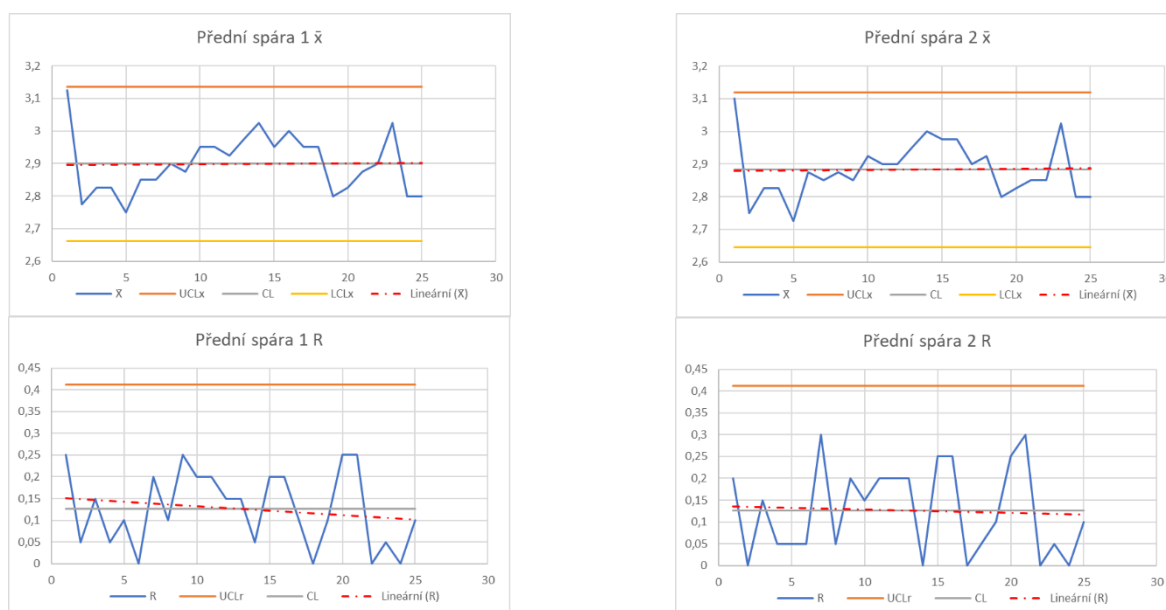


Figure 24 Regulační diagramy spáry pro pozice 1 a 2

	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	2,899	2,883
X_{max} [mm]	3,25	3,2
X_{min} [mm]	2,7	2,7
R [mm]	0,55	0,5

Tabulka 12 Hodnoty pro pozice 1 a 2

Přední spára montáž		Zadní spára montáž	
X_{max} [mm]	3,5	X_{max} [mm]	3,4
X_{min} [mm]	2,4	X_{min} [mm]	2,65
R [mm]	1,1	R [mm]	0,75
\bar{x} [mm]	2,871	\bar{x} [mm]	3,091
Celkové R [mm]		1,1	

Tabulka 13 Porovnání hodnot mezi přední a zadní stranou

9 Závislost mezi operacemi

V této kapitole porovnám jednotlivé operace, popíši vazby mezi nimi, pokud nějaké existují; pokusím se zjistit, jestli je vazba mezi operacemi.

9.1 Závislost mezi operacemi u pravé strany nosiče

9.1.1 Porovnání pravé strany ohyb/frézování

Na všech pozicích můžeme pozorovat rozdělení do stejných skupin jako po ohybu, tj. skupina 1 díly 2-15 a skupina 2 díly 1 a 16-48, kromě podskupiny 5, ta se podobá skupině 2. V přední části je linearita jak po ohybu, tak po frézování stoupající. V zadní části je v obou případech klesající. Ohyb je v přední části v záporných hodnotách, kdežto v zadní části se blíží ref. hodnotě 0 mm. Po frézování je přední spára značně vyšší než zadní v průměru o **1,4 mm**.

9.1.2 Porovnání pravé strany frézování/montáž

Na všech čtyřech předních pozicích po frézování je linearita stoupající. Průměrná hodnota spáry je 3,45 mm. To samé platí i po smontování dílů, linearita je také stoupající. Všechny pozice na zadní spáře po frézování mají linearitu klesající a průměrná hodnota je 2,078 mm. Je zde vidět rozdělení do skupin z ohybu, kde skupina 1 má **vyšší** spáru. Avšak po smontování je linearita stoupající a skupina 1 má spáru **nižší**. Celkový rozptyl se sníží a ustálí se. Průměrná hodnota je po smontování v toleranci. Z grafů jsem zjistil, že ohyb velmi ovlivňuje celou výrobu

Tabulka pro montáž se zde liší od tabulky, která je uvedena v kapitole 8.4 z důvodu, že zde porovnávám pouze pozice, které se měří jak po frézování, tak i po montáži.

Přední spára montáž		Zadní spára montáž	
X _{max}	3,2	X _{max}	3,5
X _{min}	2,75	X _{min}	2,8
R	0,45	R	0,7
\bar{x}	3,030	\bar{x}	3,207
Celkové R		0,4	
Přední spára fréza		Zadní spára fréza	
X _{max}	3,95	X _{max}	2,55
X _{min}	3,05	X _{min}	1,55
R	0,9	R	1
\bar{x}	3,452	\bar{x}	2,078
Celkové R		2,4	

Tabulka 14 Porovnání hodnot mezi operacemi frézování a montáž

9.2 Závislost mezi operacemi u levé strany

9.2.1 Porovnání levé strany ohyb/frézování

Po ohybu se odlišuje 6 dílů (3 podskupiny) v několika pozicích. První podskupina se odlišuje ve všech pozicích a tato podskupina se odlišuje i po frézování. Přední strana je v záporných hodnotách po ohybu a výška spáry je nižší v přední části. Zadní strana je blíže ref. hodnotě a výška spáry je vyšší a blíže ref. hodnotě 3 mm. Pozice 1 a 2 jsou nižší, než pozice 3 a 4, a to jak vpředu, tak vzadu.

9.2.2 Porovnání levé strany frézování/montáž

Linearita na přední straně po frézování je mírně stoupající, kdežto po montáži je přímá. Průměrná hodnota spáry je po frézování 2,47 mm a po montáži je 2,988 mm.

Linearita na přední straně po frézování i po montáži je mírně stoupající. Průměrná hodnota spáry je po frézování 2,863 mm a po montáži je 3,049 mm.

Tabulka pro montáž se zde liší od tabulky, která je uvedena z důvodu, že zde porovnávám pouze pozice, které se měří jak po frézování i montáži.

Přední spára montáž		Zadní spára montáž	
Xmax [mm]	3,5	Xmax [mm]	3,4
Xmin [mm]	2,7	Xmin [mm]	2,65
R [mm]	0,8	R [mm]	0,75
\bar{x} [mm]	2,988	\bar{x} [mm]	3,049
Celkové R		0,85	
Přední spára fréza		Zadní spára fréza	
Xmax [mm]	2,75	Xmax [mm]	3,2
Xmin [mm]	1,7	Xmin [mm]	2,4
R [mm]	1,05	R [mm]	0,8
\bar{x} [mm]	2,476	\bar{x} [mm]	2,863
Celkové R		1,5	

Tabulka 15 Porovnání hodnot operací frézování a montáž na levé straně

10 Porovnání stran

V této části porovnáme obě strany proti sobě, vyhodnotíme, jestli se v určitých hodnotách porovnávají či nikoliv.

10.1 Porovnání ohyb

Levá strana				Pravá strana			
Přední část		Zadní část		Přední část		Zadní část	
Pozice	\bar{x} [mm]	Pozice	\bar{x} [mm]	Pozice	\bar{x} [mm]	Pozice	\bar{x} [mm]
P.1 (y)	-0,0438	P.16 (y)	0,0218	P.1 (y)	0,47458	P.16 (y)	0,14021
P.2 (z)	-0,8572	P.15 (z)	0,103	P.2 (z)	-0,3573	P.15 (z)	-0,141
P.3 (z)	-0,5018	P.14 (z)	-0,1076	P.3 (z)	-0,23	P.14 (z)	0,01125
P.4 (z)	-0,3984	P.13 (z)	-0,1152	P.4 (z)	-0,159	P.13 (z)	-0,0054
P.5 (z)	0,1628	P.12 (z)	0,128	P.5 (z)	-0,0903	P.12 (z)	-0,0558
P.6 (z)	0,0796	P.11 (z)	0,0728	P.6 (z)	-0,1963	P.11 (z)	-0,0458
P.7 (z)	0,0518	P.10 (z)	0,0456	P.7 (z)	-0,3956	P.10 (z)	-0,1277
P.8 (z)	0,0684	P.9 (y)	0,0352	P.8 (z)	-0,4521	P.9 (y)	-0,1331

Tabulka 16 Průměrné hodnoty po ohybu levá/pravá strana

Na obou stranách lze pozorovat rozdělení do dvou skupin. Z grafů jsem zjistil, že 1. skupiny, které jsou na začátku výroby mají podobné znaky. Na pravé straně je 1. skupina nižší v pozicích 1, 2, 3, 4, 13 a 16 a na levé straně v pozicích 1, 2, 3 a 16. A vyšší na pravé straně v pozicích 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 a 15 a na levé straně v pozicích 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14. V bodech 13 a 15 je nižší pouze 1. podskupina. Stejně znaky se tak vyskytují v pozicích 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 a 16. Neshodují se pouze v pozicích 4, 13 a 15.

Přední části jsou přehnuté, ale u levé strany jsou výraznější záporné hodnoty, kdežto u pravé strany se záporné hodnoty vyskytují i ve střední části dílu.

10.2 Porovnání frézování

Na pravé straně je linearita na předních pozicích stoupající a na zadních klesající. $\bar{X}_{pr.př} = 3,45$ mm, $R_{pr.př} = 0,9$ mm, $\bar{X}_{pr.za} = 2,078$ mm a $R_{pr.za} = 1$ mm.

Na levé straně je linearita mírně stoupající. $\bar{X}_{lv.př} = 2,47$ mm, $R_{lv.př} = 1,05$ mm, $\bar{X}_{lv.za} = 2,863$ mm a $R_{lv.za} = 0,8$ mm.

Průměrná hodnota je na zadní části **nižší o téměř 1,4 mm** než v části přední na **pravé straně**. Celkový rozptyl na pravých dílech je 2,4 mm.

Průměrná hodnota je na zadní části **vyšší o 0,4 mm** než v části přední na **levé straně**. Celkový rozptyl na pravých dílech je 1,5 mm.

Na pravé straně je vidět rozdělení do skupin, které vzniklo po ohybu. Na levé straně je rozdílná pouze 1. podskupina. Pozice 1 a 2 na levé straně jsou v průměru nižší o 0,3 mm než pozice 3 a 4. Rozdíl je na přední části výraznější než na zadní části. U pravé strany je tento rozdíl na přední straně 0,1 mm a na zadní až 0,3 mm.

10.3 Porovnání montáž:

Na pravé straně je linearita na předních pozicích stoupající (kromě pozice 5) a na zadních pozicích 1, 2, 3 a 6 je stoupající. $\bar{X}_{pr.př} = 2,988$ mm, $R_{pr.př} = 0,9$ mm, $\bar{X}_{pr.za} = 3,208$ mm a $R_{pr.za} = 0,7$ mm.

Na levé straně je linearita přímá a na zadní mírně stoupající. $\bar{X}_{lv.př} = 2,871$ mm, $R_{lv.př} = 1,1$ mm, $\bar{X}_{lv.za} = 3,091$ mm a $R_{lv.za} = 0,75$ mm.

Jak na levé, tak na pravé straně je nejnižší bod přední spáry pozice 5 (pozice u paty plastové krytky). Pozice 4 je také nižší.

V zadní části pozice 4 a 5 nejsou výrazně nižší, dokonce na levém nosníku jsou vyšší. Na levé straně jsou pozice 1 a 2 nižší než pozice 3 a 6 vpředu i vzadu. Což odpovídá hodnotám po frézování. Na pravé straně se tento jev nevyskytuje. Na pravé straně je vidět rozdělení do skupin. Na levé je viditelná pouze 1. podskupina.

11 Shrnutí pozorování vyráběných dílů

Z měření a porovnávání jednotlivých dílů a operací vychází nejhůře levá přední strana nosiče, která je problematická po všech operacích. Velmi často vycházela mimo regulační meze, taktéž od zákazníka byly reklamace na dosed přední levé strany negativní.

12 Vlivy na přesnost měření

Každý systém měření je ovlivněn určitými vlivy, tyto vlivy mohou být způsobeny náhodnými či zvláštními příčinami. V této kapitole se právě na tyto vlivy zaměřím a později navrhuji takové opatření, abychom se těmito vlivům vyhnuli.

12.1 Prostředí

Jsou to vlivy, které přicházejí z okolí, ve kterém je měřicí systém zasazen. Může to být teplota, vibrace, hluk, znečištění vzduchu, osvětlení a další.

12.1.1 Hala v Bakově nad Jizerou

Ve výrobních halách v Bakově nad Jizerou je smíšené osvětlení. Na většině měřicích pracovišť je také bodové světlo.

Teplota není v průběhu roku stabilní, v letních měsících je v halách okolo 25 °C, kdežto v zimních měsících teplota klesá pod 20 °C. Vzhledem k tomu, že pro nás není délka dílu hlavní měřicí rozměr, tak se nás roztažnost dílu přímo netýká. Ovšem velký rozdíl teplot může hrát roli při ohýbání, pokud nejsou vždy díly skladovány za ideálních podmínek. Stává se, že díly jsou v chladu a nenechají se ohřát na teplotu výrobní haly a ohýbají se za studena. Po ohybu mají tendenci se vracet do původní polohy. V letních měsících zase může vysoká teplota působit nepříjemně na kontrolu kvality, za vysokých teplot klesá soustředěnost obsluhy.

Práce kontroly kvality vyžaduje pozornost a soustředěnost v hlučných prostředí, to může být problém. Kontrolní stanoviště jsou v bezprostřední blízkosti frézek a ohýbaček a je zde velmi vysoký a rušivý hluk. Taktéž od strojů a pohybujících se VZV vznikají vibrace, které mohou ovlivnit správné měření.

12.2 Přístroj (Měřidla)

Firma AAS automotive s.r.o. se řídí podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. Naplňuje veškeré náležitosti tohoto zákona. Kalibrace a ověřování si firma nechává vypracovávat externě v certifikovaných firmách: Kalibrační laboratoře Kolín s.r.o. a OKSSAZ s.r.o.

Měření jsem prováděl s měřidly: digitální úchylkoměr evidenční číslo 378, sadou válečkových kalibrů e. č. 531 a na měrkách crossover pro levou a pravou stranu, které jsou pro tři typy: ohyb, frézování a montáž e. č. 521, 522, 523, 524, 525, 526.

Digitální úchylkoměr a sada měřicích trnů je ověřována a kalibrována v Kalibrační laboratoři Kolín s.r.o. Digitální úchylkoměr má rozsah 0-12 mm a dělení 0,01 mm. Naměřená odchylka je 10 μm , přičemž dovolená je 30 μm a nejistota měření pro toto měřidlo je $\pm 10 \mu\text{m}$. Měřidlo je vyhovující dle specifikace výrobce. Sada válečkových kalibrů má měřicí rozsah 0,3-5,0 mm. Trny se dělí po 0,05 mm. Dovolená odchylka je 2 μm . Nejistota měření viz. tabulka 21. Měřidlo vyhovuje dle specifikace výrobce.

KALIBRAČNÍ LIST ČÍSLO: 1001001 STRANA: 2/3

VÝSLEDKY MĚŘENÍ:

Jmenovitá hodnota [mm]	Naměřená odchylka [μm]	Dovolená odchylka [μm]	Jmenovitá hodnota [mm]	Naměřená odchylka [μm]	Dovolená odchylka [μm]	Nejistota měření
0,30	0	± 2	2,80	0	± 2	1
0,35	0	± 2	2,85	0	± 2	1
0,40	0	± 2	2,90	0	± 2	1
0,45	0	± 2	2,95	0	± 2	1
0,50	0	± 2	3,00	0	± 2	1
0,55	0	± 2	3,05	0	± 2	1
0,60	0	± 2	3,10	0	± 2	1
0,65	0	± 2	3,15	0	± 2	1
0,70	0	± 2	3,20	0	± 2	1
0,75	1	± 2	3,25	0	± 2	1
0,80	0	± 2	3,30	0	± 2	1
0,85	0	± 2	3,35	0	± 2	1
0,90	0	± 2	3,40	0	± 2	1
0,95	0	± 2	3,45	0	± 2	1
1,00	0	± 2	3,50	0	± 2	1
1,05	0	± 2	3,55	1	± 2	1
1,10	0	± 2	3,60	0	± 2	1
1,15	0	± 2	3,65	0	± 2	1
1,20	0	± 2	3,70	0	± 2	1
1,25	0	± 2	3,75	0	± 2	1
1,30	1	± 2	3,80	0	± 2	1
1,35	0	± 2	3,85	0	± 2	1
1,40	0	± 2	3,90	0	± 2	1
1,45	0	± 2	3,95	1	± 2	1
1,50	0	± 2	4,00	0	± 2	1
1,55	0	± 2	4,05	0	± 2	1
1,60	0	± 2	4,10	0	± 2	1
1,65	1	± 2	4,15	0	± 2	1
1,70	0	± 2	4,20	0	± 2	1
1,75	0	± 2	4,25	0	± 2	1
1,80	0	± 2	4,30	0	± 2	1
1,85	0	± 2	4,35	0	± 2	1
1,90	0	± 2	4,40	0	± 2	1
1,95	0	± 2	4,45	0	± 2	1
2,00	0	± 2	4,50	-1	± 2	1
2,05	0	± 2	4,55	0	± 2	1
2,10	0	± 2	4,60	0	± 2	1
2,15	0	± 2	4,65	0	± 2	1
2,20	0	± 2	4,70	0	± 2	1
2,25	0	± 2	4,75	0	± 2	1
2,30	0	± 2	4,80	0	± 2	1
2,35	0	± 2	4,85	0	± 2	1
2,40	0	± 2	4,90	0	± 2	1
2,45	0	± 2	4,95	0	± 2	1
2,50	0	± 2	5,00	0	± 2	1
2,55	0	± 2				
2,60	0	± 2				
2,65	0	± 2				
2,70	0	± 2				
2,75	0	± 2				

Tabulka 17 Výsledky měření z kalibrační laboratoře

Měrky crossover byly kontrolovány na 3D kontrole při předávání dodavatelskou firmou Keri a.s. Všechny byly uznány za shodné.

12.2.1 Použití měřidel

Sada válečkových kalibrů se používá k měření výšky spáry. Váleček se vloží mezi měrku a měřený díl. Kontrola kvality posuzuje a porovnává více hodnot a zvolí nejvhodnější jmenovitou hodnotu. Toto měření velmi závisí na zkušenostech kvalitáře. Také je nutné mít měrku i válečkové kalibry řádně očištěné od mastnot. Procesní kapaliny, které se dostanou na kalibry či měrky, snižují tření a ovlivňují správné posouzení velikosti spáry. Při montáži v Milovicích jsem zaregistroval opačný problém. Na měrce zůstává lepidlo z těsnění a způsobuje tření, které opět velmi ovlivňuje měření. Je nutné měřidla čistit a kontrolovat častěji.

Digitální úchylkoměr se využívá při měření tvaru po ohybu. Úchylkoměr se vloží do měrky na crossover a dotyková plocha dosedá na díl. Měří se v reverzním módu. Měření je velmi jednoduché a intuitivní, odečítá se pouze hodnota zobrazená na displeji. Jediný problém by mohl nastat v případě zanesení dosedacích ploch mezi dílem, měrkou a úchylkoměrem. Je důležité dát pozor na správný dosed digitálního úchylkoměru a měrky, občas se stane, že budík špatně dosedne a „kolébá se“ v pozici.

Měrky crossover simulují uložení na střeše auta po montáži v automobilce. Zde je velmi důležité díl správně usadit do správné pozice. Nepřesné uložení může vést ke špatnému měření a nevyovídajícím hodnotám o skutečných rozměrech dílu. Tento problém se vyskytuje hlavně u měrky na ohyb, kdy při špatném založení či nedostatečném proražení zakládací drážky na dílu, způsobuje nepřesnost měření až 0,5 mm.



Figure 25 Detail kolize měřky s dílem

Tomuto problému by se dalo předejít nahrazením kolíku za vysouvací kolík. Tato varianta se ve firmě AAS již využívá u nových typů měrek.

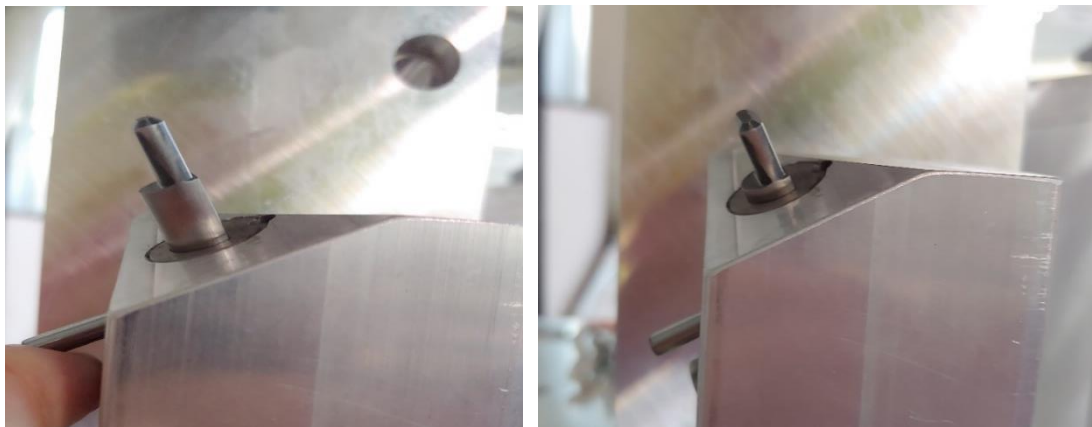


Figure 26 Zasouvací usazovací kolík

12.3 Díl

Pro správné měření je nezbytná čistota dílu, před měřením se díl musí očistit od provozních kapalin a olejů. Jak jsem už výše psal, olej snižuje tření a rozdíl v měření může být 0,05 mm. Taktéž je nutné zkontrolovat, zda obsluha frézky začistila díl od třísek a otřepů. Otřepy způsobují nepřesnost měření profilu, „uměle“ snižují spáru, (do spáry pasuje menší kalibr, než je skutečná velikost spáry).

12.4 Operátor

V Bakově nad Jizerou jsou tři kontroloři kvality, pro každou směnu jeden. Pracovní náplň kontroly kvality je velmi různorodá a nyní je kontrola plně vytížena. Kontrola kvality na začátku každé směny uvolňuje výrobu na všech strojích, které danou směnu pracují. Kontroluje se každý první kus dávky a v případě neshody další díly po nastavení stroje. Poté probíhají pravidelné kontroly podle návodek jednotlivých projektů, většinou bývá kontrola po 2 hodinách. Taktéž se provádí uvolňování dávky po každém nastavení stroje. Nastavování strojů probíhá relativně často, kvůli výrobě z dvou typů materiálů. Všechny záznamy se provádí na papírové formuláře a až následně se hodnoty z měření zapisují do PC. Další nedílnou součástí práce kontroly kvality je posuzování NOK dílů; když je díl opravdu nevyhovující, tak se musí udělat zařazení vady dle katalogu vad. Kontrola kvality dělá i zkouškové náměry pro ověření nových návrhů na zlepšení měření či kvality, provádí náměry na nová MSA.

Už nyní je kontrola kvality na hraně kapacity při spuštění více projektů najednou, nemusí stíhat všechna měření dle návodek. Časy při měření uvolňování výroby po ohybu jsou pro projekty A06 (Fabia), A0 (Kamion) a B8 (Superb) 6 minut jeden díl. Ovšem časy pro měření po operaci frézování jsou pro A06 12 minut jeden kus, pro A0 to je 15 minut jeden kus a pro B8 20 minut levý plus pravý díl. Pouhé uvolňování pro tyto tři projekty zabere téměř hodinu a 15 minut, a to musíme brát v potaz, že ne vždy je uvolněn první kus. Mnohokrát se stane, že měření probíhá opakovaně. Pouze uvolňování výroby na těchto třech projektech na začátku směny se může protáhnout přes 2 hodiny, kdy by měla probíhat průběžná kontrola. V průběhu směny má kontrola kvality na starosti více projektů a bohužel někdy si musí vybrat, jaký projekt se při kontrole vynechá, avšak projekty střešních nosičů jsou primární.

Toto všechno může vést k nepozornosti a k chybám během procesu měření ze strany operátora. Za aktuálních podmínek nelze navýšit četnost kontrol. Více se o problematice četnosti zmíním v dalších kapitolách.

Navrhuji přejít na plně digitální zápis měřených hodnot. Vynecháním mezikroku, myšleno papírové formuláře, se ušetří několik desítek minut, které jsou jinak nutné na přepis hodnot do PC. Na tuto činnost by postačoval obyčejný malý notebook či tablet. Úspora nebude pouze časová, ale také finanční za tisk a papír.

13 Vliv směnnosti (levá strana)

Cílem studie bylo zjistit, zda se rozměry dílů mění v závislosti na směně. Srovnání jednotlivých směn jsem udělal pomocí rozdělení normálnosti. Kde jsem vzal náměry od října do konce prosince. Hodnoty jsem seřadil do histogramu rozděleného na 10σ . Vypočítal jsem výběrovou směrodatnou odchylku a vypočítal rozsah jednotlivých částí histogramu. Tyto 3 směny jsem srovnal i s mými náměry.

