



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Návrh zlepšení kontrolního procesu

Proposal for control process improvement

Diplomová práce

Studijní obor: Výrobní a materiálové inženýrství

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

Radim Hončariv

Praha 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

Datum: 19.6.2015

Podpis diplomanta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce za trpělivost při konzultacích, za vyvedení z několika omylů a za jeho čas, který mi věnoval, i za ten o který jsem ho připravil. Dále bych rád poděkoval pánům kolegům Ing. Petru Korandovi a Ing. Martinovi Bilavčíkovi, zaměstnancům firmy GEAC za konzultace a za praktické poznámky. Mé poděkování patří též mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

Vysoká škola: ČVUT v Praze
Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Fakulta: strojní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Bc. Radima Hončariva

obor Výrobní a materiálové inženýrství

Název: Návrh zlepšení kontrolního procesu

Název anglicky: Proposal for control process improvement

Zásady pro vypracování:

1. Revize současných kontrolních plánů jednotlivých výrobků a návrh nových plánů.
2. Návrh zlepšení měřicího procesu, včetně výběru měřidel a způsobů měření.
3. Počítačová podpora sběru a vyhodnocování naměřených dat.
4. Statistické vyhodnocení a doporučení pro úpravu kontrolních plánů.

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

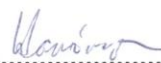
Datum zadání diplomové práce: 10. 4. 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 19. 6. 2015

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

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

Zadání diplomové práce převzal dne: 30. 4. 2015


.....
Diplomant


.....
Vedoucí ústavu




.....
Děkan

V Praze

dne 1. 4. 2015

Anotace

Obsahem této práce je analýza a následné zlepšení procesu na pracovišti vstupní kontroly ve firmě GEAC. Zlepšení je provedeno převážně v evidenci záznamů a analýze naměřených dat. Pro tyto účely jsou použity statistické nástroje: statistická regulace procesu, statistická přejímka, indexy způsobilosti procesu a histogram. V rámci této práce je navržen výpočetní program v prostředí Visual basic – Excel, do kterého jsou zmiňované statistické nástroje zakomponovány. Navržený program slouží pro odhalování systematických chyb a trendů, dále jako podklad pro rozhodování o přijetí či zamítnutí dávky a pro zavádění preventivních a nápravných opatření.

Summary

Content of this work is analysis and following improvement of process of input control department at company GEAC. The improvement is made mostly at records evidence and at data analysis. For this purpose, there are used statistical tools: statistical process regulation, statistical inspection, indexes process capability and histogram. Within this work, there is developed program in environment of Visual basic – Excel, in which the statistical tools are incorporated. Developed program serve for uncovering systematic faults and trends, further like basis for decision making of accept or reject a batch and for making preventive and corrective actions.

Klíčová slova

Vstupní kontrola, statistická regulace procesu, statistická přejímka, počítačová podpora, měření, ISO 9000, ČSN EN 9100, ČSN ISO 3951-1, ČSN ISO 8258

Keywords

Input control, statistical process regulation, statistical inspection, computer support, measurement, ISO 9000, ČSN EN 9100, ČSN ISO 3951-1, ČSN ISO 8258

Obsah

1	Úvod	9
2	Revize stávajícího procesu	10
2.1	Pracoviště vstupní kontroly	10
2.2	Variabilita měřicího procesu	11
2.2.1	Měřidla	11
2.2.2	Obsluha	12
2.2.3	Prostředí	13
2.2.4	Součásti	13
2.3	Dokumentace	18
3	Návrh zlepšení	21
3.1	ISO 9000	21
3.2	ČSN EN 9100 [3]	21
3.2.1	Základní požadavky normy	22
3.2.2	Management zdrojů	22
3.2.3	Získávání dat, měření, analýza	22
3.2.4	Zlepšování	23
3.3	Stanovení cíle	24
3.4	Měřidla	25
3.5	Úvod do statistických nástrojů	25
3.6	Statistická přejímka (ČSN ISO 3951-1) [2]	25
3.6.1	Kontrola měření proti kontrole srovnáváním	26
3.6.2	Metoda „s“ proti metodě „ σ “	26
3.6.3	Volba kontrolní úrovně AQL	27
3.6.4	Přísnost kontroly	27
3.6.5	Volba mezí a počtu znaků	28
3.6.6	Aplikace zvolené metody	29
3.7	Statistická regulace procesu (ČSN ISO 8258)	30
3.7.1	Rozdělení chyb	31
3.7.2	Způsobilost procesu	32
3.7.3	Aplikace regulačních diagramů [1]	33
4	Počítačová podpora	38
4.1	Vstupy	38
4.2	Záznamy	39
4.3	Statistická regulace procesu	40

4.4 Histogram	42
4.5 Cp/Cpk	42
4.6 Statistická přejímka	43
5 Vyhodnocení dat.....	43
6 Závěr	44
Přílohy	45
Seznam zdrojů.....	51
Seznam obrázků	52
Seznam tabulek	53
Seznam rovnic	53
Seznam příloh.....	54

1 Úvod

Tato diplomová práce je zpracována v rámci podniku GE Aviation Czech (dále jen GEAC). Původně česká firma byla založena pod názvem Walter v roce 1898. Původně to byla pouze dílna, kde se opravovaly váhy a jízdní kola. Postupně se ve firmě začaly vyrábět kola vlastní a o pár let později motocykly a automobily. V roce 1923 byla v továrně Walter zahájena výroba leteckých motorů. Ty byly původně pístové konstrukce. V roce 1936 byla firma WALTER největší továrnou na letadlové motory nejen v Československu, ale i ve střední Evropě. Ve výrobním programu měla 18 různých typů pístových vzduchem chlazených letadlových motorů. Motory značky Walter byly licenčně vyráběny v dalších čtyřech státech, sériově byly zavedeny ve vojenském letectvu 13 států a používány byly v 21 státech světa. Během druhé světové války zažila firma a hlavně její lidé těžké období. Celá produkce byla podřízená Německému motorovému závodu a Argus Motorenwerke A. G. v Berlíně. V průběhu války zde bylo zabito několik desítek pracovníků, ať už během ostřelování nebo na pokyn gestapa po několika stávkách. V roce 1946 byl podnik znárodněn a začleněn do nového národního podniku Letecké závody. V padesátých letech začal vývoj nového proudového motoru pro armádu. Za tímto účelem byla zavedena těsná spolupráce s ruskými kolegy, takže čeští konstruktéři se získali potřebné know-how v oblasti konstrukce turbínových motorů. Začátkem šedesátých let se začal vyrábět motor M701, pro známý letoun L-39 Albatros, který je v historii československého leteckého průmyslu co do



Obrázek 1 Licenční letadlový motor vyrobený r.1923 v továrně WALTER: BMW 240 k. [7]

počtu vyrobených kusů zatím nejúspěšnějším letadlem. Motor M701 je určen pro provoz cvičného letadla na všech druzích letišť. Uspořádání motoru umožňuje provádět všechny prvky letecké akrobacie. Motor M701 vynikal jednoduchostí a nenáročností obsluhy. Od roku 1961 bylo vyrobeno 9250 motorů M701 ve verzích. V sedmdesátých letech se poté začal vyrábět turbovrtulový motor M601 pro malá civilní letadla, zejména pro L410. [7]



Obrázek 2 Letadlo L410 s motory H80 od firmy GEAC [9]

V roce 2008 firmu převzala GEAC s.r.o. a stala se tak součástí celosvětového koncernu GE Aviation. V současné době se zde vyrábí pouze motor H80, který byl vyvinut z původního M601.



Obrázek 3 Motor H80, v současnosti vyráběný firmou GEAC [8]

Vzhledem k tomu, že vývoj původního motoru u M601 započal již v šedesátých letech, stojí podnik před velkou výzvou. Za posledního půl století prošlo letectví velkými změnami, hlavně co se bezpečnosti a procesů týče. Ne všechny procesy, které odpovídaly standardům minulého století, odpovídají i dnešním předpisům. Proto musí být revidovány a aktualizovány. Tato situace je patrná i na pracovišti vstupní kontroly, kterým se tato práce primárně zabývá a snaží se modernizovat procesy kontroly a sledování nakupovaného materiálu a hotových dílů.

2 Revize stávajícího procesu

2.1 Pracoviště vstupní kontroly

Pracoviště vstupní kontroly má ve strojírenském podniku hned několik funkcí. Zásadní funkci plní kontrola součástí. Jedná se jednak o kontrolu rozměrů a nepoškozenosti povrchu dílů

podle výrobní dokumentace. Dále se také kontroluje veškerá dokumentace přiložená k dávce, která popisuje výsledky materiálových zkoušek, které byly na dávce provedeny.

Další zásadní funkcí je archivace záznamů a evidence nalezených neshod. Podrobné záznamy o proběhnuvší kontrole musí být skladovány po celou dobu existence dílu, což může v některých případech být i celý čas provozu motoru v průměru. Archivace je nutná hlavně kvůli komunikaci s dodavateli při vyřizování reklamací. Neopravitelné díly se hned vrátí dodavateli, ale mohou nastat případy, kdy se některé vady dají opravit i u zákazníka (GEAC) a z časových důvodů je to výhodnější. Vstupní kontrola také iniciuje nápravná opatření a to jak směrem do vlastního podniku (v případě krátkodobých opatření – oprav), tak směrem k dodavatelům.

Pro možnost řešení procesních chyb u dodavatelů je nutná spolupráce Vstupní kontroly s ostatními útvary. Těmi jsou Hlavní kontrola a Nákup. Dávka může být na Vstupní kontrole přijata, zamítnuta, nebo poslána na přeměření na Hlavní kontrolu. Některé rozměry a všechny geometrické specifikace na Vstupní kontrole totiž nejsou měřitelné, vzhledem k používaným měřidlům. V případě podezření plynoucí ze zkušeností operátorů, jsou díly posílány na přeměření. Na Hlavní kontrole jsou následně tyto podezření potvrzeny nebo vyvráceny. Pokud se doopravdy jedná o neshodné výrobky, je zakázka předána nákupčím se všemi potřebnými informacemi a ti sjednají nápravu u dodavatele.

2.2 Variabilita měřicího procesu

Každý měřicí proces vykazuje určitou variabilitu výsledků. Tato variabilita se skládá z variability výroby a variability měření. Variabilitu výroby se statistické metody snaží co nejvíce zaznamenat. Naopak u variability měření je snaha ji minimalizovat aby nedocházelo k ovlivnění dat a následně ke špatným rozhodnutím. Pro úspěšnou aplikaci dále popsaných metod je tedy nezbytné pochopení příčin, které způsobují variabilitu měření a snažit se o minimalizaci jejich vlivu. Vlivy jednotlivých faktorů se dělí do několika základních kategorií.

2.2.1 Měřidla

Vybavení určeno k měření specifikací je vyrobeno v určité přesnosti. Toto je prvním zdrojem variability, které se nedá vyhnout. Dále to jsou pohyblivé části měřidel, například jezdec na posuvce se při dotyku se součástí vždy vychýlí ze své osy, takto vzniká tzv. Abbeho chyba prvního řádu. Některá měřidla díky své konstrukci tuto chybu neobsahují. Příkladem je mikrometr, jelikož stupnice a měřicí dotek jsou v jedné ose. Měřidla se svým používáním také postupně opotřebovávají. A to jak pohyblivé komponenty, tak doteky a postupně tak zvyšují

variabilitu. Toto se do jisté míry odstraní periodickou kontrolou a kalibrací. Způsobnost měřidel se ověřuje analýzou R&R, kde se měří opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidel. V našem případě však vycházíme z předpokladu, že jsou měřidla způsobilá, vzhledem k velkým tolerancím jednotlivých měřených dílů (více v kapitole 2.2.4 Součásti).

V současné době je vstupní kontrola vybavena následujícími měřidly:

Tabulka 1 Seznam měřidel

Počet	Měřidlo	Označení	Rozsah [mm]	Rozlišení [mm]
1	Posuvné měřítko	MitutoyoCD - 15DCX	0 - 150	0,01
2	Posuvné měřítko	Mahr cal 18 ewr	0 - 550	0,01
2	Mikrometr	MitutoyoMDQ30	0 - 30	0,001
1	Výškoměr	Mitutoyo HD-60AX	0 - 600	0,01

Jedinou výjimkou, kde tyto měřidla pro měření některých rozměrů nestačí, jsou některé obráběné díly. Jak bude podrobněji rozebráno v kapitolách 2.2.4 Součásti a 3.6 Statistická přejímka, byla tato měřidla shledána dostatečnými. Hlavním důvodem je fakt, že na obráběných dílech je velké množství charakteristik, včetně geometrických specifikací, a ty jsou pokaždé měřeny všechny na Hlavní kontrole.

2.2.2 Obsluha

Pod tento pojem spadá celá škála jednotlivých vlivů. Zcela zřejmé jsou rozdílné fyziologické vlastnosti, různá výška, kvalita zraku, úhel odečítání naměřených hodnot z rysek a podobně. Dále se zde projevuje únava, také nemoc nebo špatný duševní stav může mít na výsledek měření velký vliv. Je jisté, že prostřednictvím operátora do procesu měření vstupuje mnoho různých neznámých, takže pokaždé bude jednou z největších složek přispívajících k variabilitě měření. Trend v měřicí technice je takový, že u aplikací kde je vyžadována maximální přesnost, se snaží lidskou práci úplně vyloučit právě z těchto důvodů.