Pro vysvětlení grafu Figure 27 Histogram ukázka. V MS excel nelze nastavit, aby hranice byly přímo na hranici a zobrazují se takto pod sloupcem. Správně mají být hranice tam kam svěrují červené čáry. Tudiž průměrná hodnota leží na oranžové čáře. V tomto případě jsou dva největší sloupce v rozmezí $-\sigma$ do $+\sigma$.



Figure 27 Histogram ukázka

13.1 Porovnání levé strany všechny pozice P1-P5.

Směny 4 a 5 mají asymetrické histogramy, mají nevyšší počet hodnot mezi $-\sigma$ až průměrnou hodnotou a poté mají více hodnot nad svým průměrem. Směna 26 má vyšší průměrnou hodnotu, ale histogram je posunutý vlevo od průměrné hodnoty. Moje výsledky měření jsou symetrické a je zde vidět normální rozdělení.

Směna 4		Směna 5		Směna 26		Martin Peška	
s. výběr	0,201	s. výběr	0,223	s. výběr	0,205	s. výběr	0,205
\bar{x}	2,944	\bar{x}	2,915	\bar{x}	2,972	\bar{x}	2,819
Xmax	3,5	Xmax	3,8	Xmax	3,5	Xmax	3,25
Xmin	2,55	Xmin	2,5	Xmin	2,5	Xmin	2,4
R	0,95	R	1,3	R	1	R	0,85
Počet	350	Počet	400	Počet	470	Počet	250

Tabulka 18 Hodnoty pro jednotlivé směny

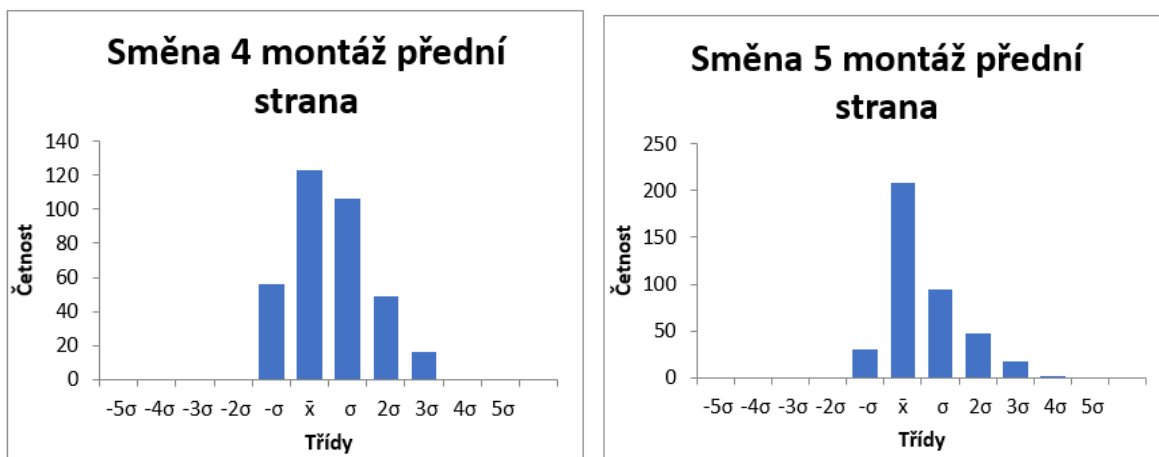


Figure 28 Histogramy pro směny 4 a 5

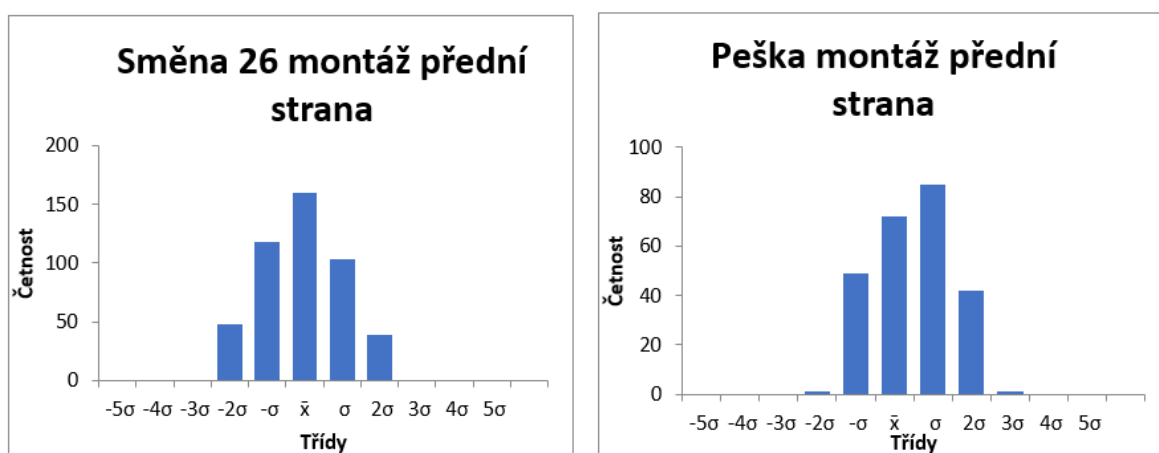


Figure 29 Histogramy pro směnu 26 a moje měření

13.2 Porovnání levé strany pouze pozice pod frézovanou částí. P1-P3

Grafy, i při odstranění bodů měření pod plastovou krytkou, vypadají velmi podobně jako při všech bodech měření. Směny 4 a 5 mají nesymetrický a jednostranný histogram. Opět mají nejvyšší počet hodnot mezi $-\sigma$ až průměrnou hodnotou, avšak poté je více nad hodnotou σ . Směna 26 má výrobu symetrickou podobně jako u mého měření.

Směna 4		Směna 5		Směna 26		Peška	
s. výběr	0,176	s. výběr	0,225	s. výběr	0,187	s. výběr	0,130
\bar{x}	3,052	\bar{x}	3,021	\bar{x}	3,077	\bar{x}	2,942
Xmax	3,5	Xmax	3,8	Xmax	3,5	Xmax	3,25
Xmin	2,6	Xmin	2,55	Xmin	2,55	Xmin	2,7
R	0,9	R	1,25	R	0,95	R	0,55
Počet	210	Počet	240	Počet	282	Počet	150

Tabulka 19 Hodnoty pro jednotlivé směny (frézovaná část)

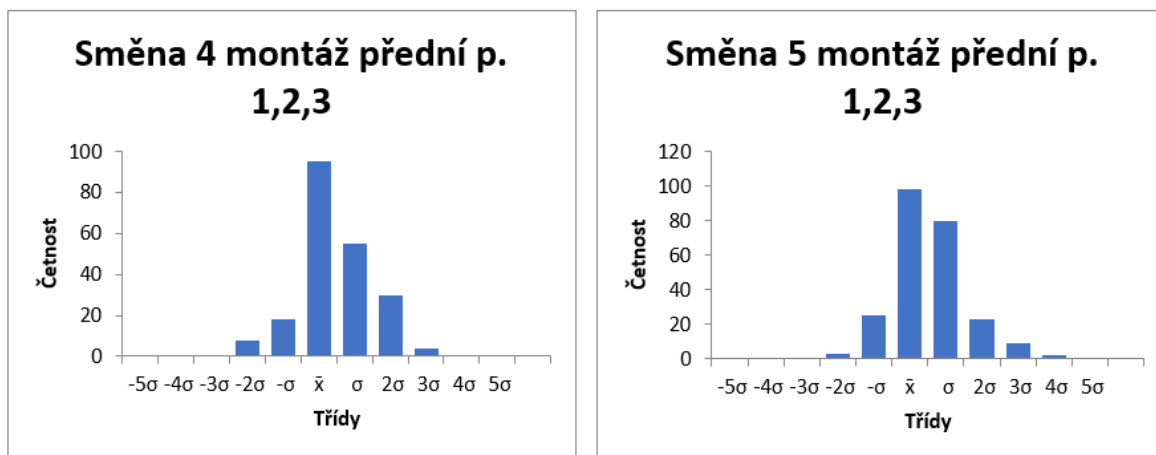


Figure 30 Histogramy pro směny 4 a 5 (frézovaná část)

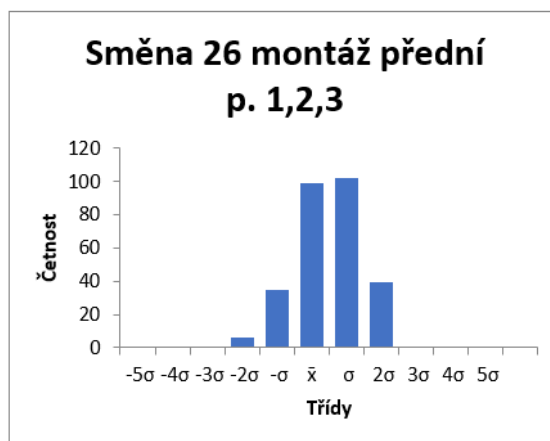


Figure 31 Histogram pro směnu 26

13.3 Závěr

Směna 26 se odlišuje od ostatních směn. Lze zde vypořádat normální rozdělení. Směna 26 si dlouhodobě drží normální rozdělení výroby. Kdežto dvě zbylé směny nemají symetrický histogram a jsou vícestranné k plusovým hodnotám, mají ovšem nepatrně nižší průměrnou hodnotu.

14 Zkouška porovnání stávající x nové odlitky

Porovnával jsem 9 náměrů pro každý bod. Měření jsme prováděli ve třech a každý bod jsme měřili 3x, já (Martin Peška) a dvě paní z kontroly kvality. Mezi každým měřením byl díl rozmontován a kompletně složen. Měřili jsme tyto body viz. Figure 31 a 32.

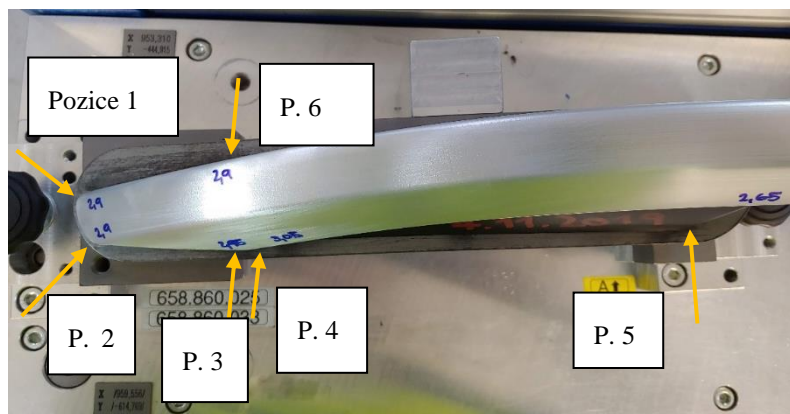


Figure 32 Body měření při zkoušce

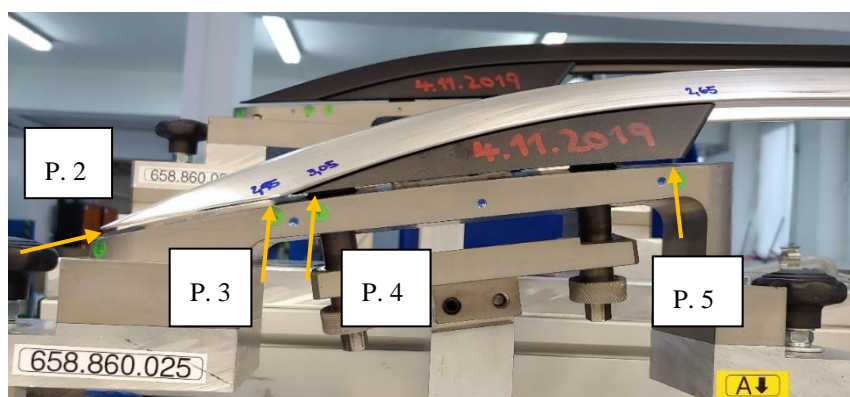


Figure 33 Body měření při zkoušce boční pohled

Z výsledků lze vypočítat:

Starý odlitek levá strana												
	Přední část						Zadní část					
Pozice	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
\bar{x} [mm]	3,37	3,32	3,36	3,21	2,82	3,57	3,02	3,02	3,08	3,35	3,04	3,08
Xmax [mm]	3,55	3,5	3,5	3,25	2,9	3,75	3,1	3,15	3,15	3,45	3,1	3,15
Xmin [mm]	3,25	3,2	3,3	3,15	2,7	3,5	2,9	2,95	3	3,25	2,9	3
R [mm]	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,25	0,2	0,2	0,15	0,2	0,2	0,15
Nulový odlitek levá strana												
\bar{x} [mm]	3,75	3,69	3,66	3,46	2,80	3,84	2,82	2,83	2,96	3,33	3,09	2,96
Xmax [mm]	3,75	3,7	3,7	3,5	2,85	3,85	2,85	2,9	3	3,4	3,25	3
Xmin [mm]	3,75	3,65	3,65	3,4	2,7	3,8	2,8	2,8	2,9	3,3	2,95	2,9
R [mm]	0	0,05	0,05	0,1	0,15	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1

Tabulka 20 Výsledky měření levá strana

Starý odlitek pravá strana												
	Přední část						Zadní část					
Pozice	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
\bar{x} [mm]	2,94	3,01	3,00	3,33	2,48	3,03	2,98	2,98	3,02	3,00	2,88	3,02
Xmax [mm]	3,1	3,2	3,15	3,45	2,55	3,15	3,1	3,1	3,1	3,05	3,15	3,1
Xmin [mm]	2,85	2,9	2,9	3,1	2,35	2,95	2,9	2,9	2,95	2,95	2,75	2,95
R [mm]	0,25	0,3	0,25	0,35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15	0,1	0,4	0,15
Nulový odlitek pravá strana												
\bar{x} [mm]	3,14	3,23	3,23	3,47	2,78	3,22	2,73	2,70	2,79	2,90	3,17	2,84
Xmax [mm]	3,2	3,3	3,3	3,55	2,85	3,3	2,75	2,7	2,8	2,9	3,2	2,85
Xmin [mm]	3,1	3,2	3,2	3,4	2,7	3,15	2,7	2,7	2,75	2,9	3,1	2,8
R [mm]	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,05	0	0,05	0	0,1	0,05

Tabulka 21 Výsledky měření na pravé straně

- Montáž se starým odlitkem způsobuje rozptyl až 0,4 mm.
- V nejdůležitějších pozicích 1, 2 a 3 na levé straně přední části je rozptyl 0,3 mm, což je **polovina tolerance** pro tyto pozice, $T = 0,6$ mm.
- Při montáži je velká vůle mezi odlitkem a frézovanou částí → lze smontovat v různých pozicích, to má za důsledek takto velký rozptyl při měření.
- S montáží „nulového“ odlitku nám rozptyl klesl na 0,1 mm na nejdůležitějších pozicích.
- V přední části levé strany je rozptyl pouze 0,05 mm.
- Nepřesnost v měření s nulovým odlitkem vzniká pouze pod patou plastové krytky v bodě 5.

14.1 Doporučení

- 1) V návodkách na smontování nosiče není přesně definovaná poloha odlitku. Navrhují opakované měření, a to v obou krajních pozicích (1. dát odlitek co nejvíce směrem ke středu nosiče, směr oranžová šipka, a poté sešroubovat a změřit), (2. dát odlitek co nejvíce směrem ven z nosiče, směr zelená šipka, a poté sešroubovat a znovu změřit). Z měření budou dvě hodnoty, když obě hodnoty budou v tolerančním poli, budeme vědět, že za každých okolností budeme mít po montáži v Milovicích shodný díl.
- 2) Začít používat „nulové“ odlitky při uvolňování výroby. (*Vypracovat nové MSA na měrku nosiče pro A0_Kamiq*). Novým způsobem měření budeme moci zaručit, že naše díly jsou shodné a případné neshody po montáži v Milovicích můžeme řešit s dodavatelem odlitků.

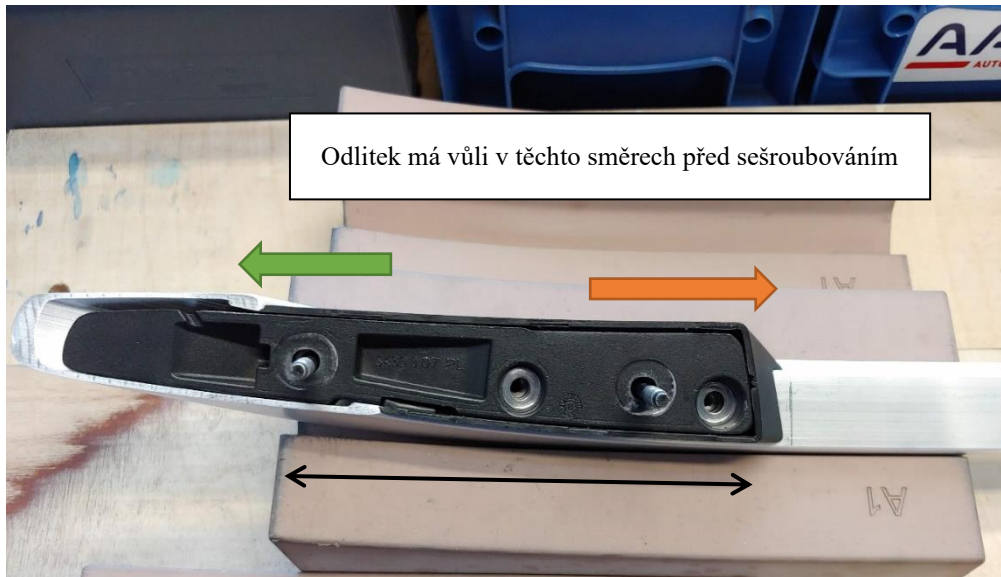


Figure 34 šipky zobrazují směry vůle při montáži

15 Údržba strojů

Proces ohybu na pravých dílech je velmi nestabilní. Je zde jasně vidět velký rozptyl v 7. podskupině, a to hned v několika pozicích 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16. Došlo zde k náhlé změně hodnoty.

I na levé straně je výrazná změna v rozměrech po nějaké době od spuštění stroje. Prvních 6 kusů se odlišuje od ostatních, mají **nedostatečně proraženou drážku**, která se používá jako základna pro uložení na měrku a také pro založení do frézky. Také má prvních 6 kusů (3 podskupiny) výrazně nižší hodnoty v bodech 1, 2, 3 a 16, a výrazně vyšší hodnoty v bodech 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14.

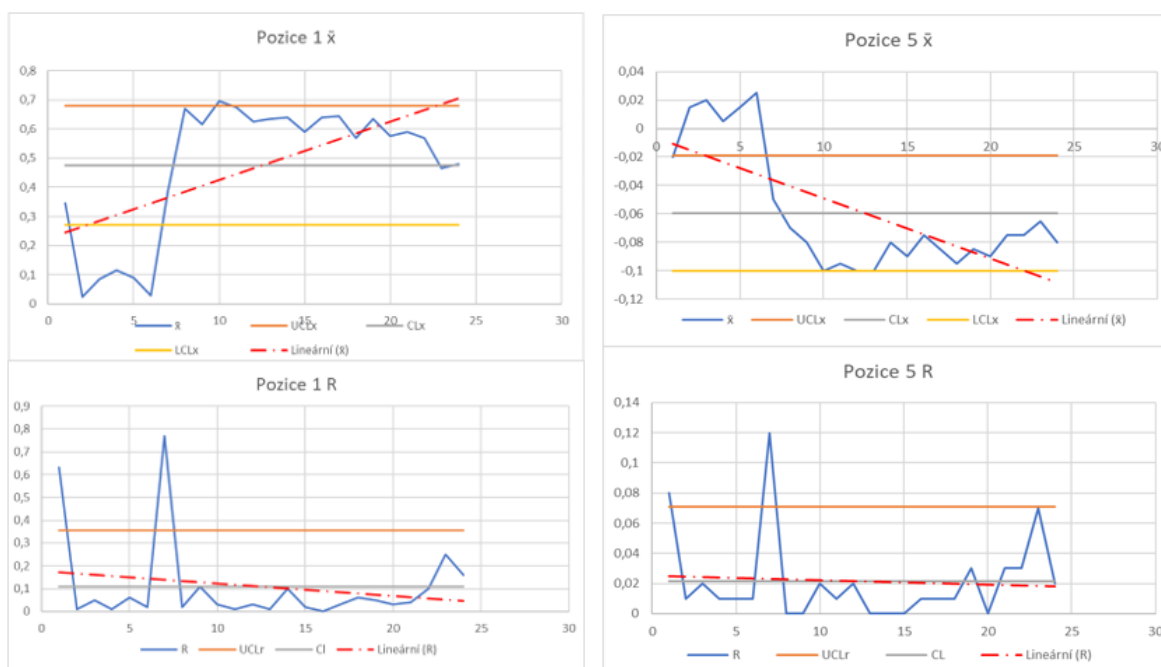


Figure 35 Regulační diagramy pro pozice 1 a 5 na pravé straně po ohybu

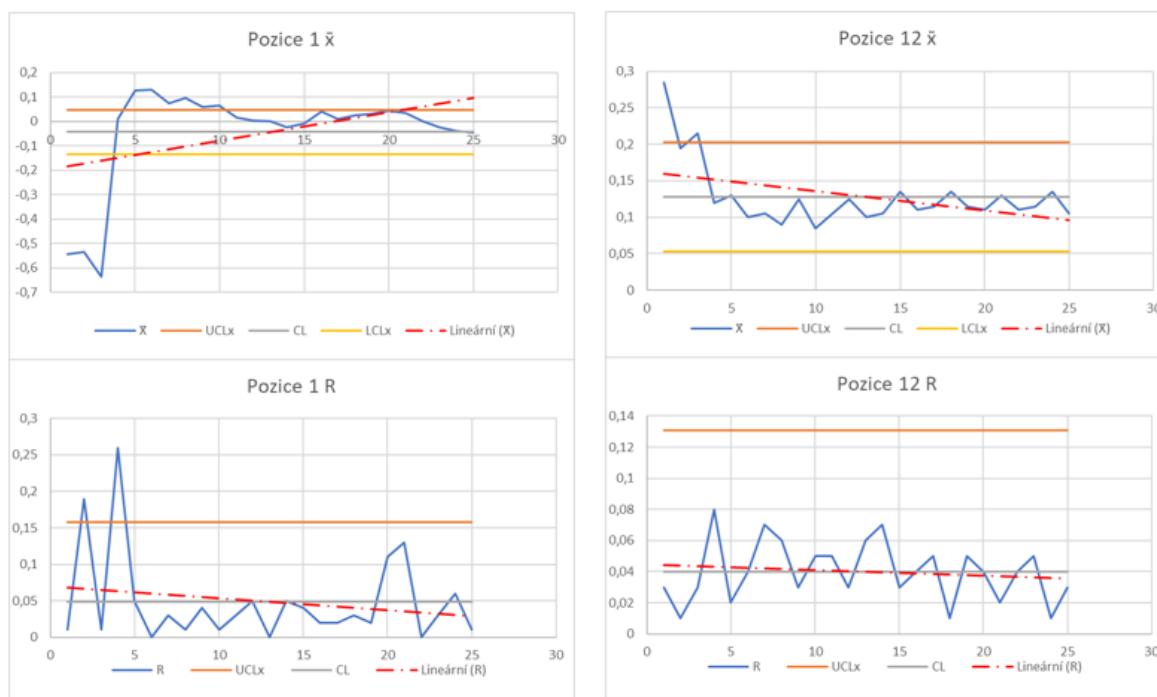


Figure 36 Regulační diagramy pro pozice 1 a 12 na levé straně po ohybu

15.1 Závěr

Při kontrolním měření po ohybu jsem zjistil, že na pravé i levé straně je po určité době výrazná změna hodnot. Díly byly měřeny hned od začátku směny, tudíž na rozměry by mohl mít vliv stroj po spuštění. Je možné, že po spuštění má jiné podmínky než po zahřátí. Doporučuji stroj sledovat a případně je nutná častější údržba stroje.

16 Četnost měření

Četnost měření se řídí dle návodek, pro každý projekt bývá předepsaný jiný interval měření. Ovšem pro hlavní projekty střešních nosičů pro Škoda Auto a.s. je interval kontroly nastaven na 2 hodiny. Po uplynutí 2 hodin se kontrolují všechny kroky od polotovaru až po konečný výrobek, začíná se kontrolou ohybu, poté frézováním a konečné měření nastává po smontování dílu. Celé toto měření zabere mezi 20–30 minutami pro jeden projekt.

Pro frézování a montáž je interval dostačující, technologie frézování je stabilní, jak vyplývá z analýzy. Měli bychom se zaměřit hlavně na technologii ohýbaní, která je velmi nestabilní a hodnoty nám kolísají v rozmezí centimetrů. Ohýbaní je nejdůležitější část výroby, jakmile se díl špatně ohne, už není možné udělat na frézování takovou korekturu, která by zahladila nedostatky vzniklé při ohybu. Jak už z kapitoly Údržba strojů vypovídá,

tak hlavně hodnoty měřených dílů na počátku dávky jsou velmi nestabilní a jsou zde obrovské výkyvy hodnot.

Doporučuji namátkovou kontrolu jednoho dílů z prvních 5 vyrobených, a pak jednoho dílu mezi 15-30 kusem. Zjistí-li se opakovaný výkyv hodnot, budeme mít data k řešení problému s výrobou a samotnou údržbou, která zodpovídá za kvalitu vyráběných dílů. Také navrhuji častější kontrolu dílů po ohybu, snížit interval na jednu za hodinu. Dokud nebudeme mít jistotu stabilní výroby. Střešní nosiče jsou klíčové projekty firmy a jejich kvalita by měla být na prvním místě.

S častější kontrolou nám ovšem vznikne nový problém, a to, jak jsem už zmiňoval, s absolutním vytížením kontroly kvality. Zvýšením četnosti měření by byla potřeba navýšit i kapacity kontroly kvality. Minimální navýšení o půl úvazek na směnu, spadaly by zde povinnosti, jako uvolňování na vedlejších projektech či ostatní práce jako porovnávací zkoušky, opakované měření, sběr dat pro MSA a další činnosti. Firma roste a přibírá další projekty, ovšem kapacity kontroly kvality se nezvětšují, přibývají pouze další povinnosti.

17 Závěr a doporučení

17.1 Doporučení

Analýzou výroby jsem zjistil, že po všech operacích (ohyb, frézování a montáž) a na obou stranách je výroba velmi nestabilní a nezpůsobilá. Nejvíce se nepřesnosti výroby projevovaly na levé přední straně nosiče na střechu pro automobil Škoda Kamiq. Vhodně zvolený postup měření nám zaručí správná a přesná data a dostatek relevantních dat pro výrobu.

Doporučení vhodnosti měření pro firmu AAS Automotive s.r.o. vychází z poznatků a vědomostí nabytých během studia a pracovní stáže ve firmě.

Vliv na přesnost měření vznikající prostředím, lze odstranit těžko, anebo velmi nákladně. Jde hlavně o vlivy, které působí na kontrolu kvality a měřidlo, jako je nekonstantní teplota během roku, znečištění vzduchu na výrobních halách, hluk a vibrace z výroby. Měrky v bezprostřední blízkosti strojů navrhuji přesunout k ostatním měrkám do prostoru, kde nejsou výrobní zařízení.

Používaná měřidla je nutné udržovat a pravidelně čistit od nečistot. Odmašťovat měřidla před každým použitím savou utěrkou a na konci směny čistit lihovým přípravkem. Čištění od mastnoty se týká hlavně výrobní haly v Bakově nad Jizerou a čištění lihovým přípravkem zejména kontroly po montáži v Milovicích, kde zůstává na měřce lepidlo. Kontrolor musí dbát na správný dohled mezi digitálním úchylkoměrem a měrkou na nosič. U měrek ohnutého profilu crossover č. 523 a 524 zadat požadavek na úpravu zakládacího kolíku, jako to je u měrek stejného typu na nových projektech.

Kontrola kvality musí dbát na řádné očištění dílu před měřením, požadovat po obsluze stroje pořádné očištění od třísek, otřepů a mastnoty. A poté ještě sami díl otřít savou utěrkou od mastnoty a provozních kapalin.

Operátorky neboli kontrola kvality jsou plně vytíženy. Na kontrolu kvality byla převedena nová zodpovědnost, a to zápis naměřených dat do PC. Dříve data naměřily a zapsaly do papírového formuláře a poté inženýr výrobní kvality data přepisoval do PC. Tento krok papírového formuláře by šel vynechat poskytnutím malého notebooku nebo tabletu kontrole kvality. Se zvyšujícím počtem projektů vzniká i více práce pro kontrolu kvality, ale kapacity kontroly se nezvyšují. Navrhují zvýšení kapacity kontroly kvality o poloviční úvazek na směnu, která by vypomohla s uvolňováním a kontrolou vedlejších projektů, interními zkouškami, sběru dat na nová MSA atd.

Z výsledků porovnávání starých odlitků a nových „nulových“ je patrné, že při opakovaném a reprodukovatelném měření klesá rozptyl hodnot. Lépe dosedají na frézované díly a můžeme okamžitě posoudit vhodnost námi vyráběných dílů. Dříve jsme nevěděli, zda je neshodný náš díl či odlitek dodavatele.

Uvolňování výroby nyní probíhá na prvním kusu dávky nebo dokud vyráběné díly nejsou shodné. Pravidelná kontrola je nyní nastavena po 2 hodinách výroby pro všechny hlavní projekty včetně projektu A0 Kamiq. Z náměrů vyplývá, že proces ohybu je velmi nestabilní a je nutné stroj sledovat. Abychom měli dostatek dat, tak navrhují snížit dobu mezi jednotlivými kontrolami na 1 hodinu, a taktéž namátkové kontroly na několika kusech po uvolnění. Právě po spuštění stroje jsem pozoroval v mojí analýze největší výkyvy hodnot. Určitě je tedy nutné upozorňovat výrobu a údržbu strojů na problematiku kvality ohybu.

17.2 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval problematikou stanovení vhodnosti měření pro prvovýrobu AAS Automotive s.r.o. Práce se týká kontroly kvality na vyráběných dílech, kontrola probíhá po všech krocích výroby, tyto operace jsou ohyb, frézování a montáž. Závěr a doporučení vychází z teoretických znalostí, z analýzy vyhodnocených náměrů a ze zkušeností nabytých při měření a sběru dat. Nejdříve jsem se s tématem stanovení vhodnosti měření seznámil teoreticky, nastudoval jsem materiály, zákony a směrnice vztahující se k tomuto tématu. Podrobně jsem si prostudoval sbírku MSA – Analýza systému měření. Poté jsem přešel k praktické části, kde jsem zpočátku sbíral data z měření o vyráběných dílech. Popsal jsem kvalitu vyráběných dílů, porovnal návaznosti mezi jednotlivými operacemi a taktéž levou a pravou stranu. Při měření, na kterém jsem strávil desítky hodin, jsem si dostatečně osahal a vyzkoušel současný systém měření v AAS Automotive s.r.o. Schraňoval jsem a analyzoval poznatky z těchto měření. Posuzoval jsem vlivy na měření, ať už se jedná o operátory, prostředí, díl či samotné měřicí zařízení. Dále jsem navrhoval a zkoušel vylepšení systému, zkoumal jsem vliv směnnosti. Z těchto všech poznatků jsem navrhl doporučení na zlepšení systému měření pro prvovýrobu v AAS Automotive s.r.o.

Nejdůležitější body doporučení jsou:

- přesunutí měřicích zařízení z bezprostřední blízkosti strojů a VZV,
- častá údržba a čištění měřicích zařízení,
- správné zacházení s měřidly a kontrola správnosti měření,
- přepracovat zakládající kolík na měrkách č. 523 a 524,
- řádné čištění dílů před kontrolou,
- zjednodušení zapisování dat,
- zvýšení kapacity kontroly kvality,
- začít používat „nulové“ velmi přesné odlitky během kontroly,
- častější kontrola po ohybu a namátková kontrola po uvolnění dávky.

18 Seznam použité literatury

- [1] Analýza systému měření (MSA). 4. vyd., Praha: Česká společnost pro jakost, 2010, 231s.ISBN 978-80-02-02326-5.
- [2] Vhodnost kontrolních procesů (VDA5). 2010. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02307-4.
- [3] NENADÁL, Jaroslav a kol. Management kvality pro 21. století. 2018. Praha: Management press, 2015. ISBN 978-89-7261-561-2
- [4] NENADÁL, Jaroslav a kol. Moderní management jakosti. 2015. Praha: Management press, 2015. ISBN 978-80-7261-186-7
- [5] ARTHUR, Jay. Lean Six Sigma Demystified. 2007. United America: McGraw Hill, 2007. ISBN 978-0-07-174909-1.
- [6] Metrology – in short 3rd edition [online]. 2008. Denmark: Euramet, 2008 [cit. 2020-04-19]. ISBN 978-87-988154-5-7. Dostupné z: https://www.euramet.org/index.php?eID=tx_securedownloads&p=455&u=0&g=0&t=1626787558&hash=cf71f04ecb3f33ec21f9b6ffb0266087d845a200&file=Media/docs/Publications/Metrology_in_short_3rd_ed.pdf
- [7] BLÁHA, Lukáš. Metrologický řád. Milovice: AAS Automotive s.r.o, 2018.
- [8] Zákon č. 505/1990 zákon o metrologii 16. listopadu 1990
- [9] Mezinárodní metrologický slovník (VIM), TNI 01 0115. Přeloženo z anglického originálu:JCGM 200:2008 Evaluation of measurement data. Vyd. v pdf. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [10] HENDL, J., Přehled statistických metod, 3.vyd. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-482-3.
- [11] LUDVÍK, Vladimír. Nejistoty měření. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005. Sborníky technické harmonizace.

[12] AAS Automotive [online]. [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.aas-automotive.cz/>

19 Seznam obrázků a grafů (Figure)

Figure 1 Řetězec metrologické návaznosti [6]	9
Figure 2 Stabilita polohy [1].....	15
Figure 3 Strannost systému měření [1].....	16
Figure 4 Reprodukovatelnost systému měření [1].....	18
Figure 5 Opakovatelnost systému měření [1].....	19
Figure 6 Variační rozpětí třech operátorů.....	22
Figure 7 Pozice na měření v přední části nosič	27
Figure 8 Pozice bodů na měření ve střední a zadní části.....	28
Figure 9 Poslední měřený bod v zadní části	28
Figure 10 Pozice na měření výšky spáry po frézování	29
Figure 11 Pozice na měření ohybu po frézování	29
Figure 12 Pozice na měření výšky spáry, přední část, pohled shora.....	29
Figure 13 Pozice na měření výšky spáry, přední část, boční pohled.....	30
Figure 14 Pozice na měření výšky spáry, zadní část, pohled shora	30
Figure 15 Pozice na měření výšky spáry, zadní část, boční pohled	30
Figure 16 Regulační diagram pro pozice 1 a 2	32
Figure 17 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2.....	33
Figure 18 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2.....	35
Figure 19 Regulační diagramy pro výšku spáry, pozice 1 a 2.....	36
Figure 20 Hodnoty pro pozice 1 a 2	37
Figure 21 Regulační diagramy pro pozice 1 a 2	37
Figure 22 Regulační diagramy pro výšku spáry na pozicích 1 a 2.....	38
Figure 23 Regulační diagramy pro výšku spáry na pozici 1 a 2	39
Figure 24 Regulační diagramy spáry pro pozice 1 a 2	40
Figure 25 Detail kolize měřky s dílem	49

Figure 26 Zasouvací usazovací kolík	49
Figure 27 Histogram ukázka	51
Figure 28 Histogramy pro směny 4 a 5	52
Figure 29 Histogramy pro směnu 26 a moje měření	52
Figure 30 Histogramy pro směny 4 a 5 (frézovaná část).....	53
Figure 31 Histogram pro směnu 26	53
Figure 32 Body měření při zkoušce.....	54
Figure 33 Body měření při zkoušce boční pohled.....	54
Figure 34 šipky zobrazují směry vůle při montáži	56
Figure 35 Regulační diagramy pro pozice 1 a 5 na pravé straně po ohybu.....	57
Figure 36 Regulační diagramy pro pozice 1 a 12 na levé straně po ohybu.....	58

20 Seznam tabulek

Tabulka 1 Hodnocení systému měření	21
Tabulka 2 Variační rozpětí třech operátorů	22
Tabulka 3 Hodnocení systému měření 2	26
Tabulka 4 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	33
Tabulka 5 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	36
Tabulka 6 Porovnání hodnot mezi přední a zadní spárou	36
Tabulka 7 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	37
Tabulka 8 Průměrné hodnoty pro jednotlivé body levé strany.....	38
Tabulka 9 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	39
Tabulka 10 Porovnání přední a zadní strany po frézování	39
Tabulka 11 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	40
Tabulka 12 Hodnoty pro pozice 1 a 2.....	41
Tabulka 13 Porovnání hodnot mezi přední a zadní stranou	41
Tabulka 14 Porovnání hodnot mezi operacemi frézování a montáž	42
Tabulka 15 Porovnání hodnot operací frézování a montáž na levé straně	43
Tabulka 16 Průměrné hodnoty po ohybu levá/pravá strana	44
Tabulka 17 Výsledky měření z kalibrační laboratoře.....	47
Tabulka 18 Hodnoty pro jednotlivé směny	51
Tabulka 19 Hodnoty pro jednotlivé směny (frézovaná část).....	53
Tabulka 20 Výsledky měření levá strana	55
Tabulka 21 Výsledky měření na pravé straně	55

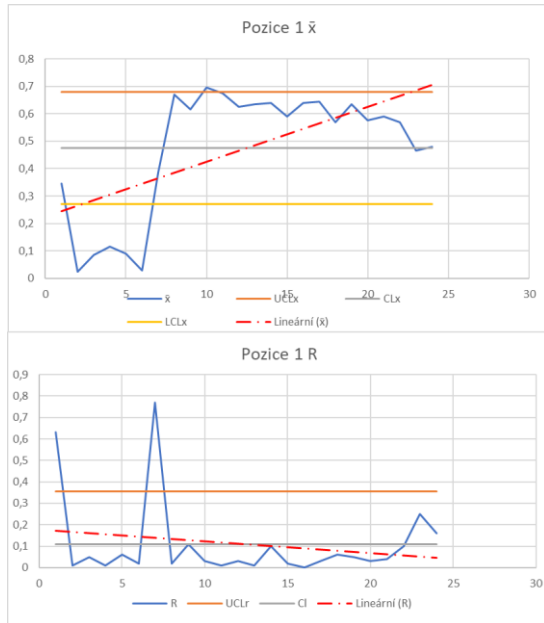
21 Seznam příloh

a) Ohyb pravá strana	i
b) Frézování pravá strana	v
c) Zástavbová zkouška pravé strany před PÚ Bakov	vii
d) Montáž pravé strany po PÚ v Milovicích	xii
e) Zástavbová zkouška pravé strany po PÚ Bakov	xvi
f) Ohyb levá strana	xx
g) Frézování levá strana	xxiv
h) Zástavbová zkouška levé strany před PÚ Bakov	xxvii
i) Montáž levé strany po PÚ v Milovicích	xxi
j) Zástavbová zkouška levé strany po PÚ Bakov	xxv

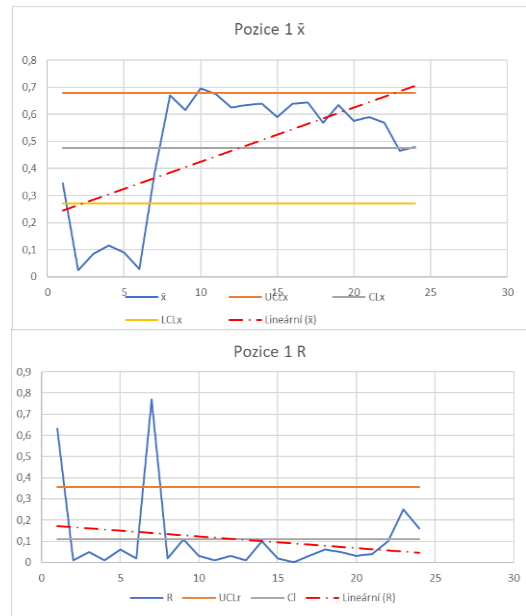
Příloha

a) Ohyb pravá strana:

Pozice 1 (Y):

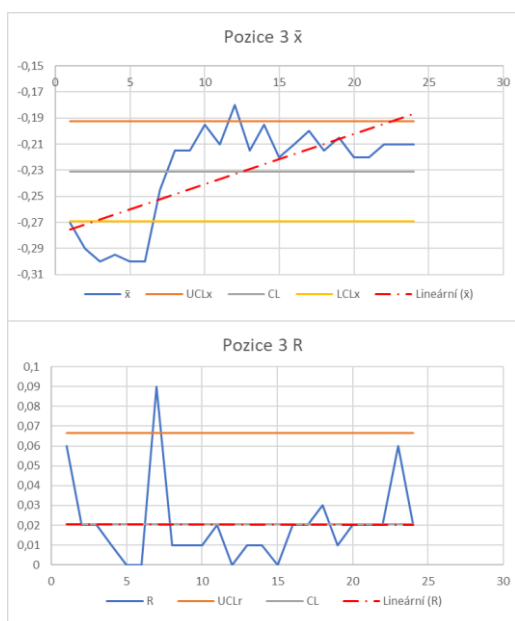


Pozice 2 (Z):

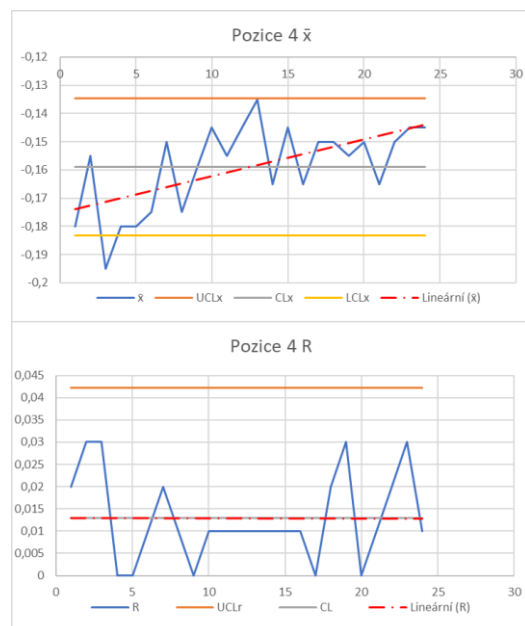


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	0,475	-0,347	-0,231	-0,159
Xmax [mm]	0,770	-0,230	-0,180	-0,130
Xmin [mm]	0,000	-0,540	-0,310	-0,210
R [mm]	0,770	0,310	0,130	0,080

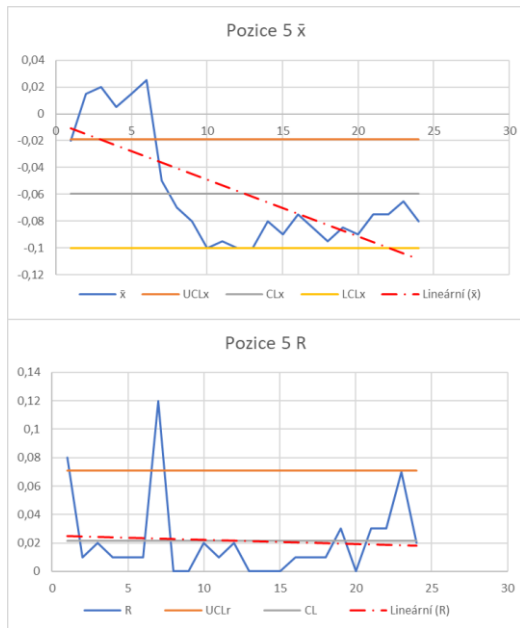
Pozice 3 (Z):



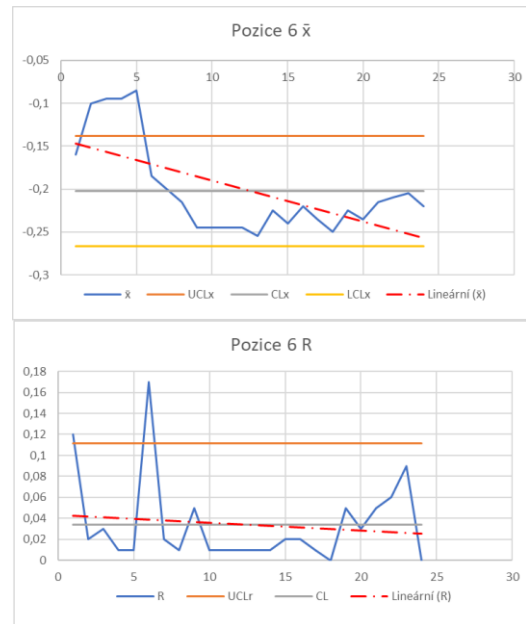
Pozice 4 (Z):



Pozice 5 (Z):

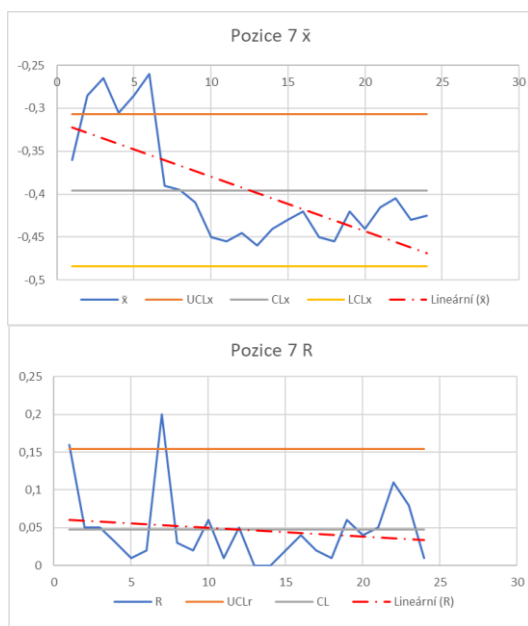


Pozice 6 (Z):

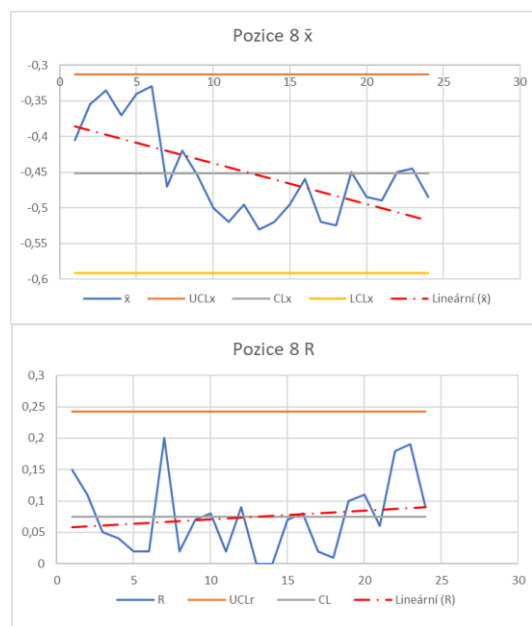


	Pozice 5	Pozice 6	Pozice 7	Pozice 8
\bar{x} [mm]	-0,060	-0,202	-0,396	-0,452
Xmax [mm]	0,030	-0,080	-0,240	-0,300
Xmin [mm]	-0,110	-0,270	-0,490	-0,570
R [mm]	0,140	0,190	0,250	0,270

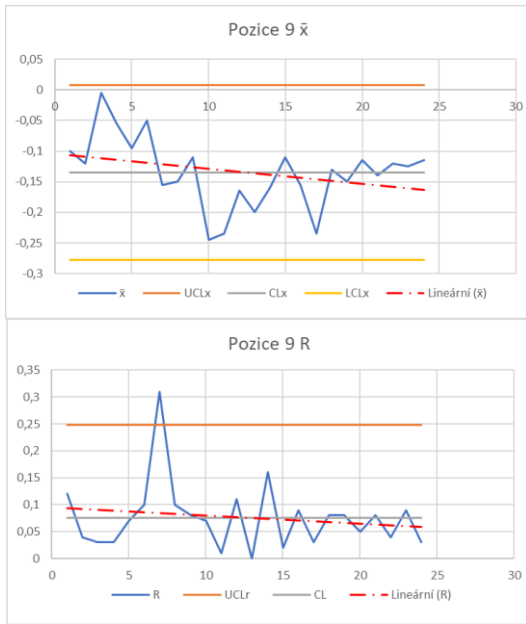
Pozice 7 (Z):



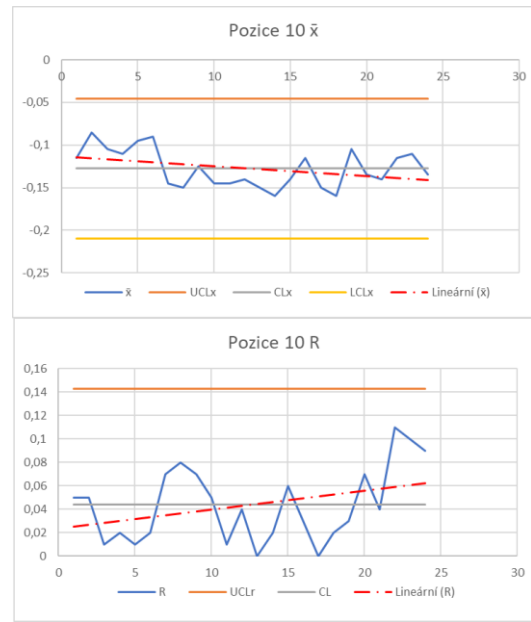
Pozice 8 (Z):



Pozice 9 (Y):

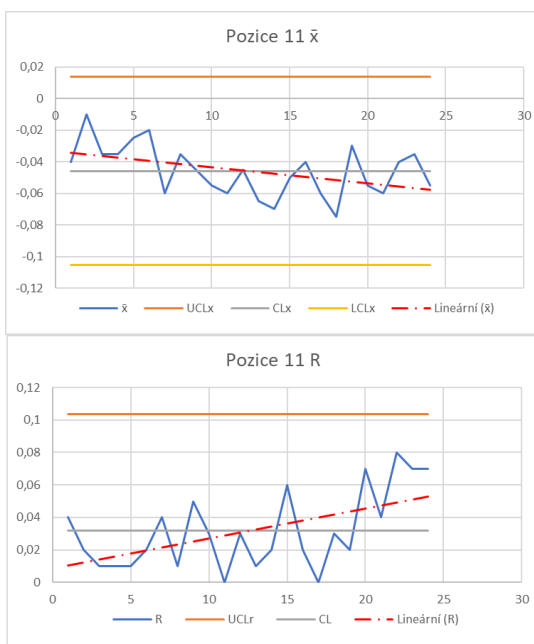


Pozice 10 (Z):

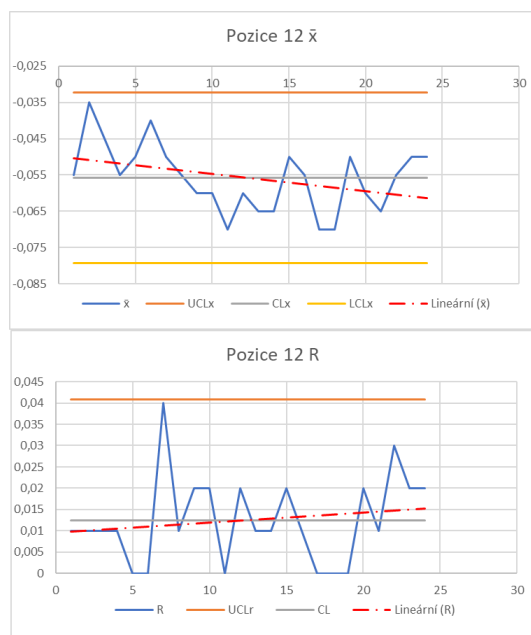


	Pozice 9	Pozice 10	Pozice 11	Pozice 12
\bar{x} [mm]	-0,135	-0,12771	-0,04583	-0,05583
Xmax [mm]	0,01	-0,06	0	-0,03
Xmin [mm]	-0,31	-0,19	-0,09	-0,07
R [mm]	0,32	0,13	0,09	0,04