V našem případě, se chyba obsluhy snižovala pouze jejím proškolením. K tomuto tématu se vrací kapitola 3 Návrh zlepšení. Pro Vstupní kontrolu má však obsluha i nepopíratelný přínos. Velká část kontroly součásti nespočívá pouze v měření rozměrů. Jak již bylo zmíněno, jedná se i o kontrolu dokumentace a neporušenosti povrchu součástí. Proto je operátor nezbytnou součástí procesu. Vyhodnocuje nejen výrobní vady povrchu ale i ty, které mohou vzniknout při přepravě, jakou jsou škrábance, otlaky, deformace dílů s nízkou tuhostí apod. Pracovníci vstupní kontroly mohou odhalit i pouze příležitosti pro vznik takovýchto vad. Jedná se o špatně, nebo nedostatečně zabalené díly, špatně uložené díly v přepravech, absence separačních elementů jako jsou fólie, nebo ochranné papíry mezi jednotlivými vrstvami plechů.

2.2.3 Prostředí

Vnější vlivy mají také příspěvek k celkové variabilitě. Jde o teplotu okolí, ale také osvětlení na pracovišti a podobně. Teplota okolí se může sledovat teploměry rozmístěnými v různých částech pracoviště. Sofistikovaná pracoviště mají řízenou teplotu v místnosti, kdy se zohledňuje nejen vytápění a větrání ale i teplo vydávající žárovky, nebo lidé, kteří se na pracovišti pohybují. Osvětlení je potom zásadní při používání optických přístrojů. Špatné osvětlení jednak samozřejmě zhoršuje rozlišovací schopnost operátorů, ale problémy způsobuje i čistě automatizovaným aplikacím. Při použití mikroskopů, které sami vyhodnocují kontury objektu na snímku, může docházet ke zkreslování i během dne, pokud na měřenou součást dopadá i vnější osvětlení. Toto je sice z části kompenzováno softwarově, nicméně je zde vnesena určitá variabilita, což znamená, že optimální prostředí pro práci s optickými přístroji pouze při stabilním umělém osvětlení.

Na pracovišti vstupní kontroly se ale pracuje pouze s klasickými komunálními měřidly. Změna osvětlení zde může zhoršit rozlišovací schopnost u lidí s poškozeným zrakem, tomu se ale předchází osvětlením, které je instalováno přímo nad žulovou deskou, kde se všechna měření provádí. Zmíněná měřidla netrpí na prašnost ani na vibrace. Teplotní rozdíly, které mohou být v létě a zimě okolo pár stupňů rovněž nemají na díly velký vliv. To za prvé kvůli poměrně malým rozměrům dílů a za druhé kvůli velkým rozměrovým specifikacím. Prostředí vstupní kontroly je tedy vyhovující pro typ měření, které se zde provádí.

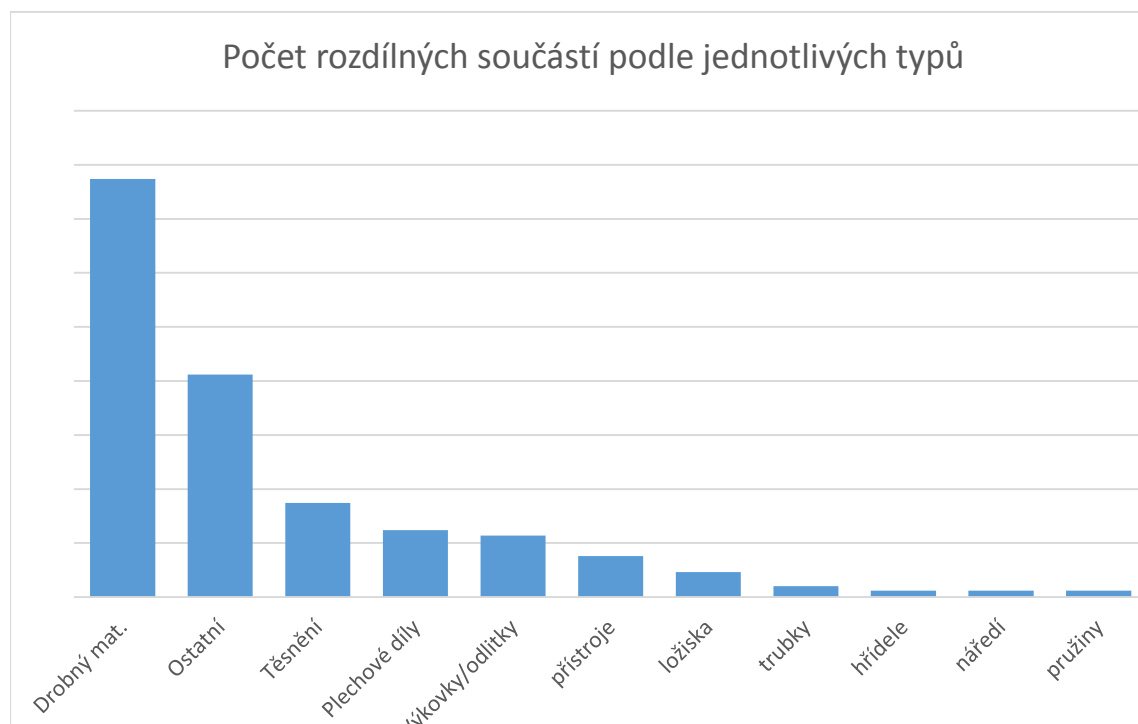
2.2.4 Součásti

Při měření reálných součástí je mimo úchylky tvaru a délky, důležitý také materiál, ze kterého je součást vyrobena. Zdeformování materiálu při dotyku se týká zejména součástí z měkkých kovů, tenkých plechů, plastových a součástí pryžových. Dále jde o teplotní vodivost a teplotní roztažnost. Pokud je však teplota na pracovišti dobře sledována a udržována na standardních 20°C, nejsou tyto hodnoty až tak důležité. Pozornost jim musíme věnovat, pokud měříme součásti, které nejsou ještě vychlazené po tváření, nebo které měříme v jiném než laboratorním prostředí (například kvůli velkým rozměrům).

Vliv teploty v našem případě byl diskutován již v předešlé kapitole 2.2.3 Prostředí, popis v této kapitole slouží pouze k uvědomění si potenciálních příčin zvyšování variability. Jelikož je na pracovišti vstupní kontroly kontrolováno velké množství typů součástí, je nutné analyzovat jednotlivé skupiny součástí zvlášť.