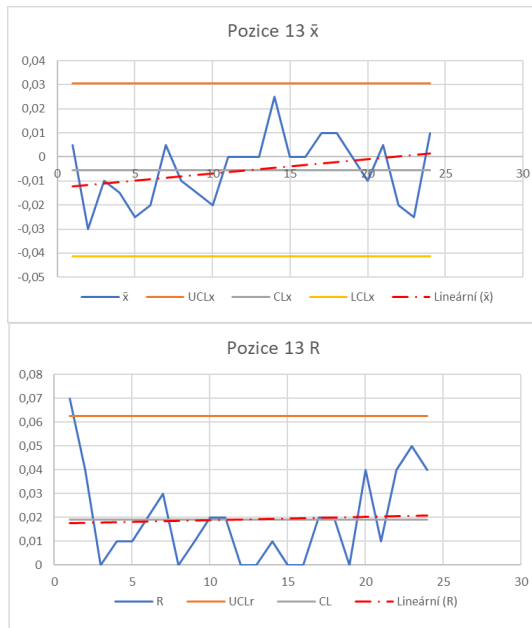
Pozice 11 (Z):



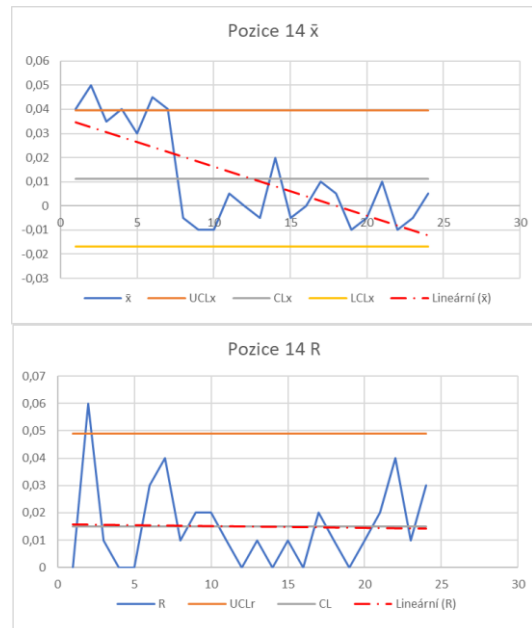
Pozice 12 (Z):



Pozice 13 (Z):

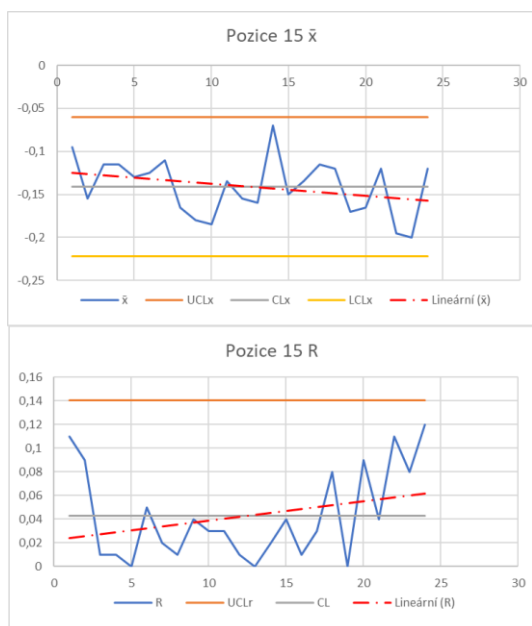


Pozice 14 (Z):

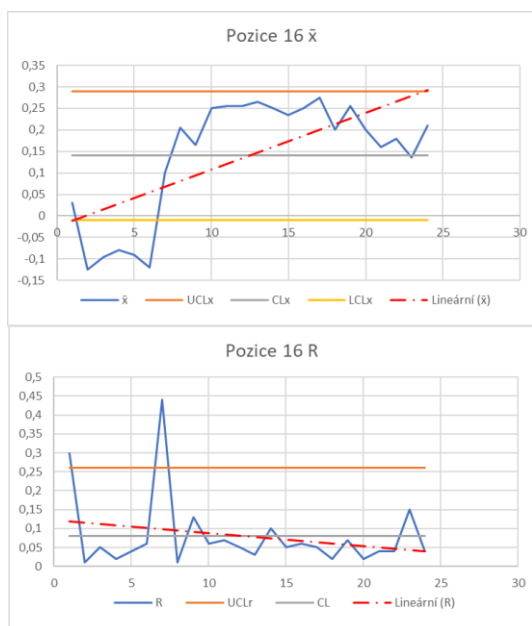


	Pozice 13	Pozice 14	Pozice 15	Pozice 16
\bar{x} [mm]	-0,00542	0,01125	-0,14104	0,140208
Xmax [mm]	0,04	0,08	-0,04	0,32
Xmin [mm]	-0,05	-0,03	-0,25	-0,15
R [mm]	0,09	0,11	0,21	0,47

Pozice 15 (Z):

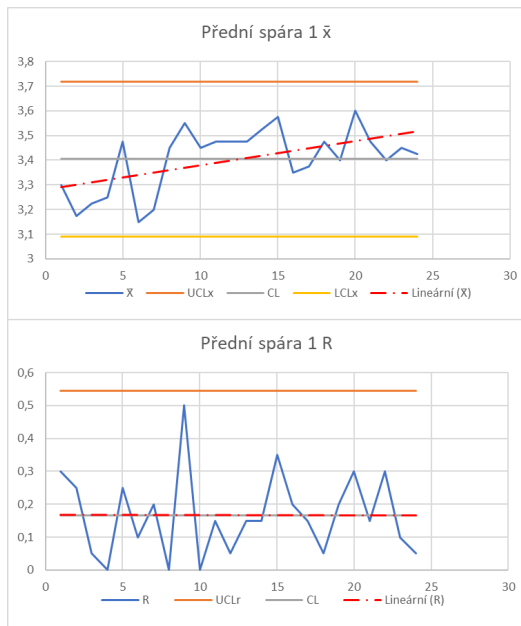


Pozice 16 (Y):

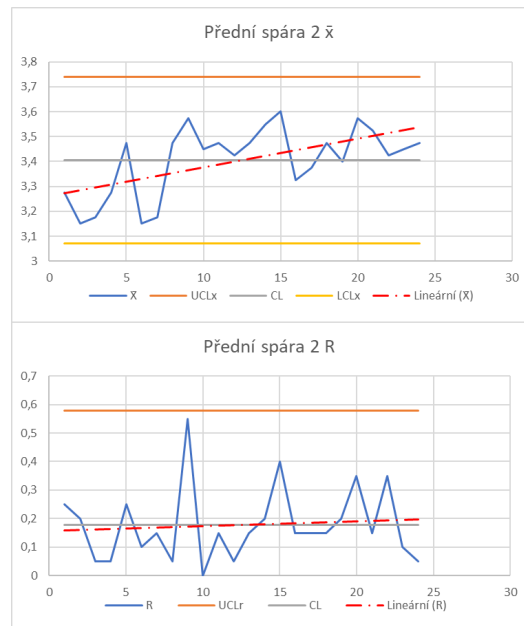


b) Frézování pravá strana:

Přední spára pozice 1:

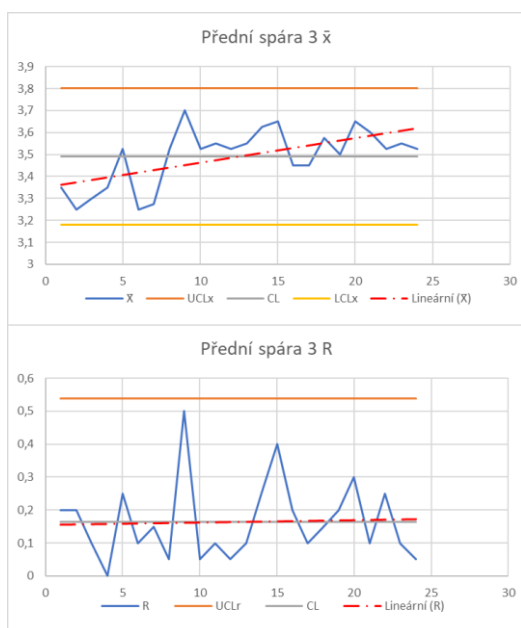


Přední spára pozice 2:

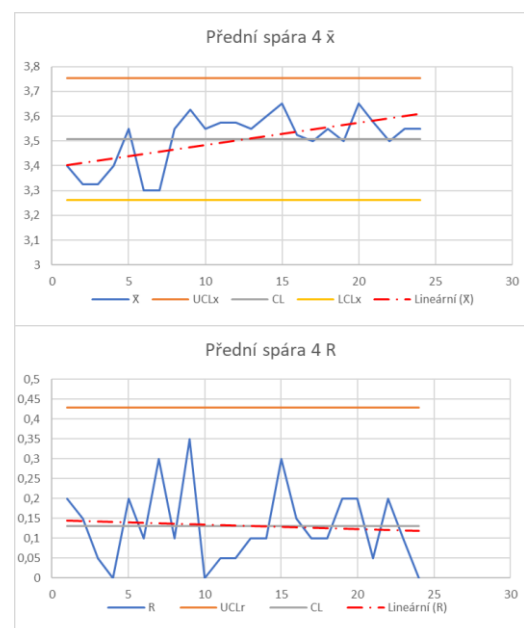


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,404	3,405	3,497	3,512
Xmax [mm]	3,8	3,85	3,95	3,8
Xmin [mm]	3,05	3,05	3,15	3,15
R [mm]	0,75	0,8	0,8	0,65

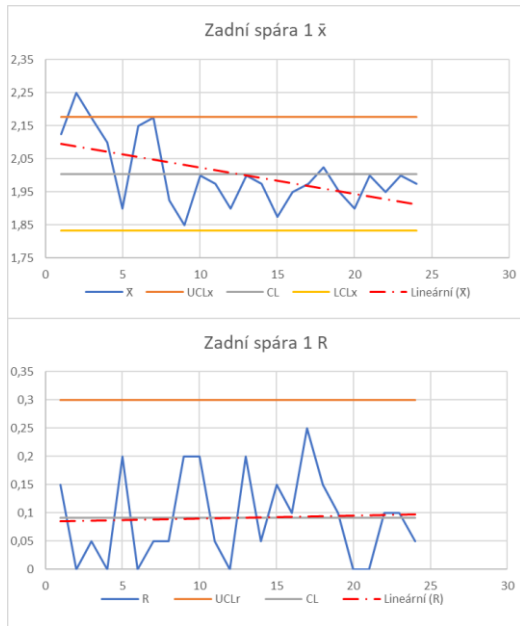
Přední spára pozice 3:



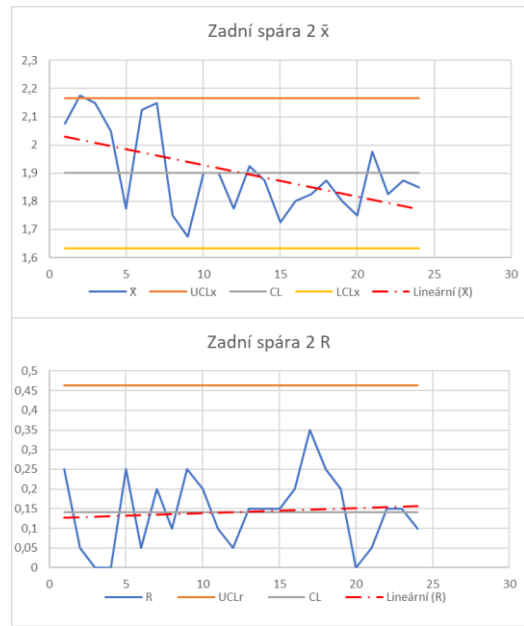
Přední spára pozice 4:



Zadní spára pozice 1:

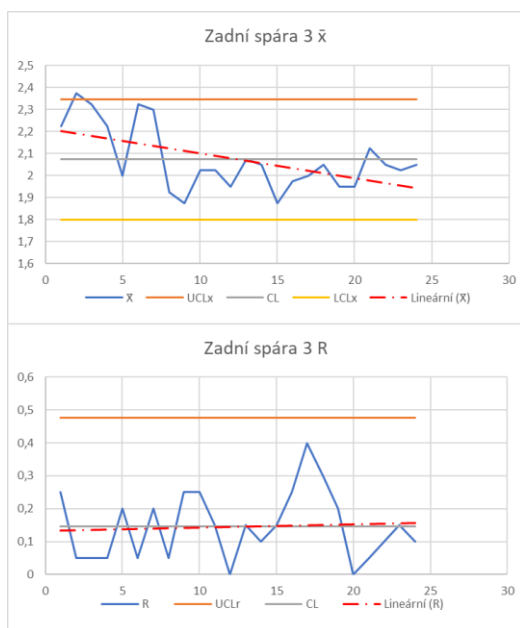


Zadní spára pozice 2:

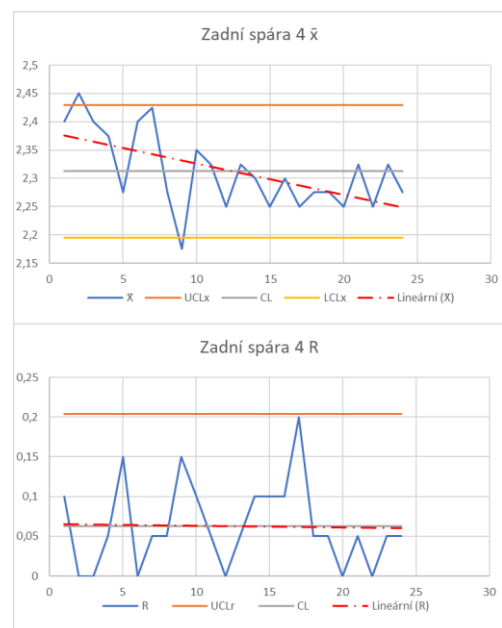


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,004	1,900	2,074	2,313
Xmax [mm]	2,25	2,25	2,4	2,45
Xmin [mm]	1,75	1,55	1,75	2,1
R [mm]	0,5	0,7	0,65	0,35

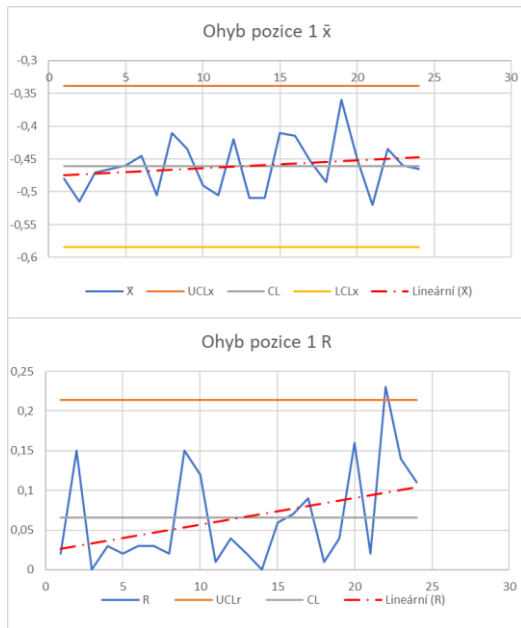
Zadní spára pozice 3:



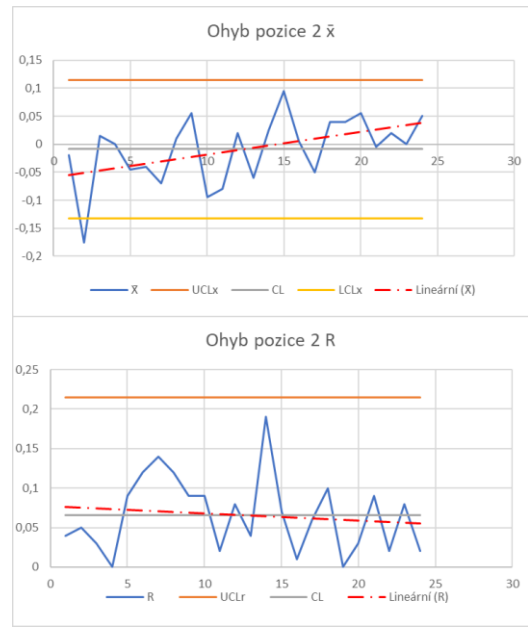
Zadní spára pozice 4:



Ohyb pozice 1 (Z):

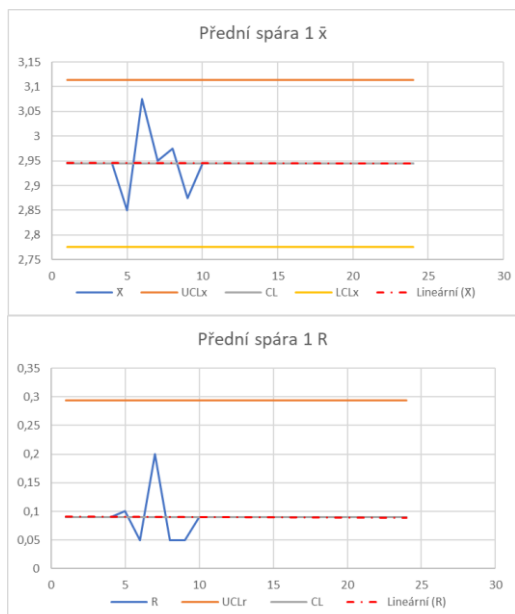


Ohyb pozice 2 (Y):

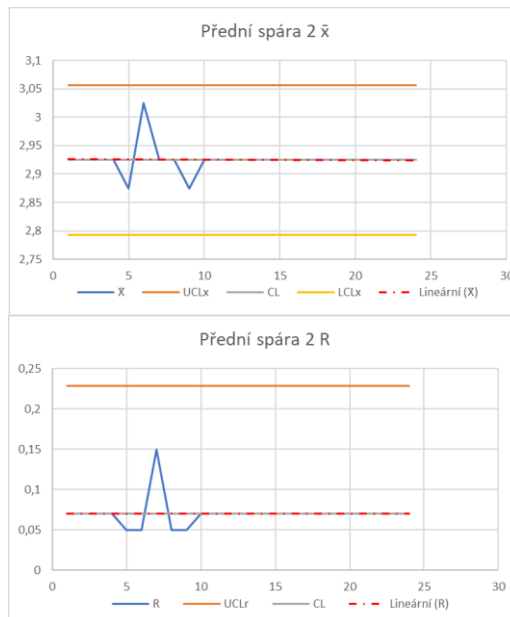


c) Zástavbová zkouška pravé strany před PÚ Bakov

Přední spára pozice 1:

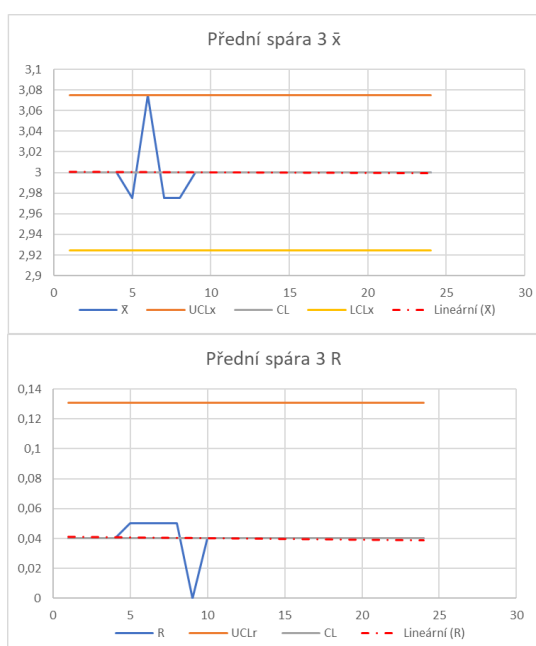


Přední spára pozice 2:

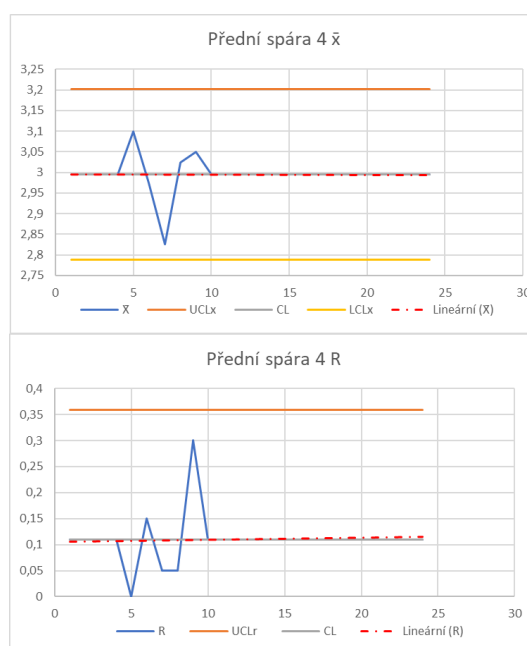


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,945	2,925	3	2,995
Xmax [mm]	3,1	3,05	3,1	3,2
Xmin [mm]	2,8	2,85	2,95	2,8
R [mm]	0,3	0,2	0,15	0,4

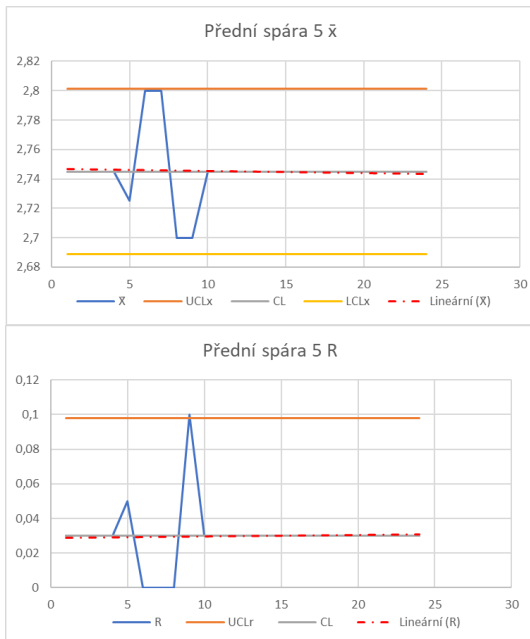
Přední spára pozice 3:



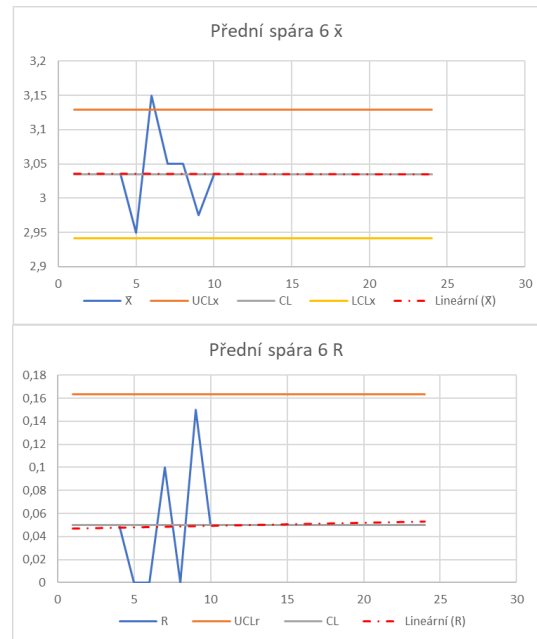
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

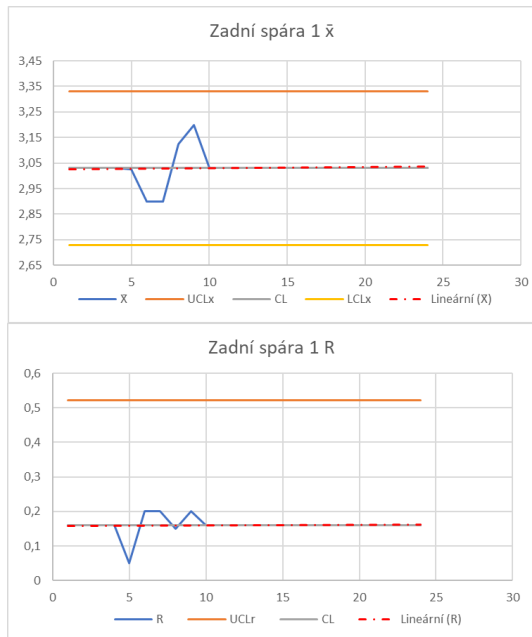


Přední spára pozice 6:

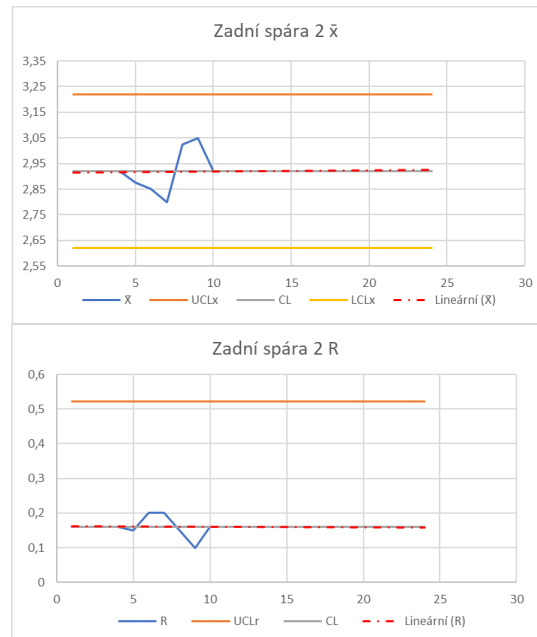


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,745	3,035
Xmax [mm]	2,8	3,15
Xmin [mm]	2,65	2,9
R [mm]	0,15	0,25