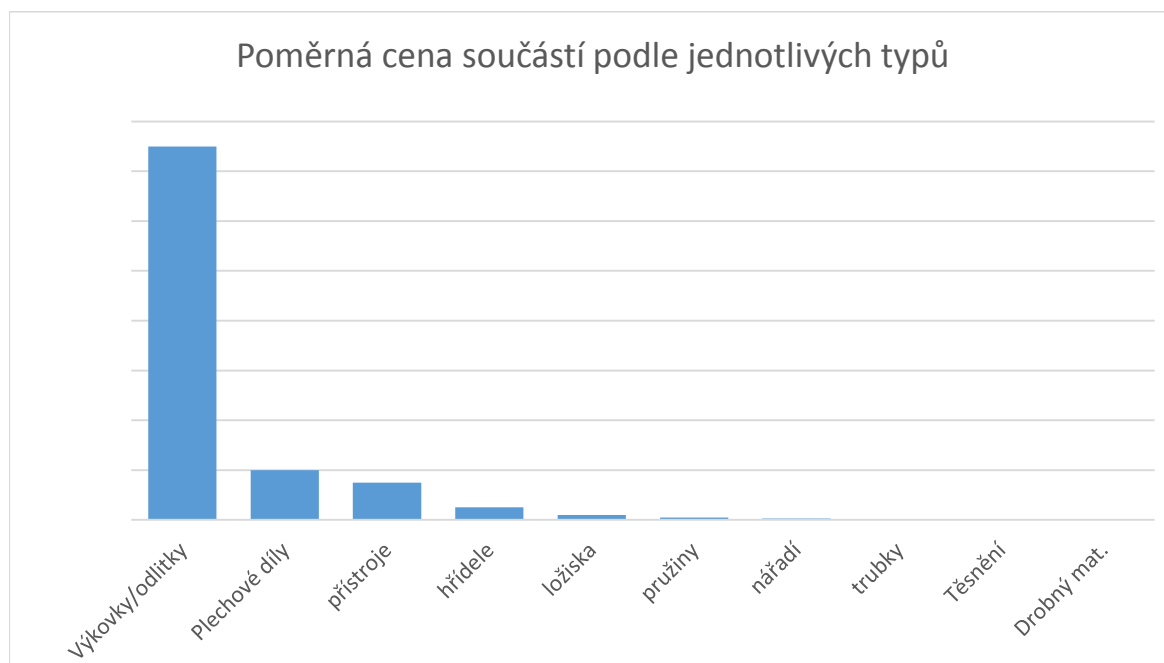
Typy součástí

Vzhledem k velkému množství typů součástí se tato práce omezuje pouze na ty nejdůležitější. Přičemž kritérium důležitosti bylo stanoveno podle nejdražších a nejčtenějších typů dílů, viz obrázky 4 a 5. Nejdražším typem součástí jsou hutní polotovary, zejména zápusťkové výkovky a odlitky. Z těch se vyrábí většina kritických dílů, na které jsou v letectví kladeny nej přísnější požadavky na kvalitu. Další důležitou typovou skupinou dílů (i když početně nejmenší) jsou hotové výrobky, převážně výrobky z CNC obráběcích center. Nakupované sestavy z plechu tvoří další skupinu dílů, kterým je potřeba věnovat pozornost. Poslední typovou skupinou, kterou se tato práce zabývá, jsou drobné součásti, jako je spojovací materiál těsnění a podobně. Ostatní nakupované položky jsou většinou na vstupní kontrole neměřitelné, vzhledem k nedostačující vybavenosti. Toto platí pro přístroje, trubky a pružiny. Nebo by měření bylo neekonomické, to platí u polotovarů plechů, ložisek nebo nářadí. Díky tomuto složení dílů vzniká na vstupní kontrole velká disproporce v požadavcích na měřicí proces a při návrhu jeho zlepšení bude tedy nutno přistoupit ke kompromisu.



Obrázek 4 Graf poměrného rozdělení počtů dílů v jednotlivých kategoriích, procházejících vstupní kontrolou ¹

¹ Graf na obrázku 4 a 5 je pouze informativní z důvodu ochrany firemních informací



Obrázek 5 Graf poměrné velikosti cen dílů v jednotlivých kategoriích, procházejících vstupní kontrolou ¹

Předem je nutno poznamenat, že vstupní kontrola by neměla svou funkci nahrazovat pracoviště hlavní kontroly, kde se používají sofistikované metody měření, pomocí CMM. Jejím hlavním úkolem je rychlé odhalení vad a v případě neshody, rychlé sjednání nápravného procesu. Vady mohou mít charakter délky – měřené rozměry mimo pole specifikace. Pro funkci vstupní kontroly jsou ale důležité také vady povrchu, které jsou odhalitelné vizuálně. Dále o nich bude pojednáno u jednotlivých skupin dílů.

Jak již bylo zmíněno, výkovky jsou spolu s odlitky nejdůležitějšími a nejdražšími díly procházející přes vstupní kontrolu. Rozměrová kontrola je u nich velice jednoduchá, protože na kontrolu hutních výrobků stačí posuvné měřítko. Pole specifikace je totiž dostatečně široké, udává norma DIN 7168, viz tabulka 2 V našem případě se u většiny dílů používá střední třída přesnosti. Tato norma předepisuje obecné rozměrové a úhlové specifikace pro odlitky a výkovky.

Tabulka 2 Třídy přesnosti hutních výrobků podle DIN 7168

Třída přesnosti	Do 6	Přes 6 do 30	Přes 30 do 100	Přes 100 do 300	Přes 300 do 1000
Jemná	+ / - 0,05	+ / - 0,10	+ / - 0,15	+ / - 0,20	+ / - 0,30
Střední	+ / - 0,10	+ / - 0,20	+ / - 0,30	+ / - 0,50	+ / - 0,80
Hrubá	+ / - 0,20	+ / - 0,50	+ / - 0,80	+ / - 1,20	+ / - 2,00
Velmi hrubá	+ / - 0,50	+ / - 1,00	+ / - 1,50	+ / - 2,00	+ / - 3,00

Problém je ve stanovení měřených rozměrů, jelikož na neopracovaných rotačních výkovech lze většinou změřit pouze výšku a průměr. To je zapříčiněno většinou kótováním rozměrů, které fyzicky neexistují. Těmi jsou například průnik přímek v prostoru, nebo uvnitř materiálu. Na vstupní kontrole se tedy přeměří ty rozměry, které jsou měřitelné, zkontroluje se neporušenost povrchu, zda se nevyskytují přeložky anebo okem viditelné vměstky. Také se kontrolují značky po provedených zkouškách (ultrazvuková defektoskopie a zkouška tvrdosti). Jelikož díly obsahují dostatečně velké přídavky na obrábění, je rozměrová kontrola spíše informativní. Důležitější roli zde hraje kontrola vizuální (i přesto, že je jednodušší). Po proběhnutí uvedených kontrol se díly předají do výroby a dále se kontrolují až po jednotlivých výrobních operacích.



Obrázek 6 Příklad odlévaného dílu – rozvaděč² [6]

U obráběných dílů se bohužel kvůli špatné vybavenosti pracoviště vstupní kontroly nedá měřit velká většina charakteristik. Jde hlavně o geometrické specifikace. Jelikož obráběných dílů prochází skrz vstupní kontrolu řádově jen pár jednotek typů, je neefektivní zavádět specializované metody, jako jsou například měřicí ramena nebo stojanové CMM. Na vstupní kontrole se opět měří pouze hlavní rozměry, jako jsou celková výška dílu a tloušťka přírub. Všechny ostatní charakteristiky se přeměří na hlavní kontrole na CMM. Probíhá zde také kontrola finálních ploch, zda se zde nevyskytují povrchové vady, jako jsou škrábance, praskliny nebo koroze.

² Obrázek 6 je pouze informativní z důvodu ochrany firemních informací, nejedná se o díl používaný na motoru H80



Obrázek 7 Příklad obráběného dílu – skříň kompresor² [5]

Nakupované plechové díly jsou tvarově složité díly, sestávající s několika vypálených a vylisovaných plechů, svařených bodovými svary. Takovéto díly se konvenčními měřidly velice špatně kontrolují, navíc pokud pracoviště nedisponuje upínacím přípravkem. V současnosti je tedy možné měřit na těchto dílech v podstatě pouze jen průměry otvorů, které byly vypáleny laserem. To je bohužel ale úkon, u kterého se dá předpokládat minimální chybovost.



Obrázek 8 příklad plechového dílu – část spalovací komor³ [4]

Povrchové vady u plechových dílů mohou mít charakter škrábanců a otlaků, častěji by se ale pracovníci vstupní kontroly měli zaměřit na deformaci rovných částí plechů. Tloušťka plechů se pohybuje okolo dvou milimetrů. To znamená, že k deformaci může dojít snadno jednak

³ Obrázky 7 a 8 jsou pouze informativní z důvodu ochrany firemních informací, nejedná se o díl používaný na motoru H80

během manipulace při výrobě (špatné zakládání do formy, nečistoty ve formě apod.) a dále jsou díly náchylné k deformaci během celé své cesty do firmy.

Pod pojmem drobný materiál se rozumí šrouby, matice a vzhledem k tvarové podobnosti výrobků i podložky, záslepky apod. Tento typ výrobků se vzhledem k hromadnému charakteru výroby, kontroluje ve velmi malém objemu z dávky (přibližně 5% z dávky a méně).

Ostatní kontrolované položky jsou velice různorodé a tak specifické, že se jejich vstupní kontrola de facto redukuje na kontrolu nepoškození detailu a ověření průvodní dokumentace. Jde zejména o různé přístroje ale také o nářadí potrubí, pružiny apod.

Vzhledem k tomu, že skrz vstupní kontrolu prochází mnoho rozdílných typů dílů, je nezbytné stanovit skupiny dílů, kterými se bude tato práce zabývat. Seřadí-li se díly podle důležitosti, jsou na prvním místě výkovky a odlitky, plechové díly a obráběné díly. Z pohledu kvantity použitých dílů je na prvním místě spojovací materiál a proto je vhodné ho také začlenit do této práce.

2.3 Dokumentace

Detailní záznamy a jejich uchovávání hrají v leteckém průmyslu klíčovou roli. Kontrolní plán je dokument, ve kterém je popsáno které rozměry se mají na dané součásti měřit. Dále jsou zde popsány nezbytné informace o díle, jako jsou číslo výkresu, číslo dávky, revize kontrolního plánu, a další firemní identifikátory.

Důležitou položkou kontrolního plánu je také stránka s vadami, které na dílu byly rozpoznány v minulosti. Díky připojené fotografii tak tyto informace operátorům pomohou se zaměřit na problematické části dílů.

V kontrolním plánu jsou zadány jednak referenční rozměry ale také úkony, které mají operátoři provádět. Tím pádem kontrolní plány plní funkci i metrologického postupu a sdružují tak všechny potřebné informace, do jednoho dokumentu.

Z pohledu používání kontrolních plánů nebyla shledána žádná příležitost ke změně, jelikož se dokumenty vyvíjely dlouhodobě a upravovaly se průběžně podle připomínek operátorů. Dále se ale nabízejí možnosti jak s již existujícími kontrolními plány pracovat. Původně byly uloženy na systémovém disku ve formátu xlsx a v případě potřeby vytisknuty, vyplněny a založeny do archivu v papírové podobě. Tato práce řeší implementaci kontrolních plánů přímo do nově navrženého programu. Jelikož tento je tvořen také v prostředí MS Excel, nebude s kompatibilitou žádný problém.



1.0 Hlavička / Head

Serial Number	123	Revize Revision	1	Datum	1.1.2015	Číslo plánu kontroly Inspection plan No.	123
Číslo položky Part No.	123	Název položky Part Name	Hřídel				
Komodita Commodity	N/A	Typ kontroly Type of Control	Vstupní kontrola			Číslo listu / Počet Sheet No. / Sheets	1 / 2

2.0 Kontrolní body / Control points

#	Popis kontroly Description of Control	Kontrolní parametry Control parameters	MIN MIN	MAX MAX	OK/ NOK	Souř. Coord	Frekvence Frequency	Měřicí vybavení Measuring equipment	Metoda kontrol Method of control
1	shoda s dod.listem a objednávkou	shoduje / neshoduje	-	-			100%		Vizuální
2	Vizuální kontrola	Kontrola povrchu	-	-			100%		Vizuální
3	Rozměrová kontrola		203,50	204,50			10%	posuvka	Měřením
4	Rozměrová kontrola		17,80	18,20			10%	posuvka	Měřením
5	Rozměrová kontrola		10,00	10,03			10%	posuvka	Měřením
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

2.1 Detaily a doplnění kontrolních bodů / Details and addition to control points

* <input checked="" type="checkbox"/> Detail kontr.:	
* <input checked="" type="checkbox"/> Detail kontr.:	
* <input checked="" type="checkbox"/> Detail kontr.:	* <input checked="" type="checkbox"/> Detail kontr.:

3.0 Řízení změn / Revision management

Revize číslo Revision No.	Datum změny Date of Change	Popis změny Description of Change	Provedl Done by	Podpis Signature
5				
4				
3				
2				
1				