Zadní spára pozice 1:

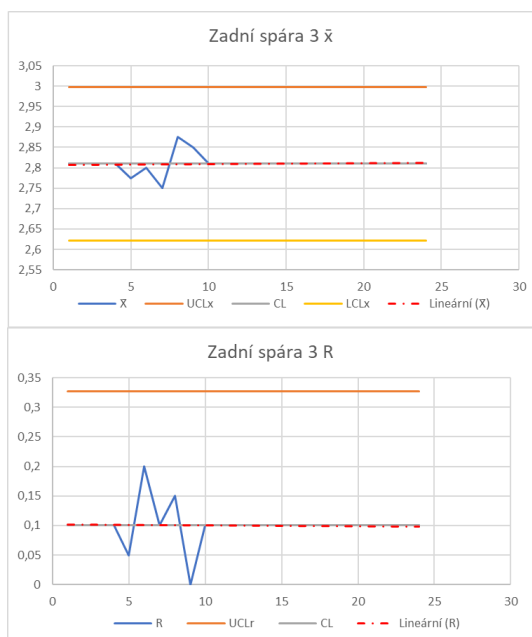


Zadní spára pozice 2:

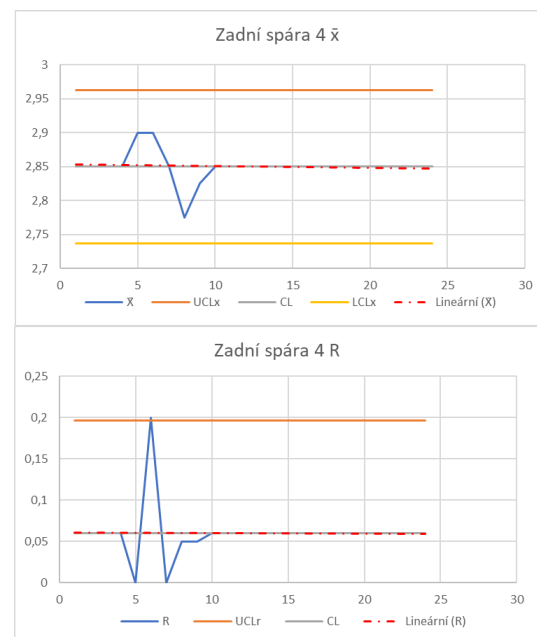


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,03	2,92	2,81	2,85
Xmax [mm]	3,3	3,1	2,95	3
Xmin [mm]	2,8	2,7	2,7	2,75
R [mm]	0,5	0,4	0,25	0,25

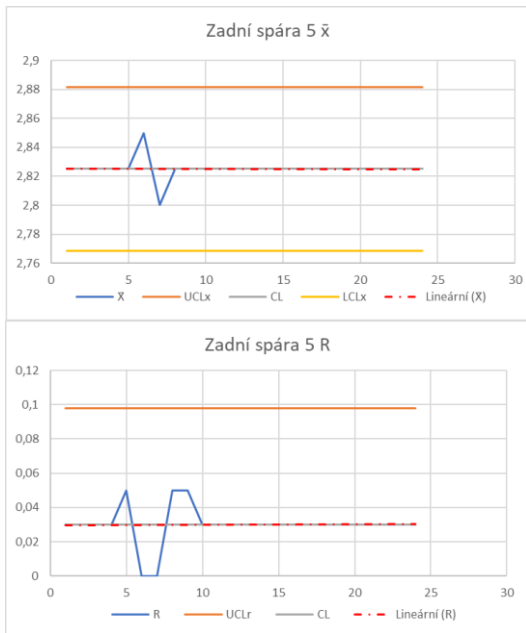
Zadní spára pozice 3:



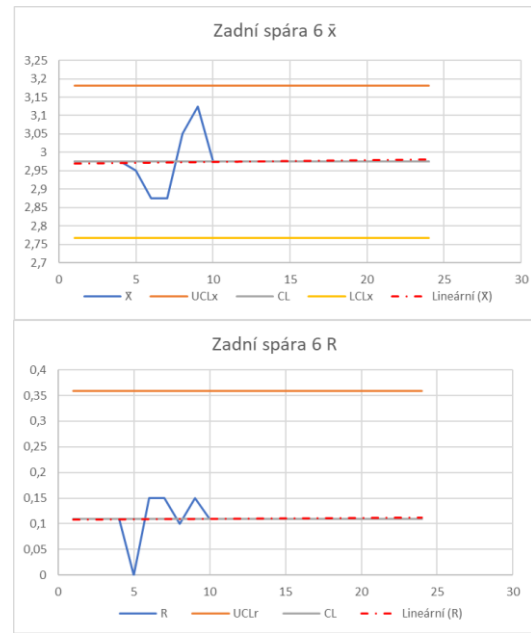
Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:



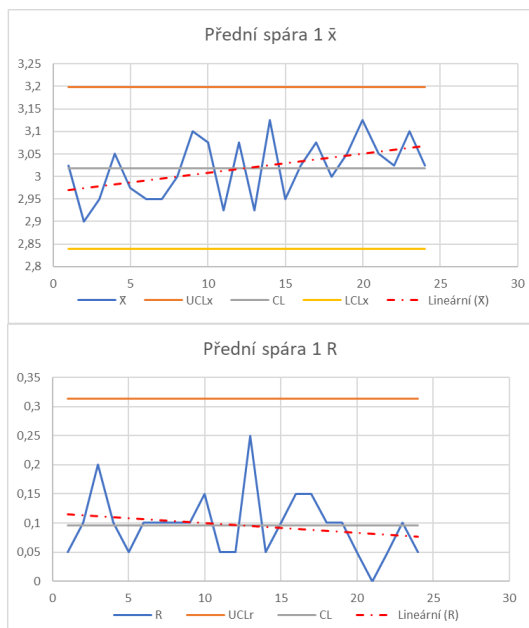
Zadní spára pozice 6:



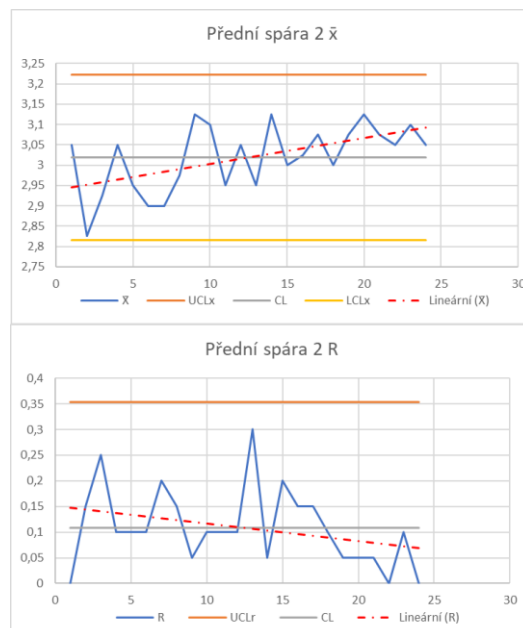
	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,825	2,975
X_{max} [mm]	2,85	3,2
X_{min} [mm]	2,8	2,8
R [mm]	0,05	0,4

d) Montáž pravé strany po PÚ v Milovicích

Přední spára pozice 1:

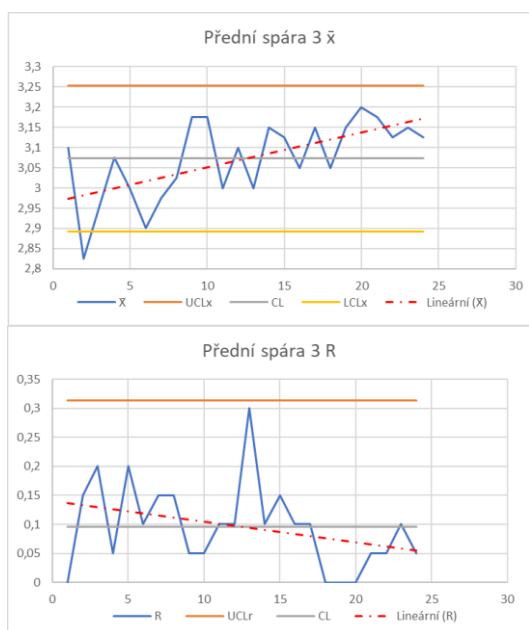


Přední spára pozice 2:

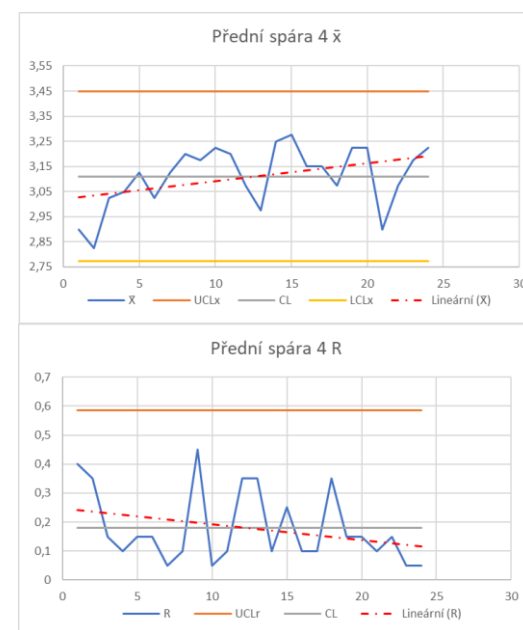


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,019	3,019	3,073	3,110
Xmax [mm]	3,15	3,15	3,2	3,4
Xmin [mm]	2,8	2,75	2,75	2,65
R [mm]	0,35	0,4	0,45	0,75

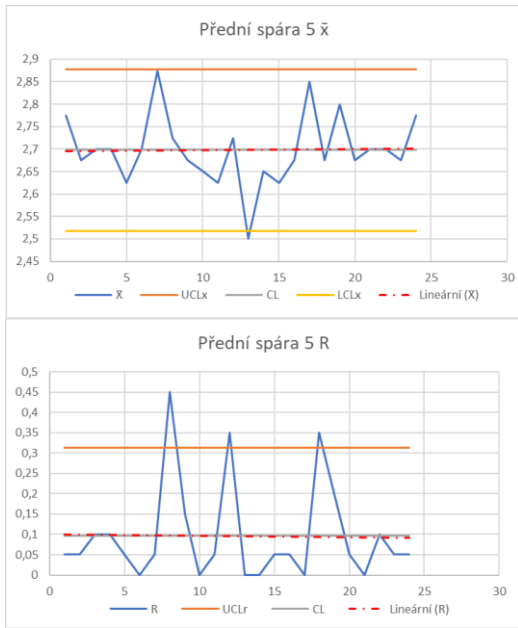
Přední spára pozice 3:



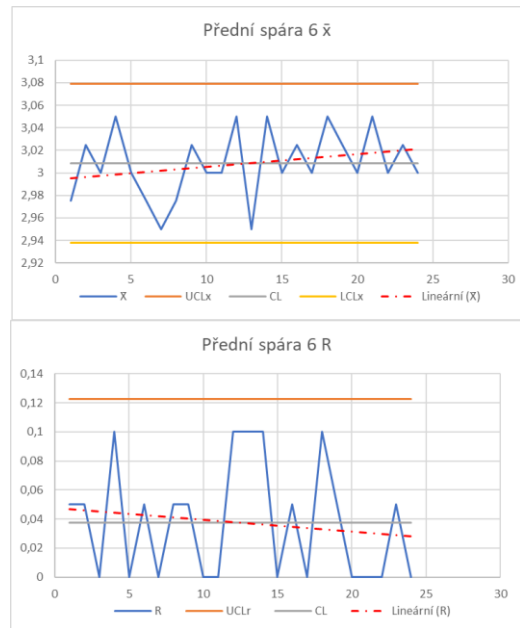
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

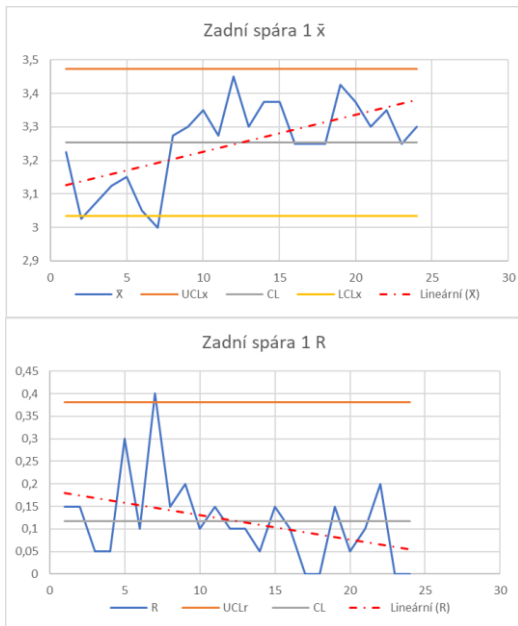


Přední spára pozice 6:

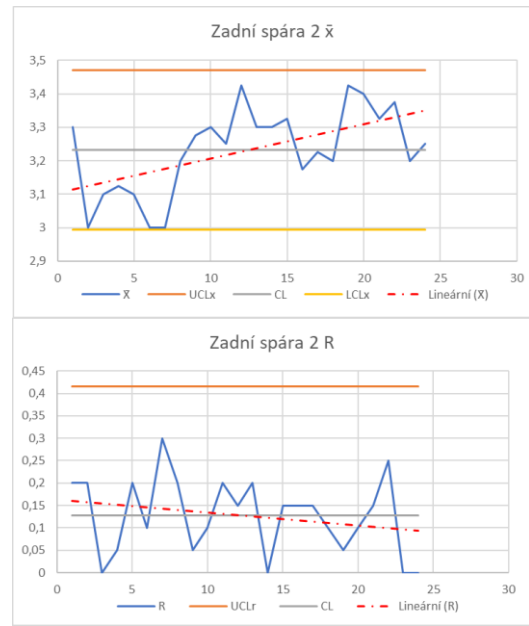


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,698	3,008
Xmax [mm]	2,95	3,1
Xmin [mm]	2,5	2,9
R [mm]	0,45	0,2

Zadní spára pozice 1:

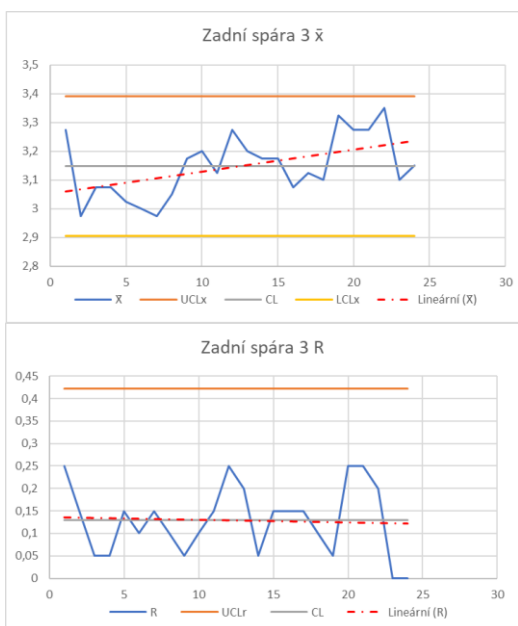


Zadní spára pozice 2:

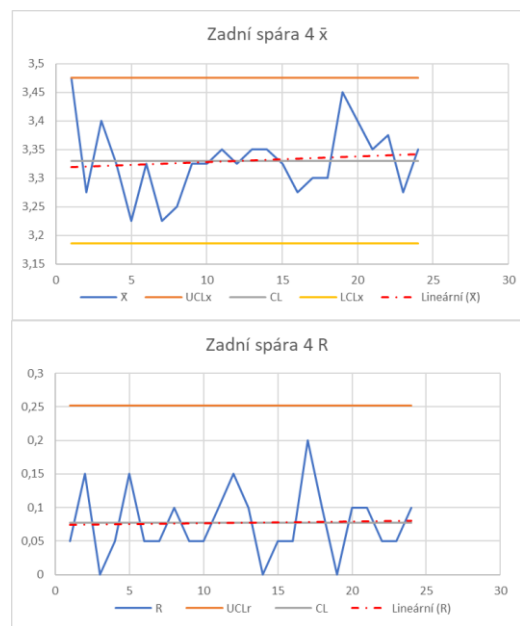


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,254	3,232	3,148	3,330
Xmax [mm]	3,5	3,5	3,45	3,5
Xmin [mm]	2,8	2,85	2,9	3,15
R [mm]	0,7	0,65	0,55	0,35

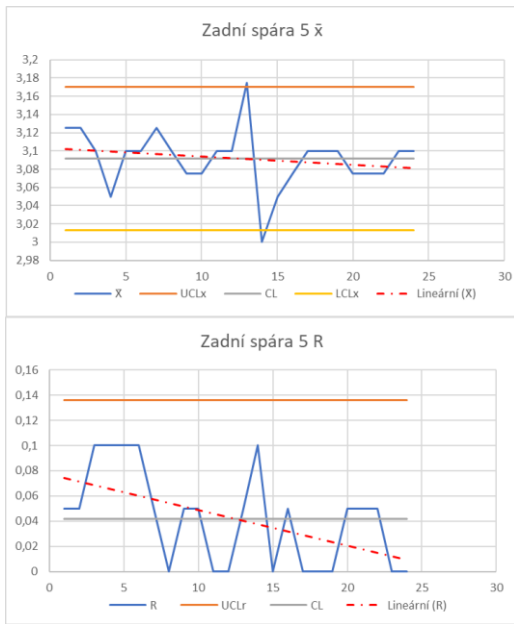
Zadní spára pozice 3:



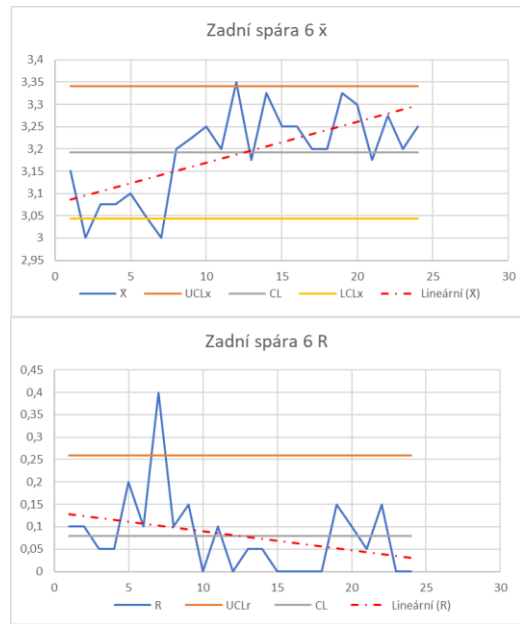
Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:



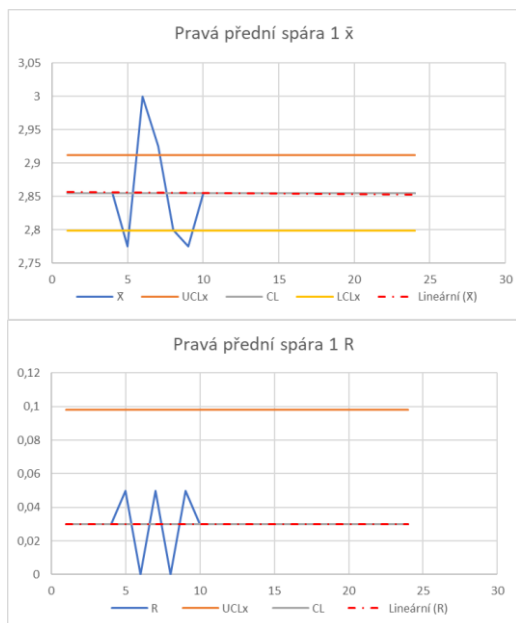
Zadní spára pozice 6:



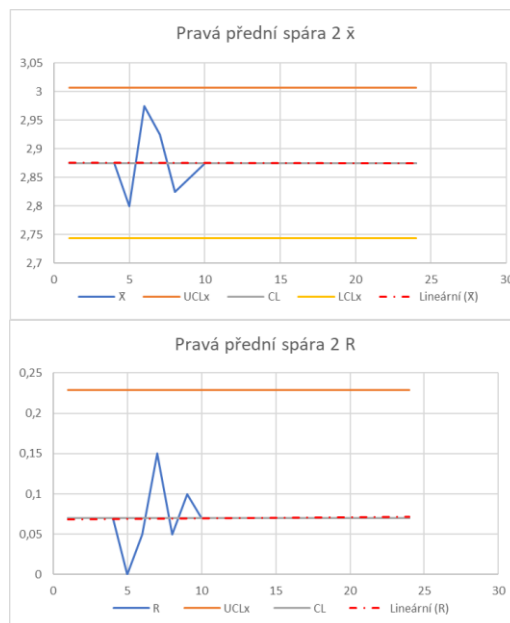
	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	3,092	3,192
X_{max} [mm]	3,2	3,4
X_{min} [mm]	2,95	2,8
R [mm]	0,25	0,6

e) Zástavbová zkouška pravé strany po PÚ Bakov

Přední spára pozice 1:

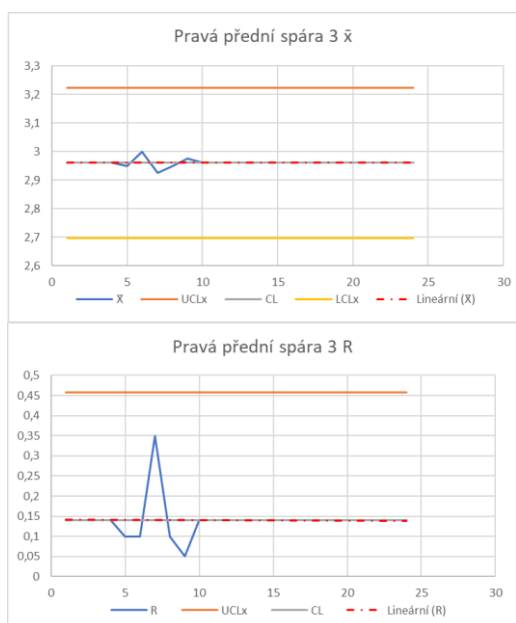


Přední spára pozice 2:

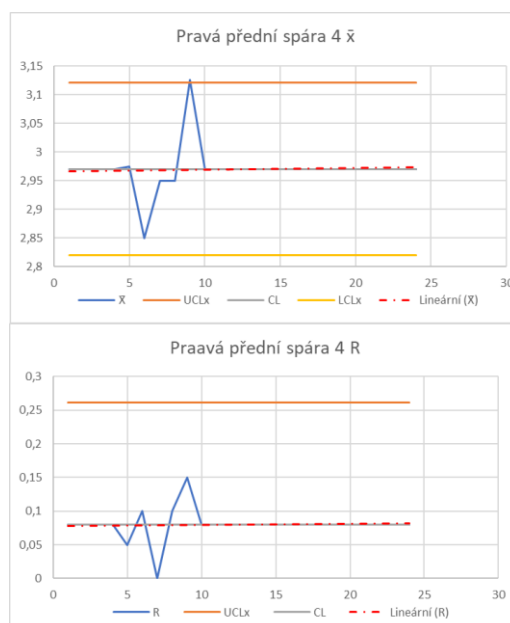


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,855	2,875	2,96	2,97
X_{max} [mm]	3	3	3,1	3,2
X_{min} [mm]	2,75	2,8	2,75	2,8
R [mm]	0,25	0,2	0,35	0,4

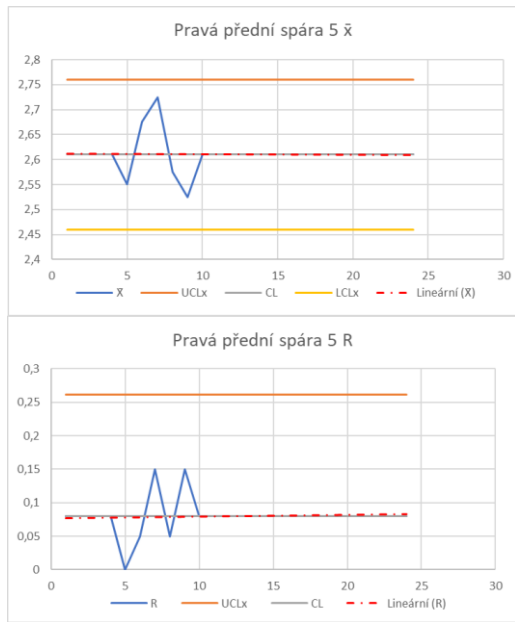
Přední spára pozice 3:



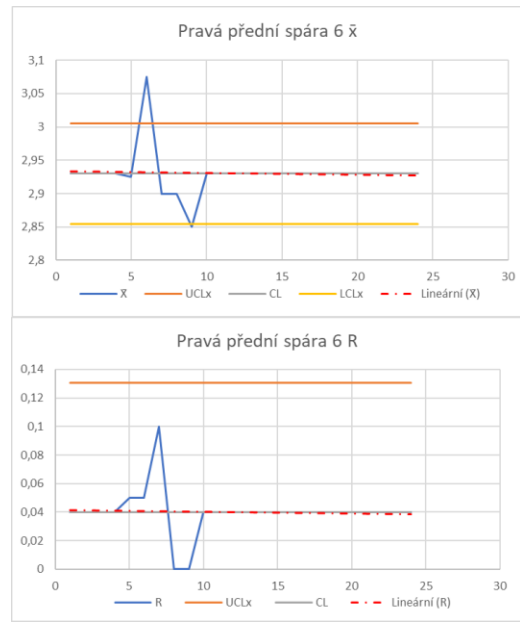
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