Obrázek 9 Vzorová ukázka kontrolního plánu GEAC⁴

⁴ Obrázek je pouze informativní z důvodu ochrany firemních informací, nejedná se kontrolní plán pro díl používaný na motoru H80



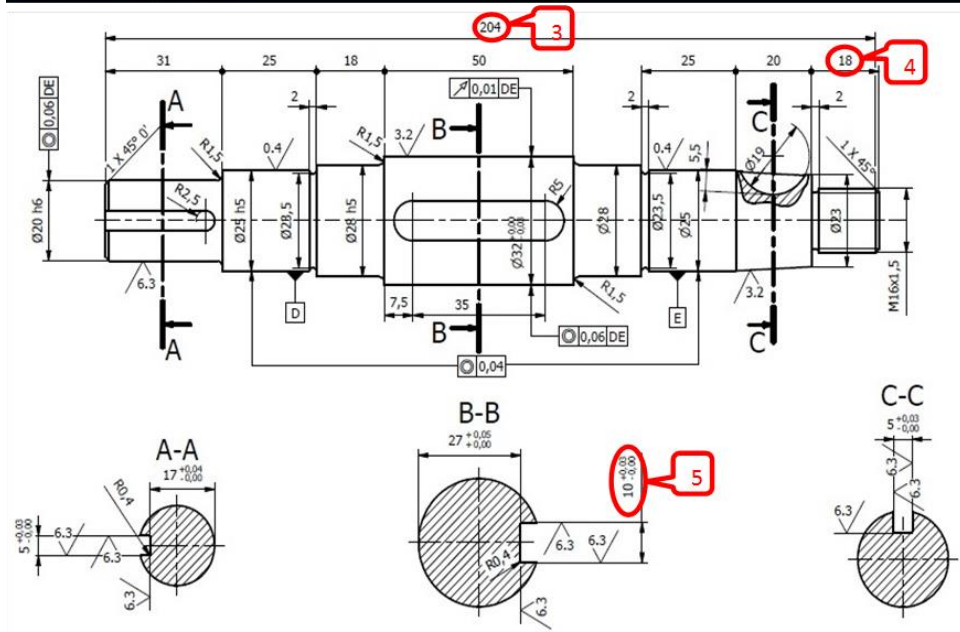
1.1 Havička / Head

Serial Number	123	Revize Revision	1	Datum	1.1.2015	Číslo plánu kont. Inspection plan No.	123
Číslo položky Part No.	123		Název položky Part Name	Hřídel			
Komodita Commodity	N/A	Typ kontroly Type of Control	Vstupní kontrola	Číslo listu / Počet Sheet No. / Sheets	2 / 2		

4.0 Výkres / Drawing

Výkres kompletní a/nebo potřebný výřez

Drawing complete and/or required cut



Obecné tolerance podle ISO 2768 - m

5.0 Vizualizace / Visualisation

Obrázek komponentu
Picture of Component



5.1 Neshody na díle / Non-conformances on component

Historie nalezených defektů (posledních 5 případů)
History of discovered defects (last 5 cases)

Datum Date	Popis vady Description of Defect	Záznam č. Record No.
5.7.2013	poškrábaná plocha	123

6.0 Ostatní / Others

Poznámky
Notes

Obrázek 10 Vzorová ukázka kontrolního plánu GEAC⁵

⁵ Obrázek je pouze informativní z důvodu ochrany firemních informací, nejedná se kontrolní plán pro díl používaný na motoru H80

3 Návrh zlepšení

V kapitole 2 Revize stávajícího procesu byly analyzovány jednotlivé oblasti měření na pracovišti vstupní kontroly. Z těchto poznatků je následně stanoven návrh zlepšení. Tento návrh však musí sledovat konkrétní cíl a také musí být v souladu s podnikovými normami. Tato dvě témata jsou tedy coby okrajové podmínky samotného návrhu zlepšení diskutována v následujících kapitolách

3.1 ISO 9000

Normy řady ISO 9000, které platí jako standard ve většině strojírenského průmyslu, udávají pravidla a doporučení pro kvalitu ve strojírenské výrobě. Poprvé byly zveřejněny v roce 1987 a vzešly z řady norem BS 5750 (British Standard). Určité úpravy a revize proběhly v roce 1994, ale až v roce 2000 vznikla nová ucelená řada ISO 9000, která sloučila tři standardy (ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003).

Tato revize řady ISO 9000 přinesla nový pohled na management kvality. Bylo zavedeno mnohem větší zaměření na zákazníka a na neustálý proces zlepšování. Podniky již tak mají povinnost sledovat, jak jsou zákazníci s výrobky spokojeni a komunikovat s nimi v záležitostech zlepšování kvality.

V leteckém, kosmickém a obranném průmyslu platí ale ještě přísnější pravidla pro kvalitu. Proto pro tyto typy průmyslů existuje přísnější norma ČSN EN 9100, která vychází z norem ISO 9001:2000 a ISO 9001:1994. V podstatě tyto normy přebírá a rozšiřuje je o nadstavbu, platnou ve zmíněných typech průmyslu. Dále budou diskutovány ty části normy ČSN EN 9100, které se vztahují k této práci a slouží tak jako vodítko pro odhalování příležitostí pro zlepšení kvality procesu.

3.2 ČSN EN 9100 [3]

Norma stanovuje, že každý podnik by měl zavádět svůj vlastní systém sledování kvality. Nespecifikuje však jak má konkrétně vypadat, ale poskytuje hlavní osnovu, co vše má obsahovat. Dále už je ponechána podnikům volnost pro zakomponování systému kvality do své struktury tak, aby co nejlépe vyhovoval jejich konkrétním požadavkům.

3.2.1 Základní požadavky normy

V normě jsou v logické návaznosti popsány všechny činnosti, které by mělo oddělení kvality ve firmě vykonávat. Na začátku je potřeba definovat jednotlivé procesy potřebné pro systém managementu kvality. Dále je nutné propojit mezi sebou tyto procesy do celku a určit jejich posloupnost, což požaduje definování také procesu řízení dokumentace a záznamů. V procesech, kde je to možné, je požadováno důkladné monitorování, měření a analyzování. K tomu je potřeba zajišťovat dostupnost potřebných zdrojů. Tyto zdroje jsou rozděleny do jednotlivých kategorií, lidské zdroje, kompetence, infrastruktura a pracovní prostředí.

3.2.2 Management zdrojů

Lidské zdroje spolu s kompetencemi popisují nejen oblast přijímání kvalifikovaných pracovníků a jejich školení pro danou pozici. Tuto oblast je rozšířena o uvědomění si závažnosti role, kterou každý pracovník sehrává při práci na výsledném produktu. V leteckém průmyslu má tento přístup velkou důležitost, jelikož nedokonale odvedená práce se může projevit v extrémních případech na ztrátě lidských životů. U méně závažných případů to může vést „pouze“ ke ztrátě důvěryhodnosti u zákazníků, což může mít velké finanční následky.

Infrastruktura a pracovní prostředí se v některých pojmech prolínají, jelikož pracovní prostředí je definováno jako podmínky, za kterých je práce vykonávána. Tyto podmínky jsou z velké části fyzické, jako je hluk, teplota osvětlení apod. Jsou tedy ovlivňovány zejména infrastrukturou, jakožto pracovními prostory, pracovním vybavením a podobně. Mimo to však infrastruktura zahrnuje také zařízení pro konkrétní proces, nejenom tedy měřidla ale i software používaný pro analýzu výsledků měření.

3.2.3 Získávání dat, měření, analýza

Získávání dat, jejich analýza a na jejím základě následné rozhodování je základem trvalého zlepšování kvality. Diskutovaná norma pro tyto účely stanovuje následující postupy.

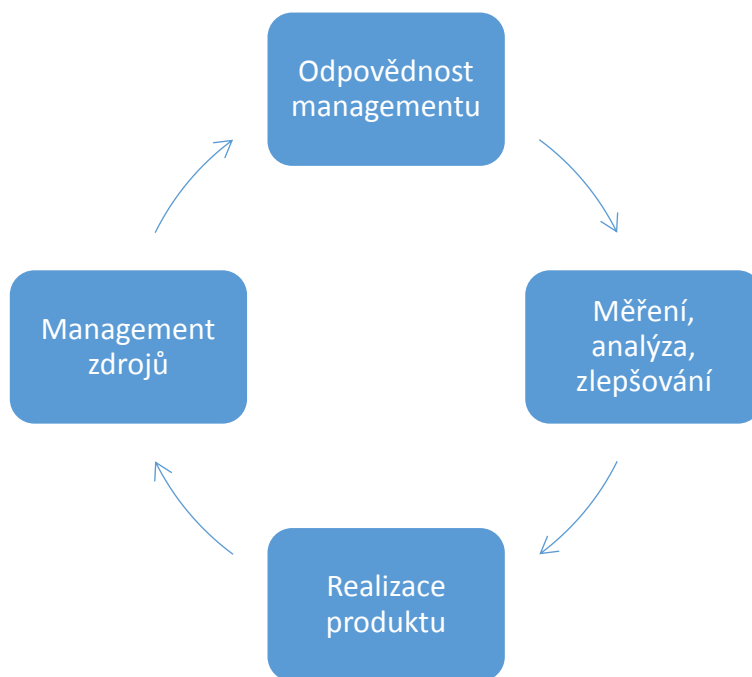
Vnitropodnikové audity. Je to efektivní cesta kontroly, zda nastavené procesy ve firmě správně fungují. Jelikož však v leteckém průmyslu figurují ještě nadnárodní instituce, které dozorují činnosti jednotlivých firem, je to také preventivní opatření proti nálezům vnějších auditů. Nález auditu takové instituce v řadě případů může negativně ovlivnit chod celé firmy. Většinou zpřísněním kontrolních procesů, což protěžuje kapacity firmy a spotřebovává je na činnosti, které negenerují zisk.

Zpětná vazba od zákazníka je také velice užitečný zdroj informací a dat. Norma předkládá managementu firmy povinnost komunikace se zákazníkem formou průběžného zavádění jeho požadavků jakožto cílů dotyčné firmy. Díky existenci těchto požadavků a následnou diskuzí nad způsobem jejich splnění tak firma neztrácí kontakt s výrobkem, ale podílí na jeho zlepšování neustále, po celou dobu jeho existence. Tento přístup je nezbytným předpokladem fungování leteckého průmyslu, jelikož ze své podstaty se výrobky (ať už jde o draky či motory) vracejí po určitém počtu letových cyklů do firmy na generální opravu. A je tedy potřebné sledovat informace o motoru i jednotlivých dílech v provozu.

Vlastní sběr dat měření je běžným postupem ve všech firmách. Podle uvedené normy se musí plánovat a implementovat procesy monitorování, analýzy a zlepšování. Dále jsou v normě předloženy návrhy pro analýzu dat. To ale s poznámkou, že zvolená metoda závisí na specifikovaných požadavcích firmy. V následujících kapitolách budou podrobně diskutovány konkrétní statistické metody, které jsou použitelné na pracovišti vstupní kontroly.

3.2.4 Zlepšování

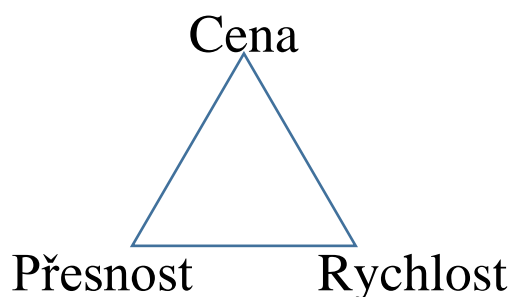
Díky zmíněným analýzám může být rozhodnuto o provedení nápravného nebo preventivního opatření. To stanovuje vždy odpovědná autorita. Tím však proces nekončí, norma stanovuje, že každé zlepšení musí být sledováno a musí být hodnocena efektivita jeho výsledků.



Obrázek 11 Cyklus neustálého zlepšování podle normy ČSN EN 9100 [3]

3.3 Stanovení cíle

Zadáním této práce je návrh zlepšení měřicího procesu. Aby se dalo toto zlepšení smysluplně realizovat, musí být na počátku stanoven jeho cíl, kterého má dané zlepšení dosáhnout. Jednotlivé požadavky pracoviště vstupní kontroly i kontroly obecně jsou totiž většinou protichůdné. Při návrhu měřicího procesu je vždy učiněno rozhodnutí na úkor jedné ze tří vlastností: ceny, přesnosti a rychlosti, jak znázorňuje obrázek 11.



Obrázek 12 Tři základní parametry měřicího procesu

Vždy je možné mít pouze dvě z uvedených vlastností. Pokud je požadavek na vysoce přesné a efektivní měření, odpovídají tomu souřadnicové měřicí stroje (CMM), které jsou ale v porovnání s ostatními měřidly velice drahé. Pokud se preferuje nízká cena a rychlost, jsou k dispozici komunální měřidla, které zdaleka nedosahují takové přesnosti. Nebo pokud je požadována vysoká přesnost a relativně nízká cena, odpovídají tomu specializované přístroje, jako jsou délkoměry. Na těch ale zase práce trvá mnohonásobně déle než na CMM.