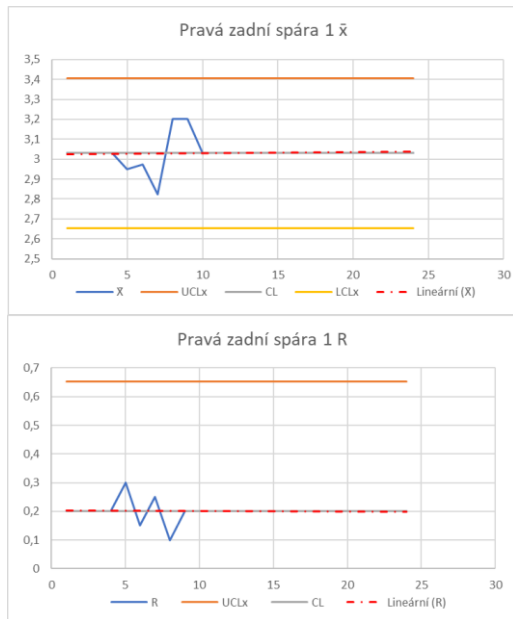


Přední spára pozice 6:

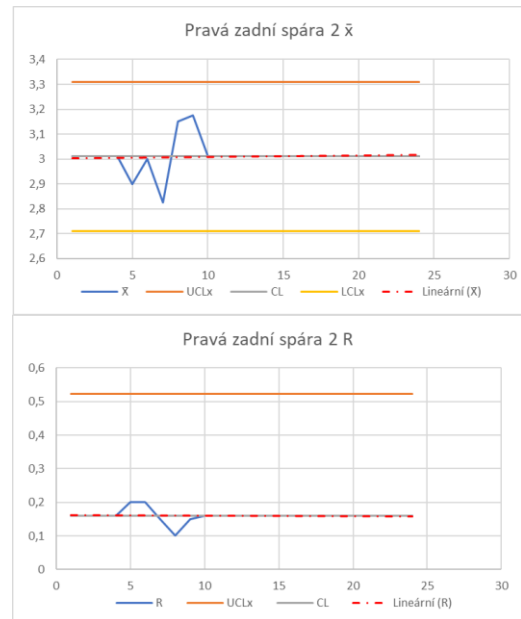


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,61	2,93
Xmax [mm]	2,8	3,1
Xmin [mm]	2,45	2,85
R [mm]	0,35	0,25

Zadní spára pozice 1:

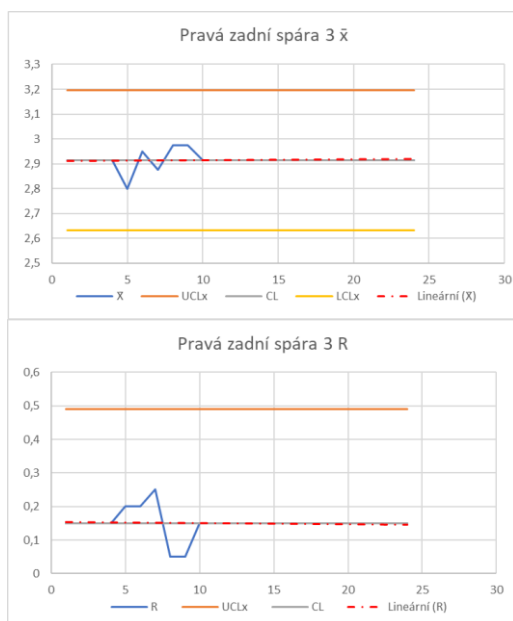


Zadní spára pozice 2:

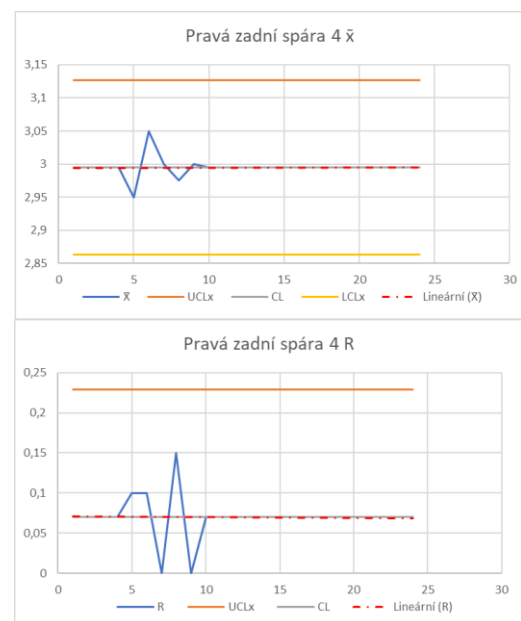


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,03	3,01	2,915	2,995
X_{max} [mm]	3,3	3,25	3,05	3,1
X_{min} [mm]	2,7	2,75	2,7	2,9
R [mm]	0,6	0,5	0,35	0,2

Zadní spára pozice 3:

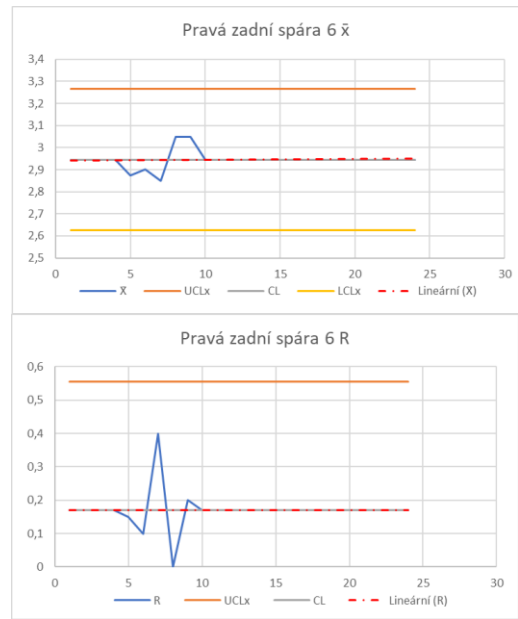
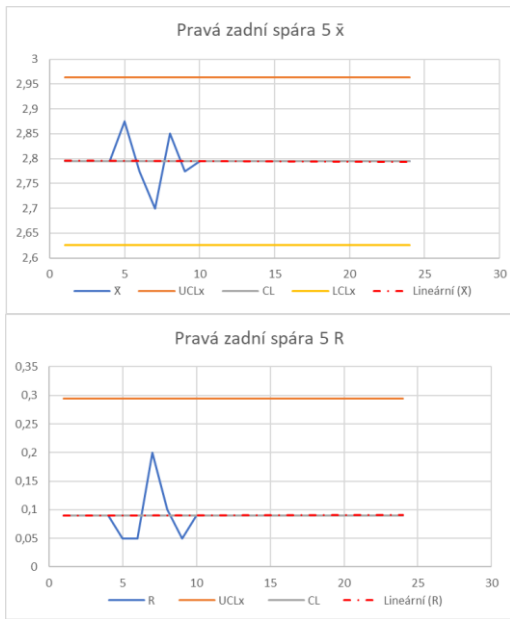


Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:

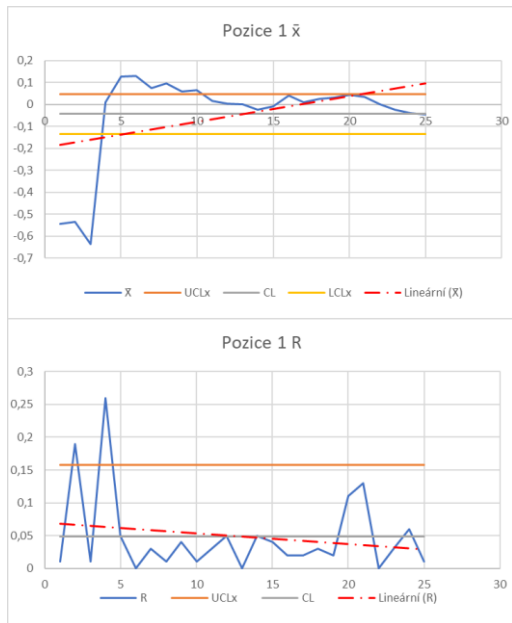
Zadní spára pozice 6:



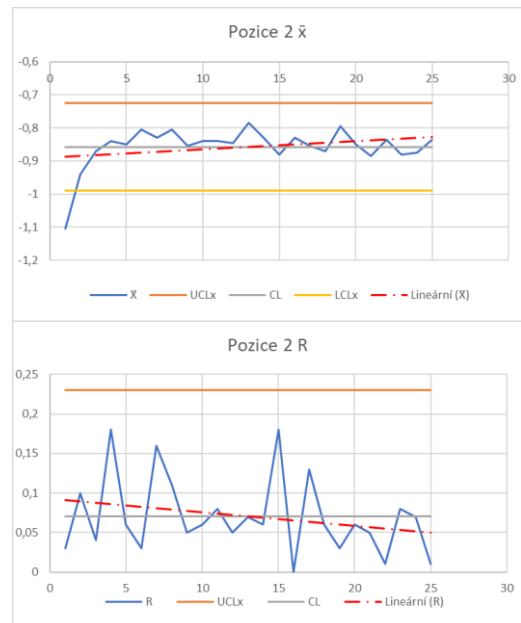
	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,795	2,945
Xmax [mm]	2,9	3,15
Xmin [mm]	2,6	2,65
R [mm]	0,3	0,5

f) Ohyb levá strana

Pozice 1 (Y):

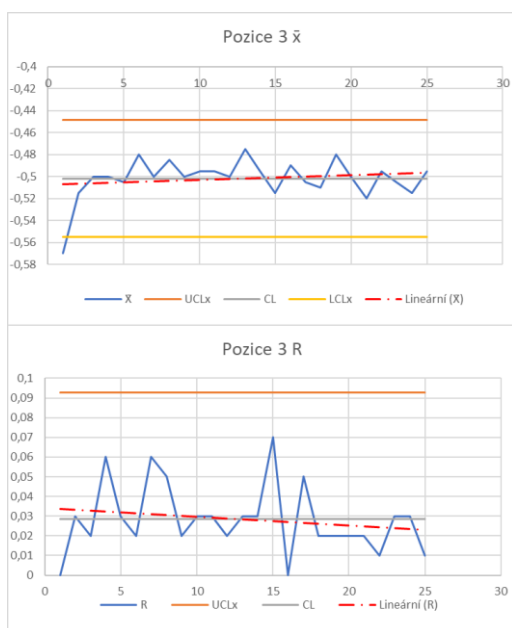


Pozice 2 (Z):

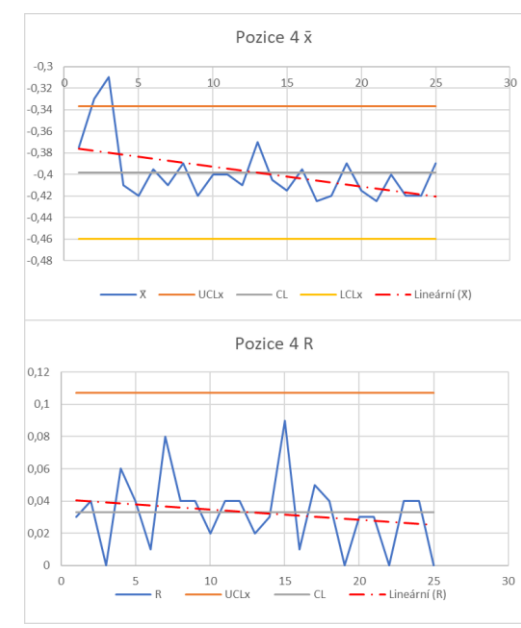


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	-0,044	-0,857	-0,502	-0,398
Xmax [mm]	0,15	-0,75	-0,46	-0,31
Xmin [mm]	-0,64	-1,12	-0,57	-0,46
R [mm]	0,79	0,37	0,11	0,15

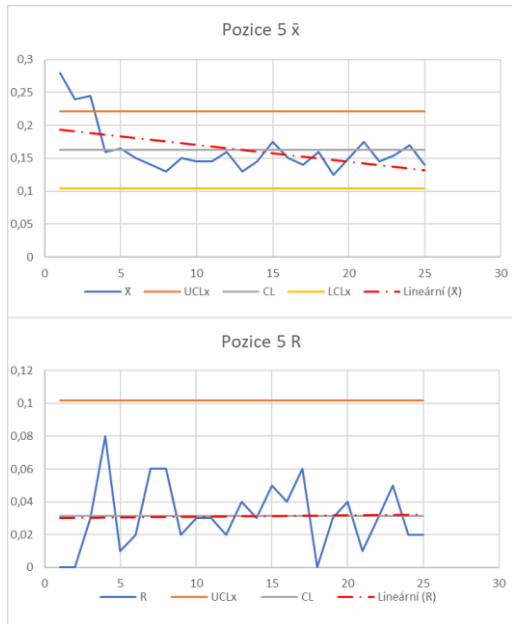
Pozice 3 (Z):



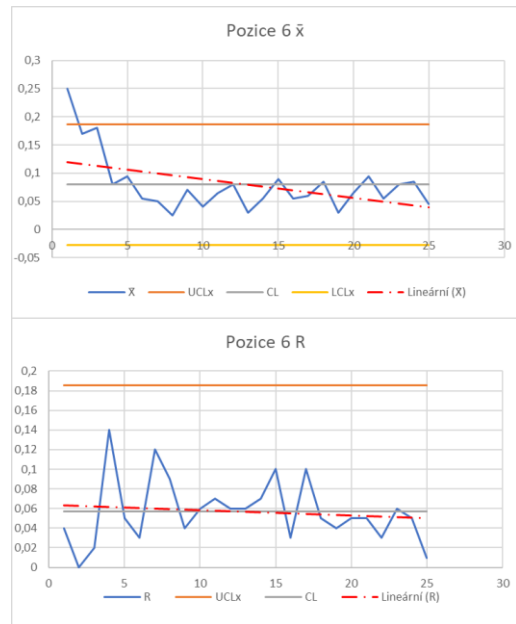
Pozice 4 (Z):



Pozice 5 (Z):

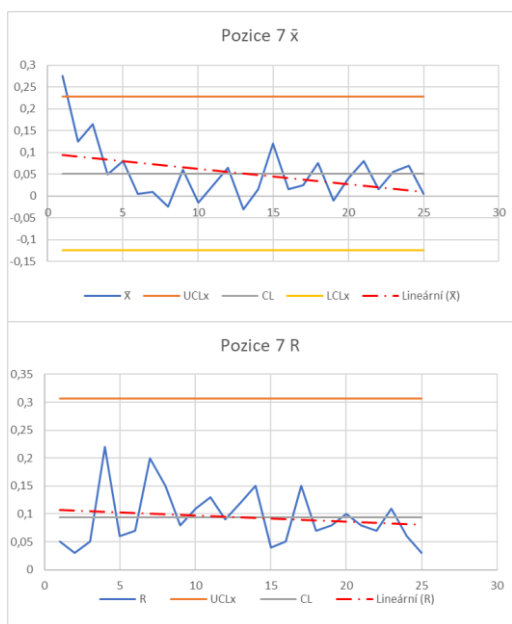


Pozice 6 (Z):

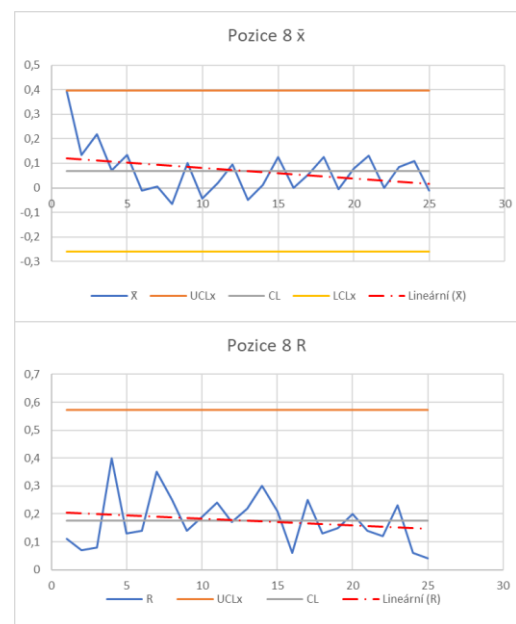


	Pozice 5	Pozice 6	Pozice 7	Pozice 8
\bar{x} [mm]	0,163	0,080	0,052	0,068
Xmax [mm]	0,28	0,27	0,3	0,45
Xmin [mm]	0,1	-0,02	-0,1	-0,19
R [mm]	0,18	0,29	0,4	0,64

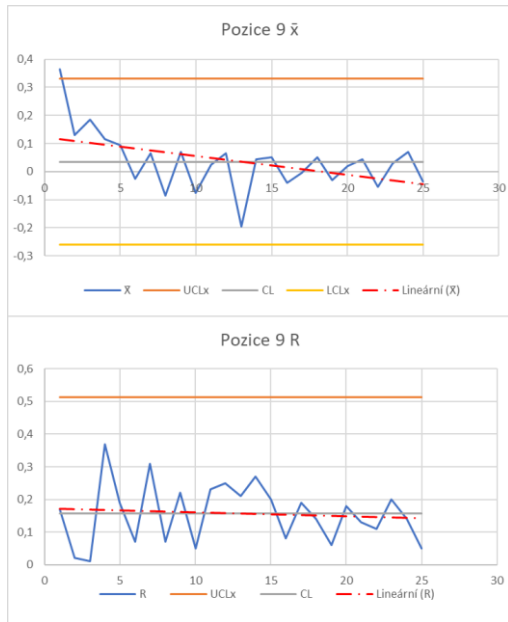
Pozice 7 (Z):



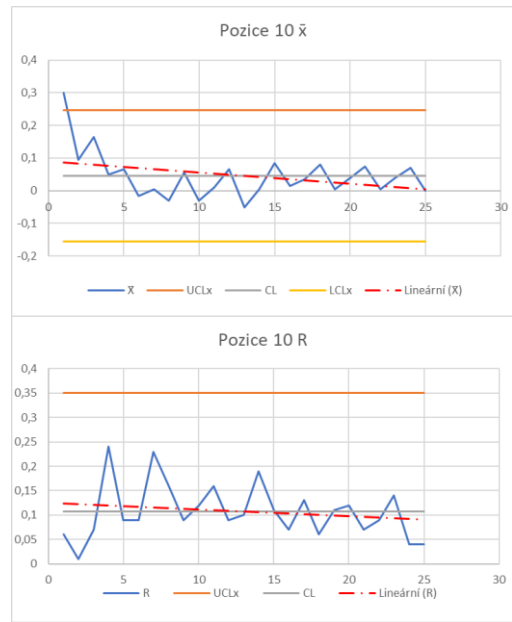
Pozice 8 (Z):



Pozice 9 (Y):

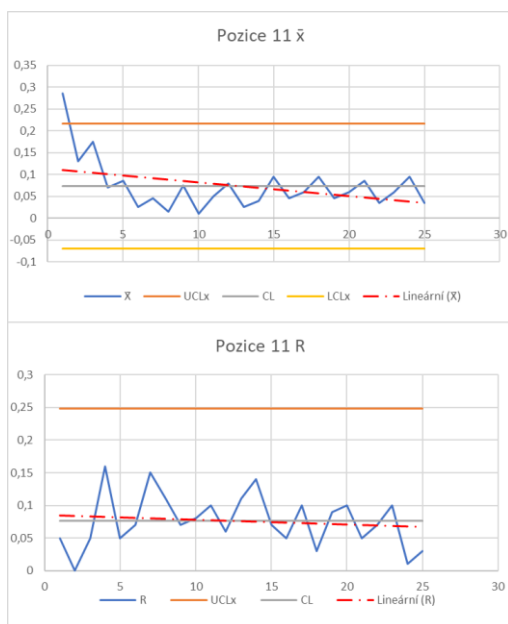


Pozice 10 (Z):

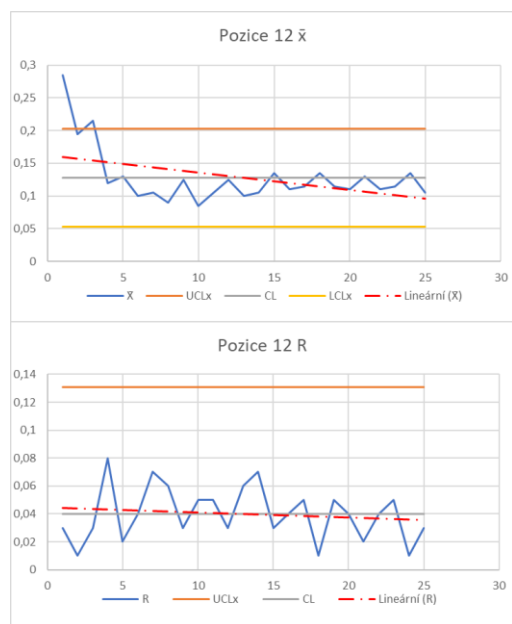


	Pozice 9	Pozice 10	Pozice 11	Pozice 12
\bar{x} [mm]	0,035	0,046	0,073	0,128
X_{max} [mm]	0,45	0,33	0,31	0,3
X_{min} [mm]	-0,3	-0,11	-0,04	0,06
R [mm]	0,75	0,44	0,35	0,24

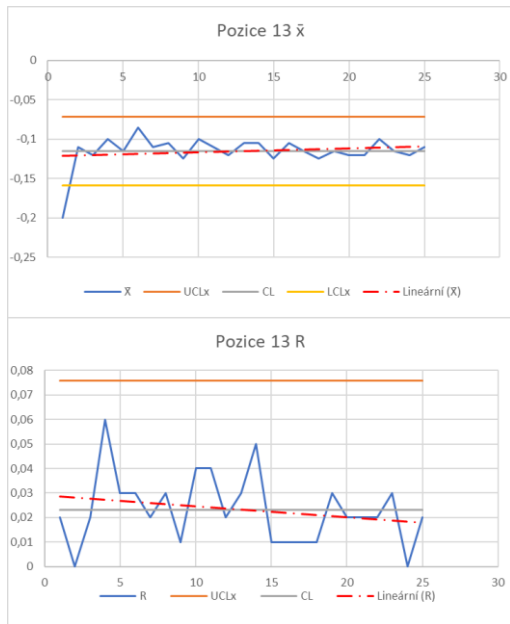
Pozice 11 (Z):



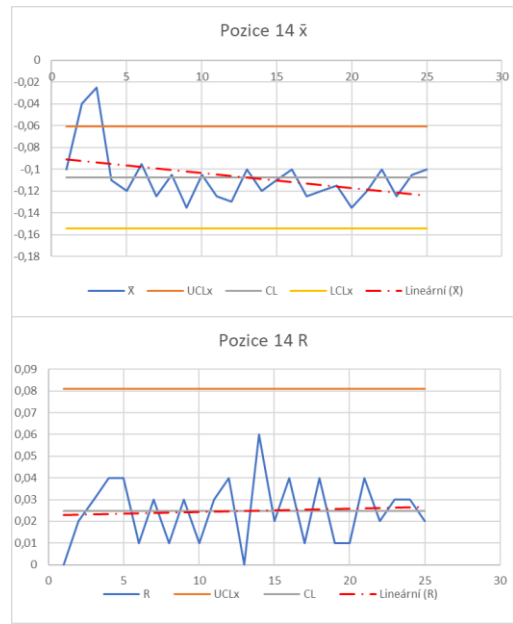
Pozice 12 (Z):



Pozice 13 (Z):

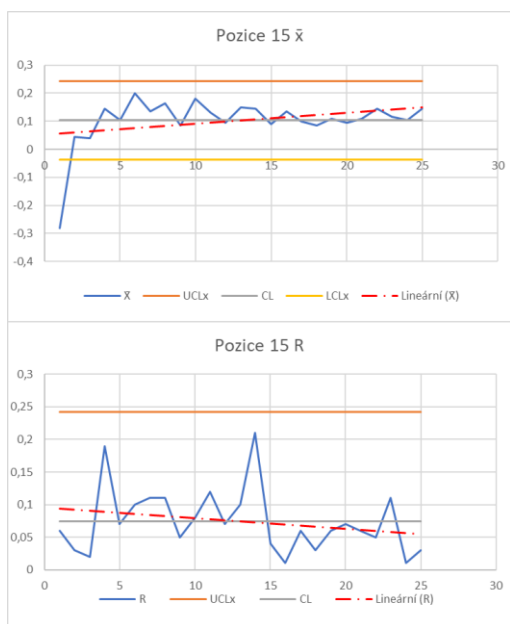


Pozice 14 (Z):

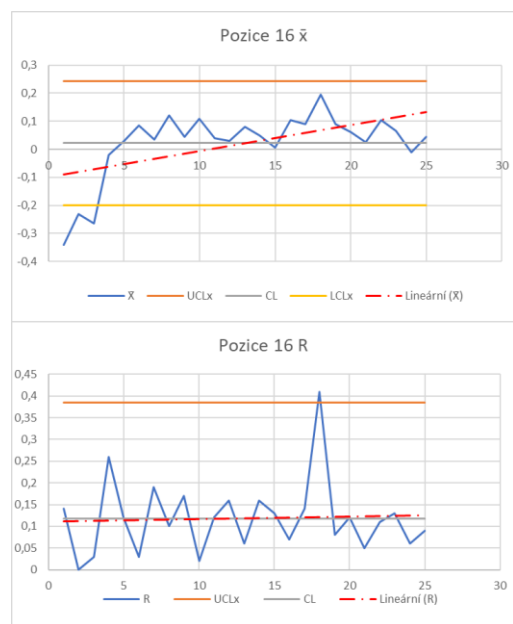


	Pozice 13	Pozice 14	Pozice 15	Pozice 16
\bar{x} [mm]	-0,115	-0,108	0,103	0,022
Xmax [mm]	-0,07	-0,01	0,25	0,4
Xmin [mm]	-0,21	-0,15	-0,31	-0,41
R [mm]	0,14	0,14	0,56	0,81

Pozice 15 (Z):

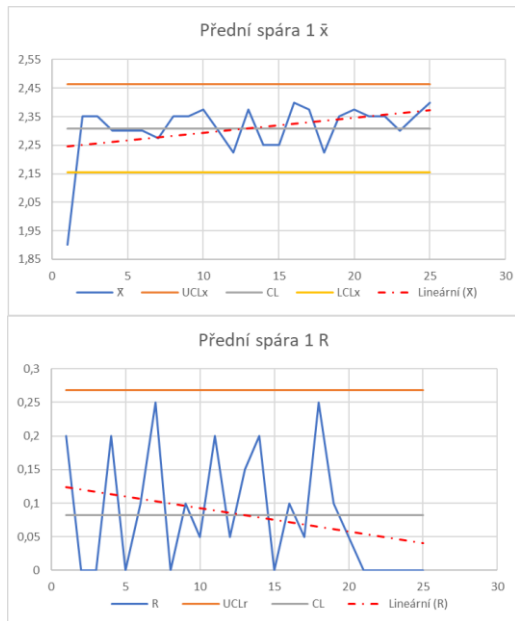


Pozice 16 (Y):

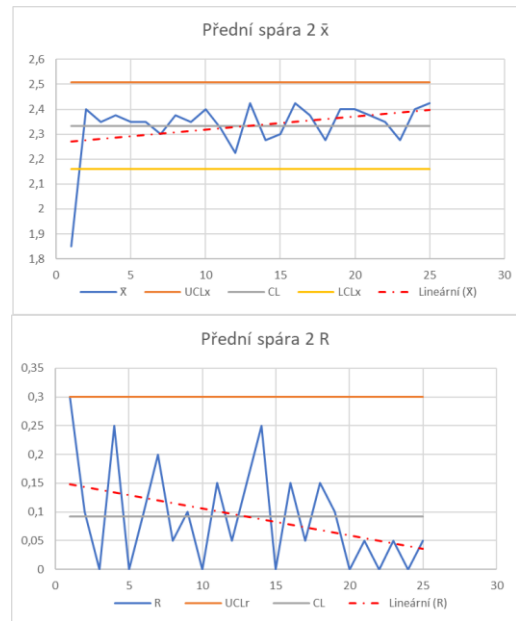


g) Frézování levá strana

Přední spára pozice 1:

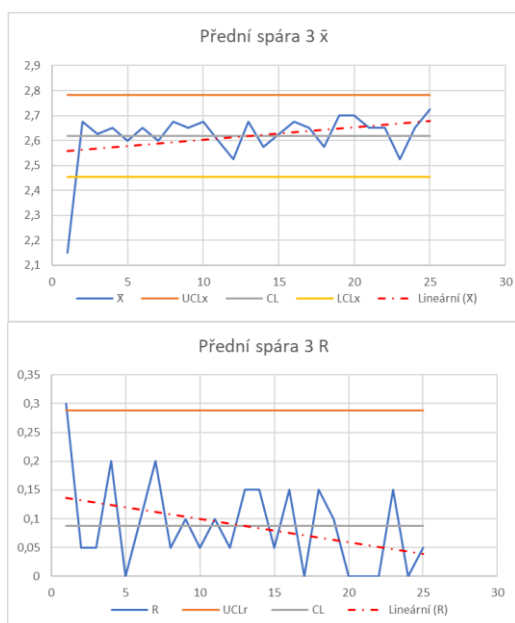


Přední spára pozice 2:

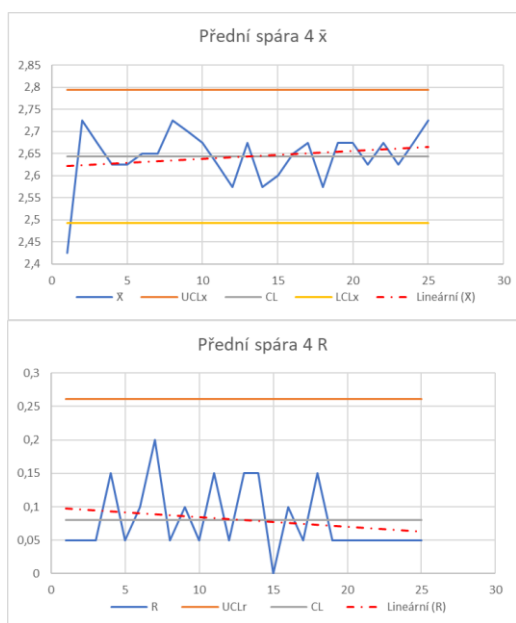


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,309	2,334	2,618	2,644
Xmax [mm]	2,45	2,5	2,75	2,75
Xmin [mm]	1,8	1,7	2	2,4
R [mm]	0,65	0,8	0,75	0,35

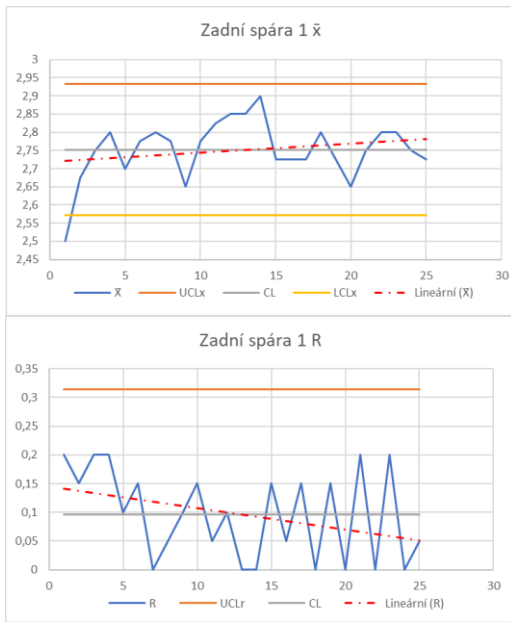
Přední spára pozice 3:



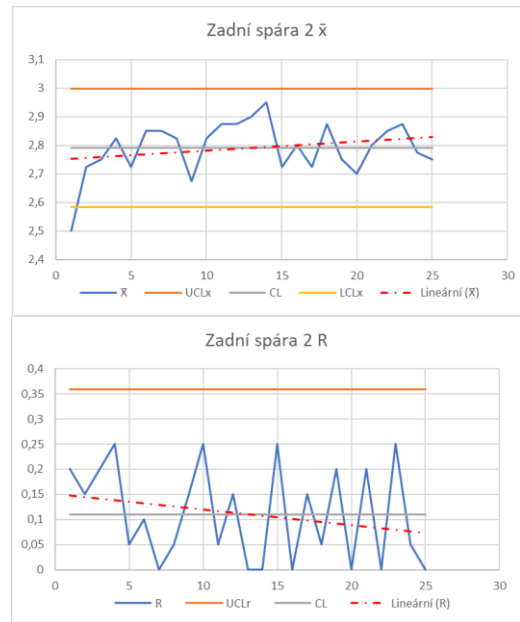
Přední spára pozice 4:



Zadní spára pozice 1:

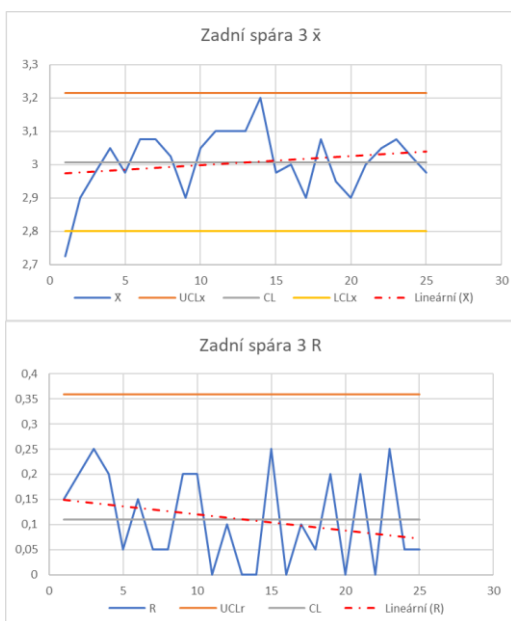


Zadní spára pozice 2:

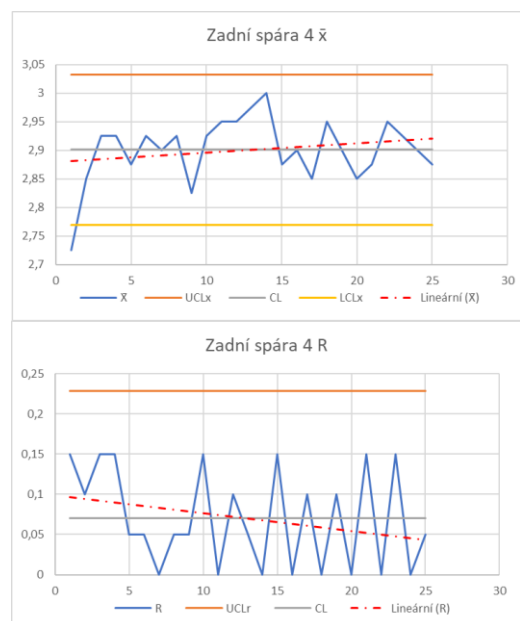


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,752	2,791	3,007	2,901
Xmax [mm]	2,9	3	3,2	3
Xmin [mm]	2,4	2,4	2,65	2,65
R [mm]	0,5	0,6	0,55	0,35

Zadní spára pozice 3:

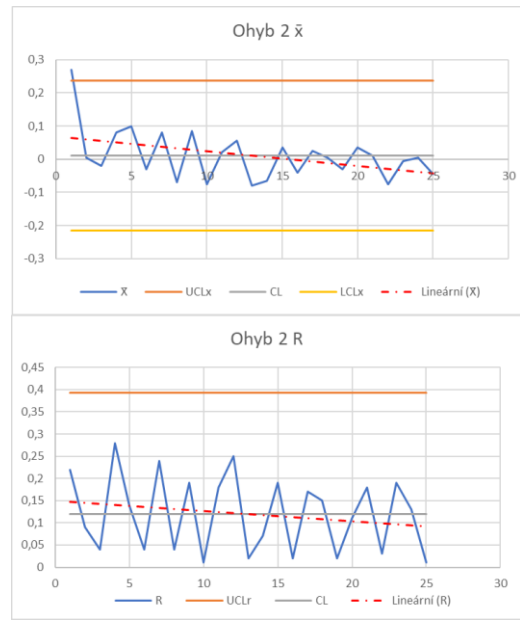
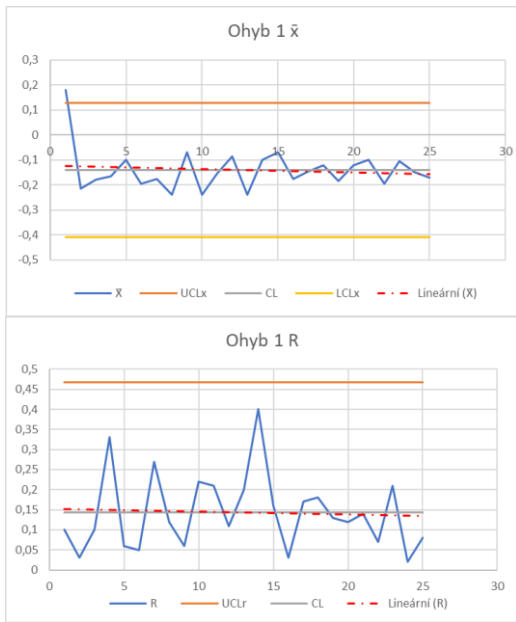


Zadní spára pozice 4:



Ohyb pozice 1 (Z):

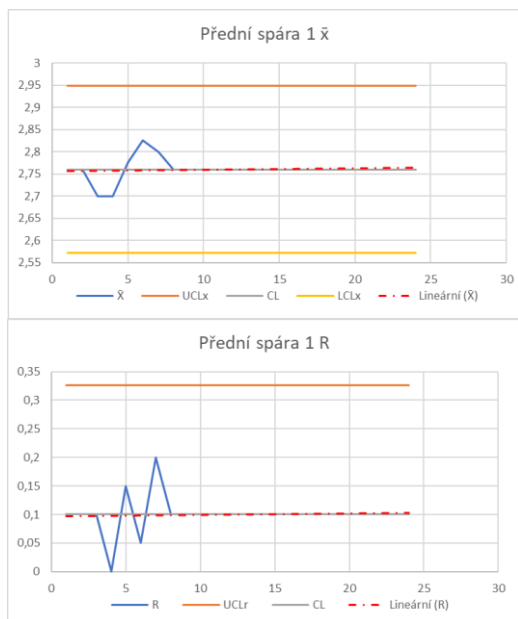
Ohyb pozice 2 (Y):



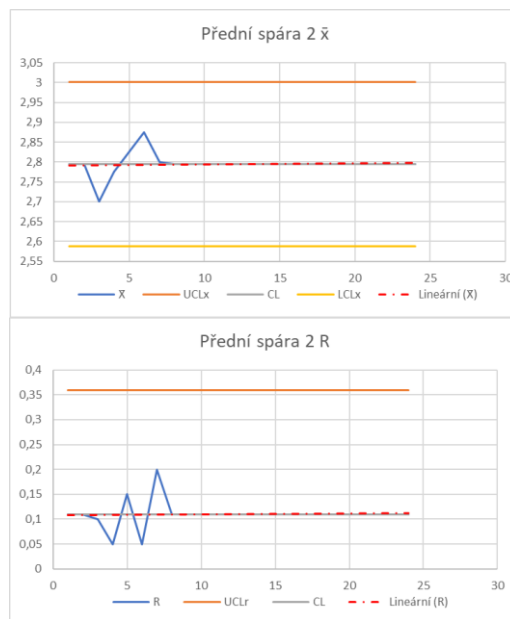
	Pozice 1	Pozice 2
\bar{x} [mm]	-0,1406	0,011
Xmax [mm]	0,23	0,38
Xmin [mm]	-0,35	-0,1
R [mm]	0,58	0,48

h) Zástavbová zkouška levé strany před PÚ Bakov

Přední spára pozice 1:

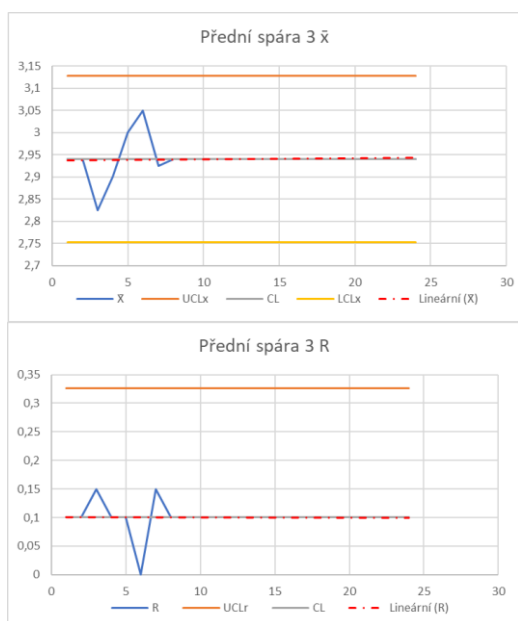


Přední spára pozice 2:

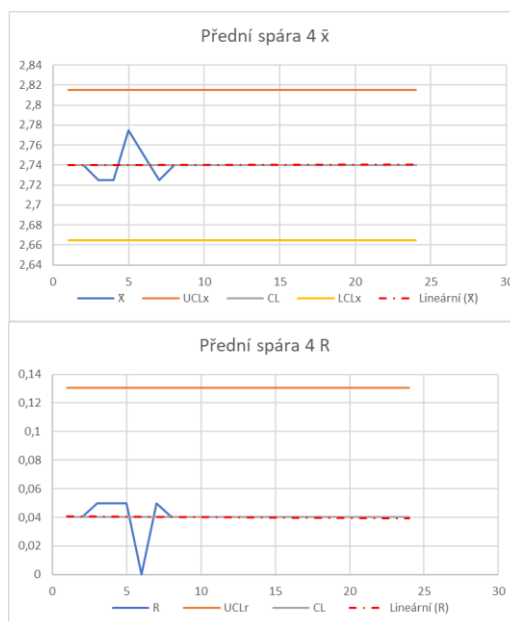


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,76	2,795	2,94	2,74
Xmax [mm]	2,9	2,9	3,05	2,8
Xmin [mm]	2,65	2,65	2,75	2,7
R [mm]	0,25	0,25	0,3	0,1

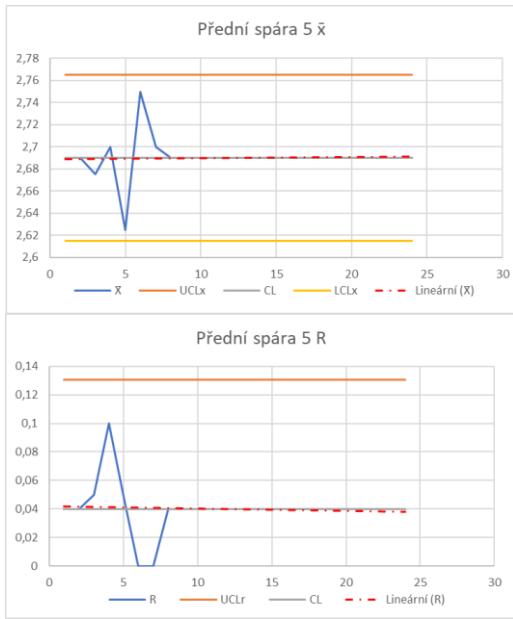
Přední spára pozice 3:



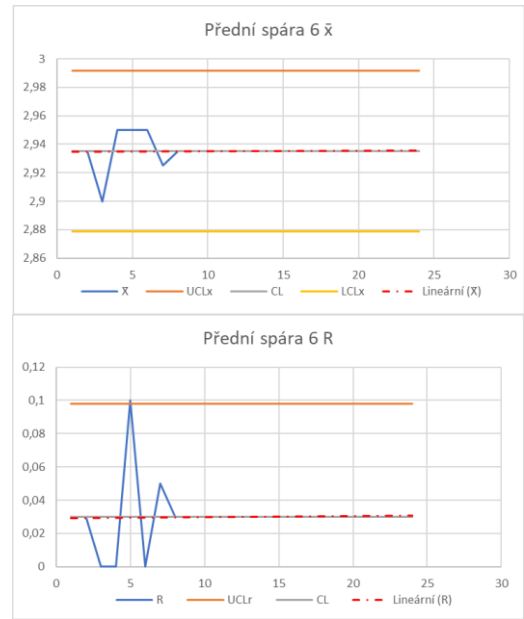
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

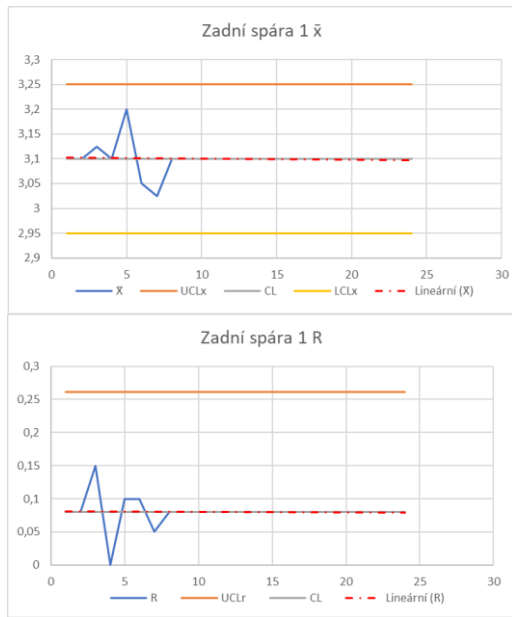


Přední spára pozice 6:

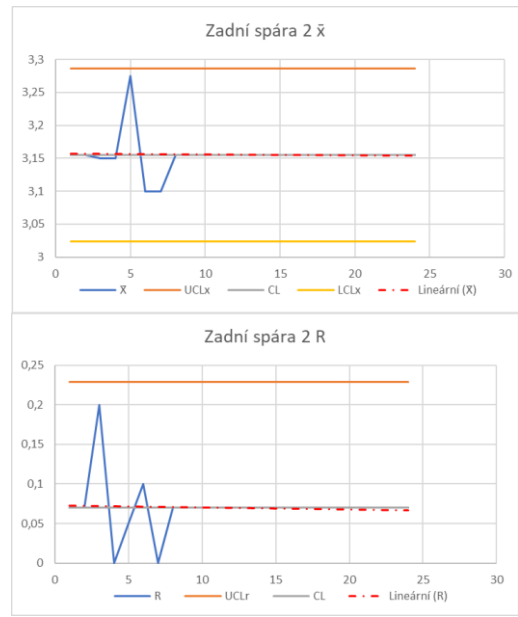


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,69	2,935
X_{max} [mm]	2,75	3
X_{min} [mm]	2,6	2,9
R [mm]	0,15	0,1

Zadní spára pozice 1:

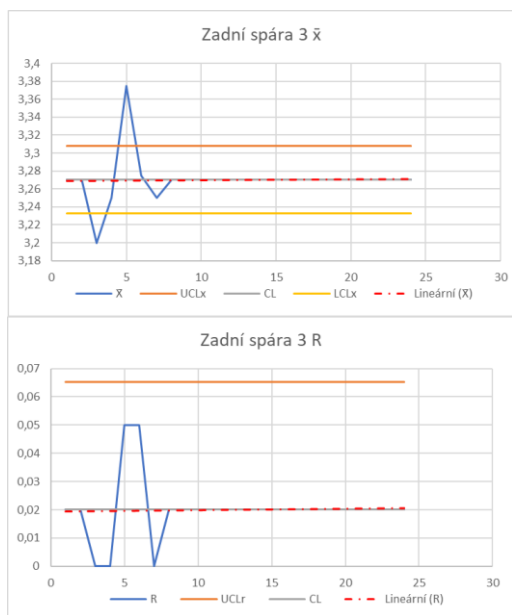


Zadní spára pozice 2:

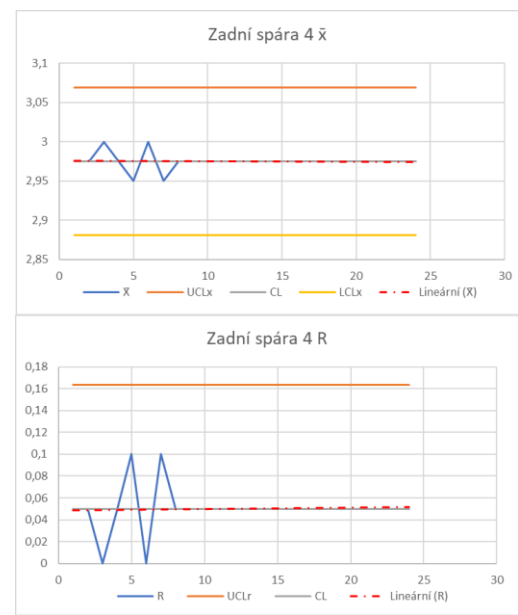


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,1	3,155	3,27	2,975
Xmax [mm]	3,25	3,3	3,4	3
Xmin [mm]	3	3,05	3,2	2,9
R [mm]	0,25	0,25	0,2	0,1

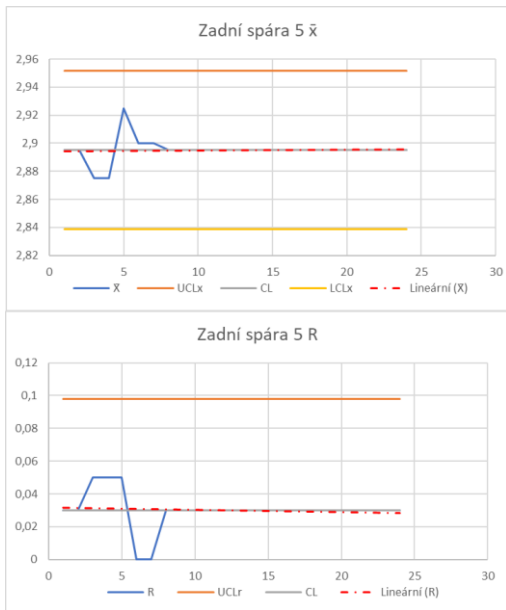
Zadní spára pozice 3:



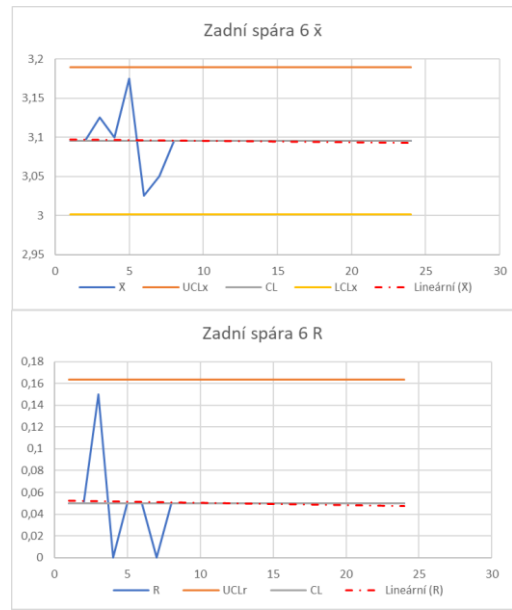
Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:



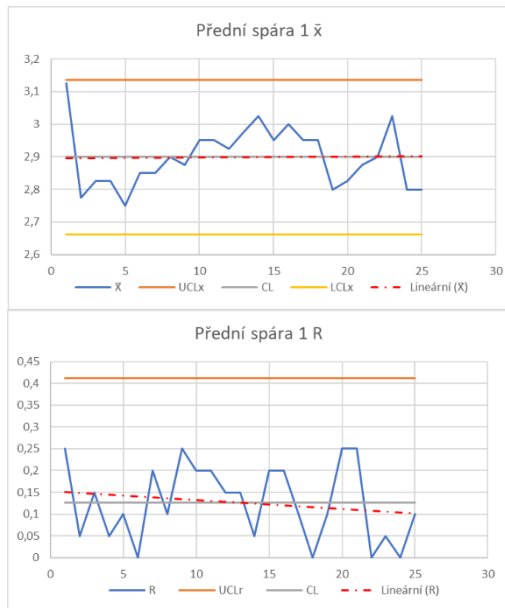
Zadní spára pozice 6:



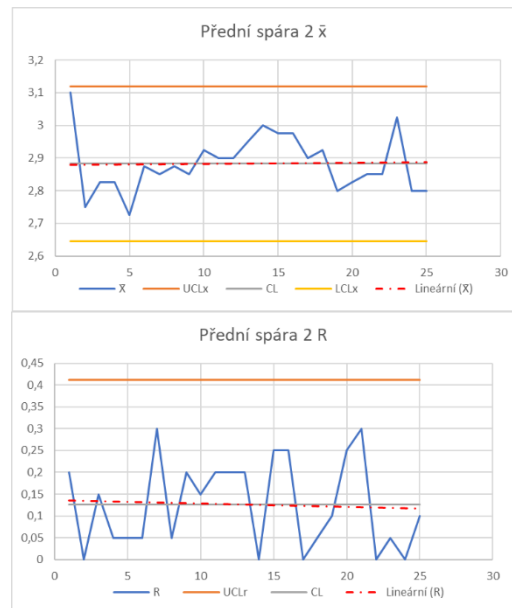
	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,895	3,095
X_{max} [mm]	2,95	3,2
X_{min} [mm]	2,85	3
R [mm]	0,1	0,2

i) Montáž levé strany po PÚ v Milovicích

Přední spára pozice 1:

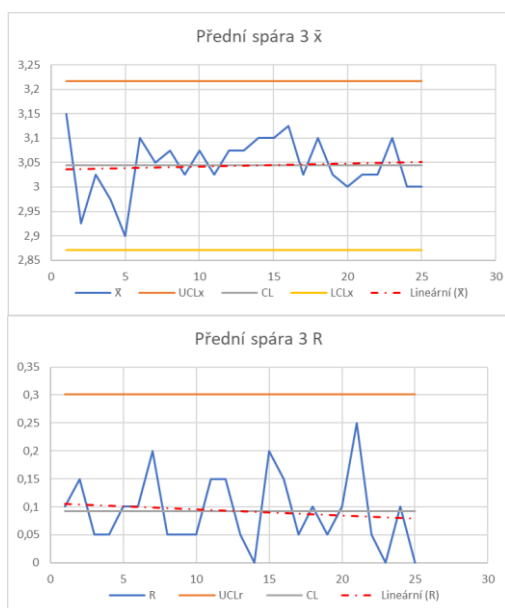


Přední spára pozice 2:

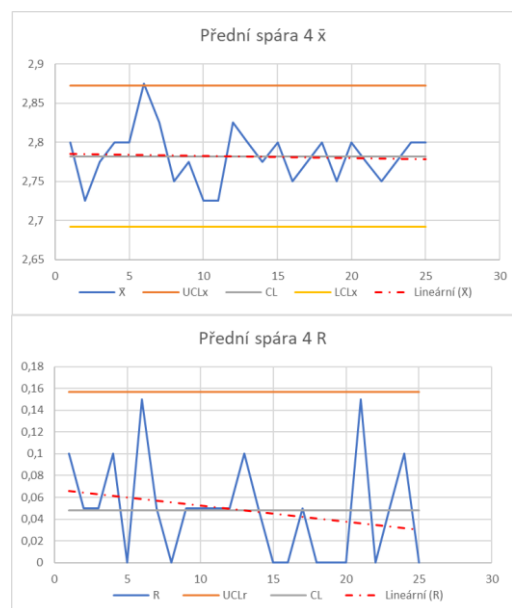


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,899	2,883	3,044	2,782
Xmax [mm]	3,25	3,2	3,2	2,95
Xmin [mm]	2,7	2,7	2,85	2,7
R [mm]	0,55	0,5	0,35	0,25

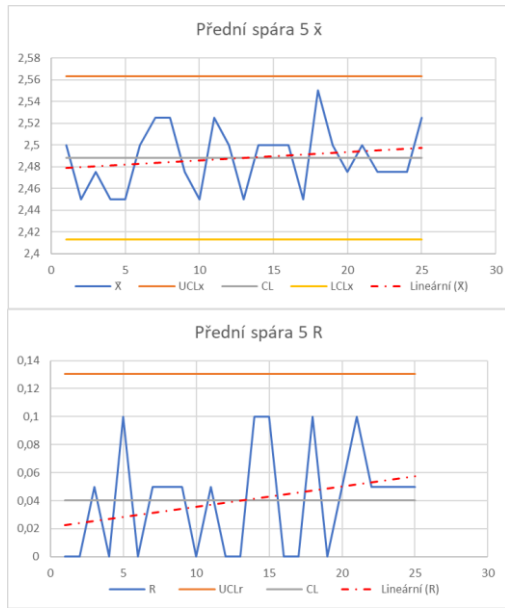
Přední spára pozice 3:



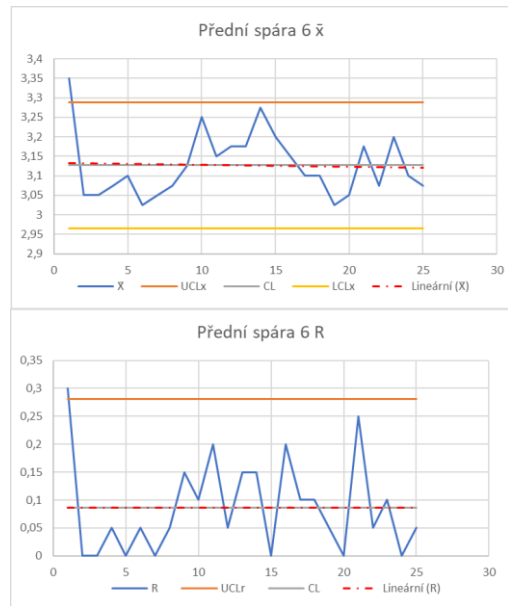
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

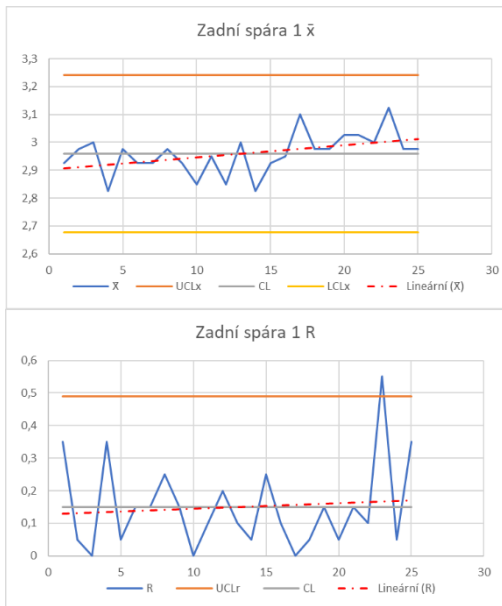


Přední spára pozice 6:

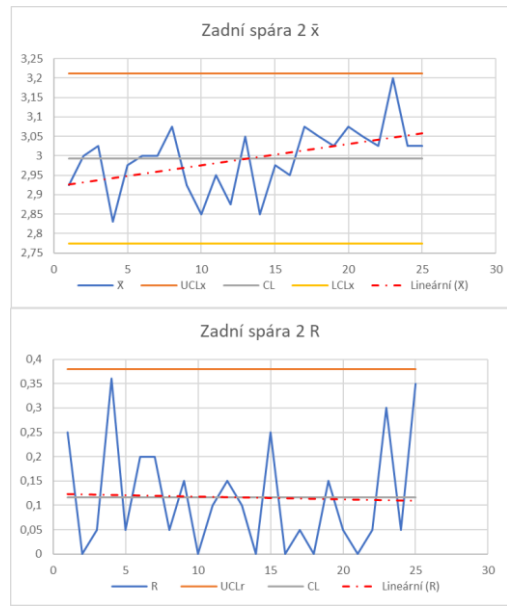


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,488	3,127
Xmax [mm]	2,6	3,5
Xmin [mm]	2,4	3
R [mm]	0,2	0,5

Zadní spára pozice 1:

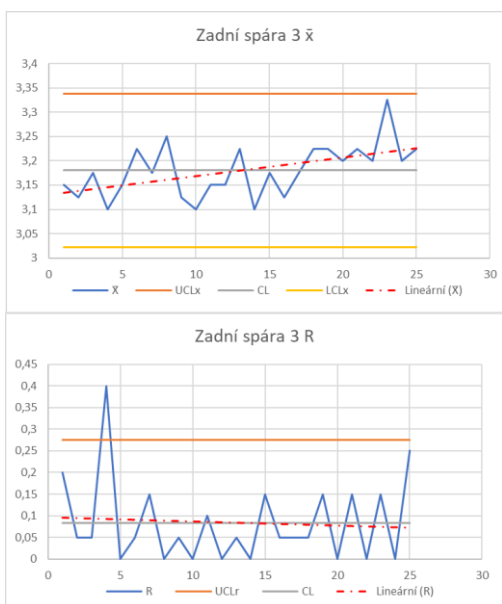


Zadní spára pozice 2:

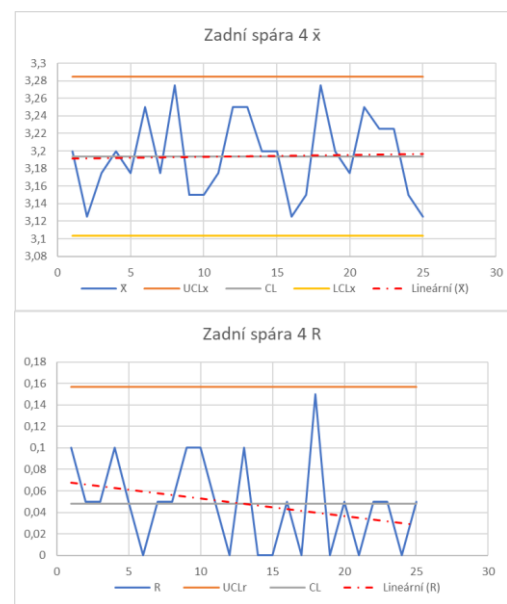


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,959	2,992	3,18	3,194
Xmax [mm]	3,400	3,350	3,4	3,35
Xmin [mm]	2,650	2,650	2,9	3,1
R [mm]	0,750	0,700	0,5	0,25

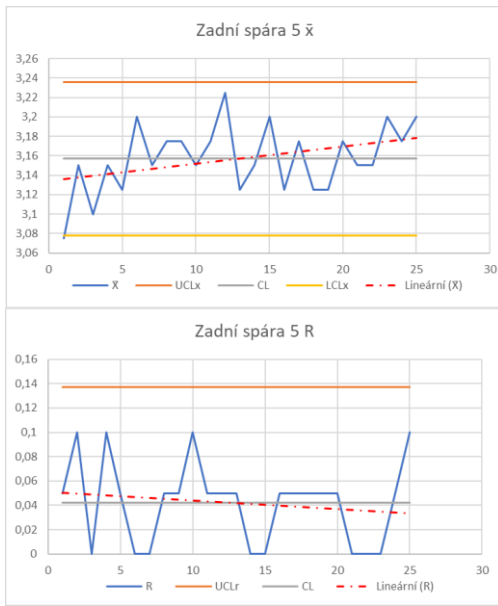
Zadní spára pozice 3:



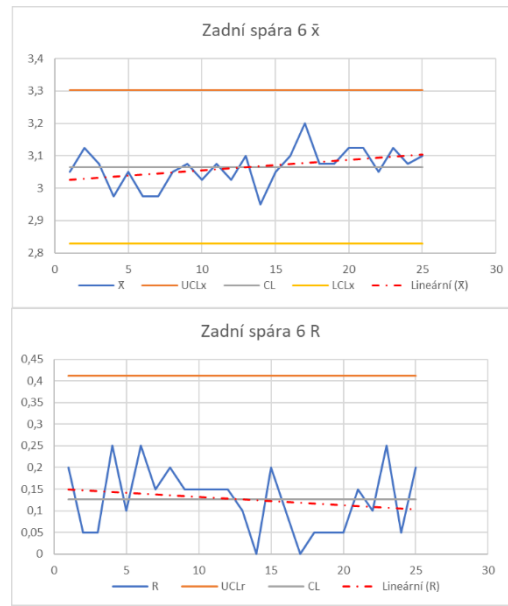
Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:



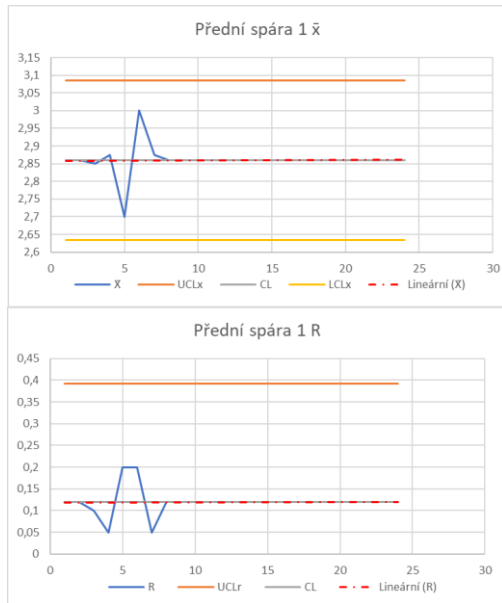
Zadní spára pozice 6:



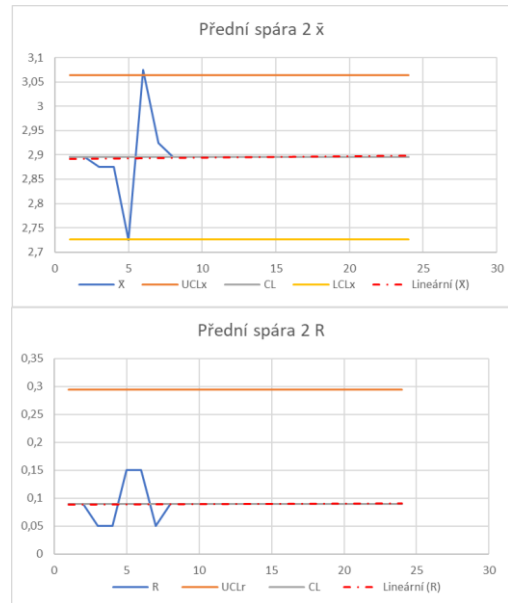
	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	3,157	3,065
X_{max} [mm]	3,25	3,25
X_{min} [mm]	3,05	2,85
R [mm]	0,2	0,4

j) Zástavbová zkouška levé strany po PÚ Bakov

Přední spára pozice 1:

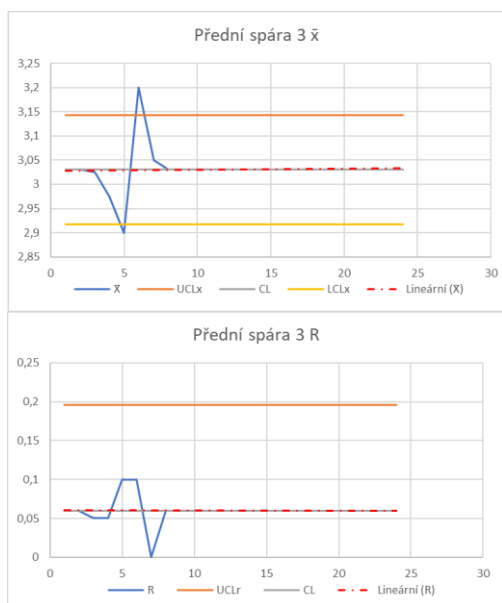


Přední spára pozice 2:

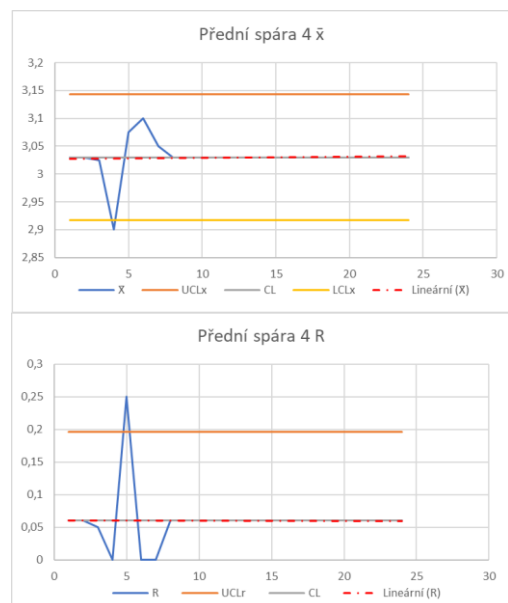


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	2,86	2,895	3,03	3,03
Xmax [mm]	3,1	3,15	3,25	3,2
Xmin [mm]	2,6	2,65	2,85	2,9
R [mm]	0,5	0,5	0,4	0,3

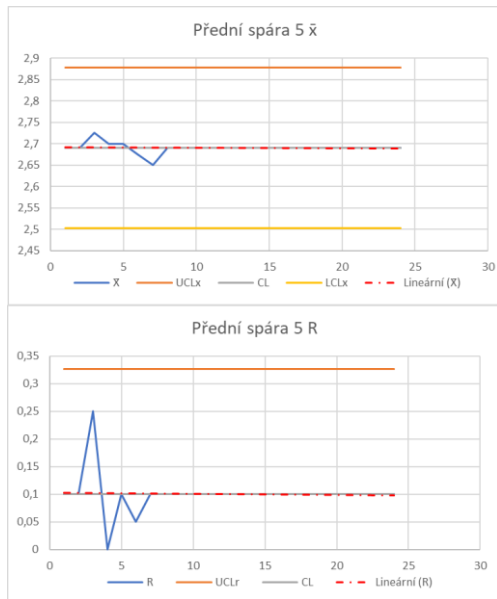
Přední spára pozice 3:



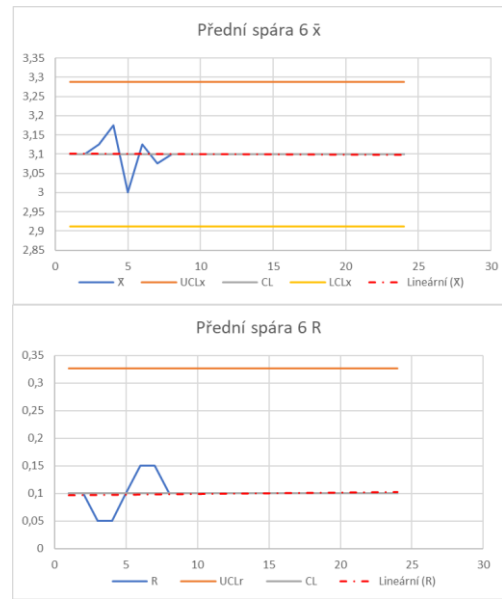
Přední spára pozice 4:



Přední spára pozice 5:

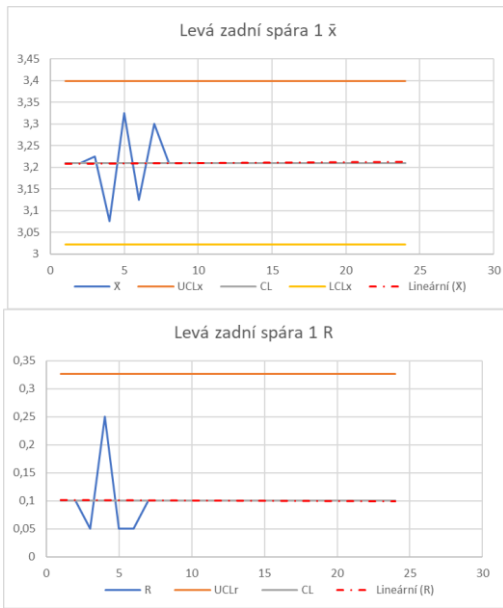


Přední spára pozice 6:

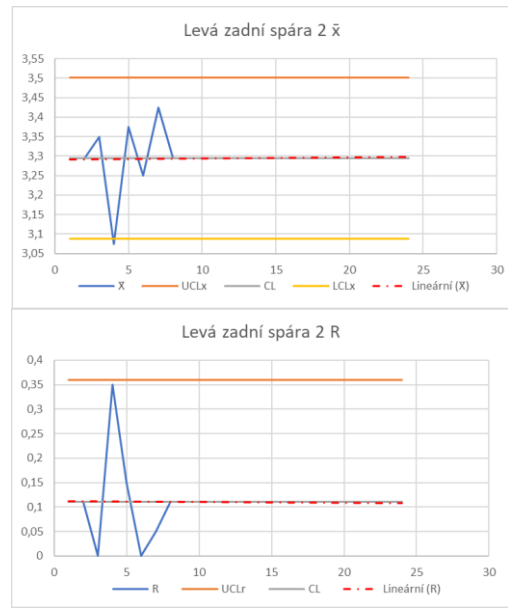


	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,69	3,1
X_{max} [mm]	2,85	3,2
X_{min} [mm]	2,6	2,95
R [mm]	0,25	0,25

Zadní spára pozice 1:

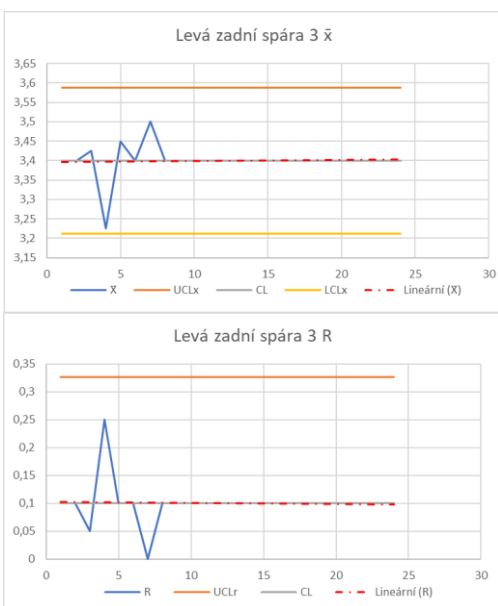


Zadní spára pozice 2:

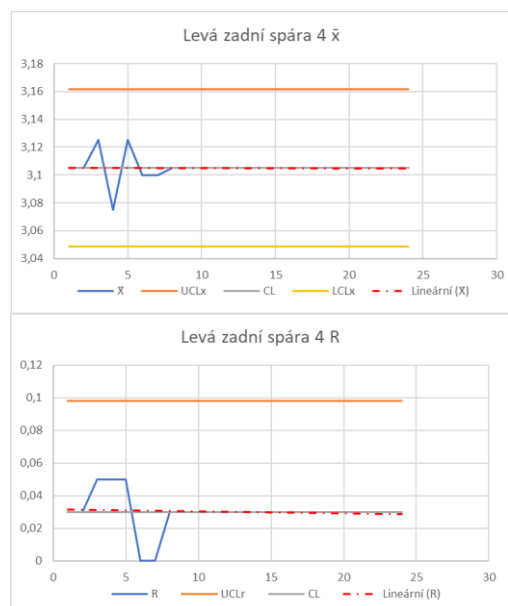


	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4
\bar{x} [mm]	3,21	3,295	3,4	3,105
X_{max} [mm]	3,35	3,45	3,5	3,15
X_{min} [mm]	2,95	2,9	3,1	3,05
R [mm]	0,4	0,55	0,4	0,1

Zadní spára pozice 3:

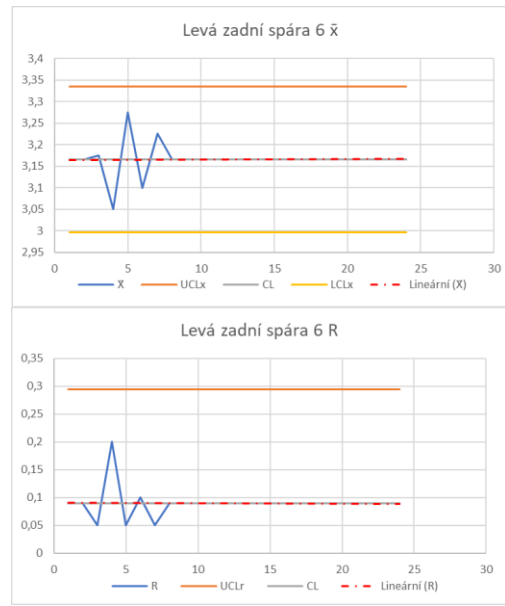
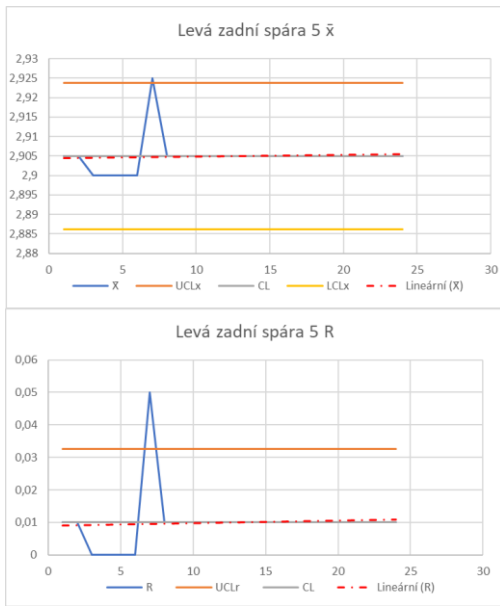


Zadní spára pozice 4:



Zadní spára pozice 5:

Zadní spára pozice 6:



	Pozice 5	Pozice 6
\bar{x} [mm]	2,905	3,165
X_{max} [mm]	2,95	3,3
X_{min} [mm]	2,9	2,95
R [mm]	0,05	0,35