V našem případě se při stanovení cíle zlepšení vychází z toho, k čemu vstupní kontrola slouží. Jak již bylo předesláno, důležité je rychlé rozhodnutí o přijetí či zamítnutí dávky s minimálními náklady a s požadavkem na sledovatelnost dat v čase.

V kapitole 2 Revize stávajícího procesu se došlo k závěru, že původní stav procesu z velké části odpovídá cílům vstupní kontroly. To se týká téměř všech částí diskutovaných v odpovídajících kapitolách: 2.2.1 Měřidla, 2.2.2 Obsluha, 2.2.3 Prostředí, 2.2.4 Součásti. Příležitost pro zlepšení byla nalezena v oblasti zaznamenávání, uchovávání a vyhodnocování naměřených dat. Pro tyto účely byl navrhnout program v prostředí Visual Basic Excel. Program bude představen v samostatné kapitole 4 Počítačová podpora. Pro vyhodnocování výsledků je nutná aplikace některých statistických nástrojů pro řízení kvality, které byly zakomponovány do navrženého programu. V následujících kapitolách budou rozebrány odhalené příležitosti pro zlepšení v jednotlivých oblastech procesu.

3.4 Měřidla

I naproti tomu, že měřidla byla shledána dostatečnými pro potřebná měření, možnost jak zlepšit záznam dat existuje. V dnešní době jsou již finančně dostupná digitální měřidla, připojitelná k počítači skrze Wi-Fi rozhraní. Proto typy jednotlivých měřidel zůstávají stejná, pouze se vymění za varianty s Wi-Fi konektivitou. Touto změnou se vyloučí chyba operátora, která by jinak byla způsobená špatným zápisem do papírové dokumentace. Navíc tato měřidla ve spojení s navrženým programem, urychlí proces měření. Stačí, pokud operátor zvolí měřenou součást ze seznamu a dále je programem postupně vyzván k jednotlivým měřením, takže nemusí přecházet mezi měřicím stanovištěm a počítačem kvůli zaznamenávání hodnot.

3.5 Úvod do statistických nástrojů

Nástroje statistické regulace procesu jsou k nalezení téměř v každém vyspělém průmyslovém podniku. Důvodem je jednak neustálý tlak na zlepšování kvality a to jak ze strany zákazníka, tak ze strany současných norem. Firmám tak nakonec nezbyvá nic jiného než se do tohoto procesu zlepšování zapojit.

3.6 Statistická přejímka (ČSN ISO 3951-1) [2]

Cílem je zabezpečit aby dávky ve vyhovující kvalitě byly přijaty s maximální pravděpodobností a dávky v nevyhovující kvalitě byly přijaty s minimální pravděpodobností. To vše při maximální možné míře hospodárnosti, která je určena počtem kontrolovaných kusů z každé dávky. Tomu napomáhá zvýšení počtu kontrolovaných kusů, pokud dojde ke zhoršení kvality a naopak snížení počtu kontrolovaných kusů pokud dávky dlouhodobě vykazují vysokou úroveň kvality.

Jedná se o efektivní nástroj, umožňující řídit vstupní kvalitu. Principy statistické přejímky se dají použít i na přejímky materiálu mezi středisky (vnitropodnikové přejímky) ale největší použití nachází právě na vstupní kontrole. Jde o soubor postupů, které vedou k rozhodnutí o přijetí nebo zamítnutí konkrétní výrobní dávky. Při vytváření limitů pro přijetí či odmítnutí se nepostupuje pouze jednostranně z pozice zákazníka, ale nachází se kompromis mezi zákazníkem a dodavatelem. Statistické přejímky existují dvojího druhu, dělí se na přejímku měřením a přejímku srovnáváním.

Při zavádění statistické přejímky je nutno začít s definicí konkrétních parametrů přejímky. Neexistuje jediné vhodné řešení aplikovatelné pro všechny typy provozů. Proto jsou na místě úvahy, které se vztahují k následujícím bodům.

3.6.1 Kontrola měřením proti kontrole srovnáváním

Kontrola srovnáváním se provádí pouze srovnáním konkrétního rozměru s etalonem a na základě toho je díl vyhodnocen jako shodný nebo neshodný. Běžným případem jsou například kontrolní kalibry, nebo kontrola neporušenosti povrchu součásti. Při přejímce srovnáváním tedy existují pouze dvě možné hodnoty výstupu: součást splňuje, nebo nesplňuje zadané kritérium. Na rozdíl od toho, kontrola měřením nám poskytuje mnohem detailnější přehled o kvalitě, avšak má také svoje nevýhody.

Z ekonomického hlediska je nutno porovnat náklady na provádění těchto dvou typů kontrol. Kontrola měřením je časově náročnější, vyžaduje více kvalifikovaný personál a tudíž je náročnější i finančně. Na druhou stranu větší nákladnost kontroly měřením je vyvážena mnohem větší vypovídající schopností, která je velice přínosná při manažerském rozhodování. Jelikož se zaznamenávají data v čase, snadno se vyhodnotí nebezpečné trendy, které jsou způsobeny systematickými chybami. Včasným vyhodnocením těchto trendů se může odhalit vzniklý problém ještě předtím, než variabilita procesu přesáhne meze specifikací.

Dalším hlediskem může být složitost vyhodnocování, zda dávku přijmout, či nikoli. Při kontrole měřením může být z počátku těžko pochopitelné, že dávka může být zamítnuta na základě měření provedených na výběru, který neobsahuje žádné neshodné jednotky. Nicméně v našem případě se nejedná o opodstatněnou obavu, jelikož všechny výpočty pro účely přejímky bude zpracovávat software. Poslední slovo o přijetí nebo zamítnutí dávky má navíc vždy zodpovědná osoba. Ta se nemusí nutně řídit výsledkem přejímky a v případě potřeby může být přijata i dávka, která by podle výsledku přijata být neměla.

V našem případě byla i přes větší nákladnost zvolena kontrola měřením, jelikož na pracovišti Vstupní kontroly je již rozměrová kontrola zavedena. V současnosti se však data pouze archivují a nevyužívají se pro účely statistické přejímky, ani k jiným statistickým operacím.

3.6.2 Metoda „s“ proti metodě „σ“

Po rozhodnutí o zvolení kontroly měřením, musí být rozhodnuto, zda se použije metoda „s“ nebo metoda „σ“. Metoda „s“ pracuje se směrodatnou odchylkou výběrového souboru, zatímco metoda „σ“ se směrodatnou odchylkou základního souboru. Zmiňovaná norma doporučuje na začátku použít metodu „s“ a až později přejít na metodu „σ“. Dále ale povoluje

přejít na hospodárnější metodu „ σ “, pokud je variabilita ve statisticky zvládnutém stavu. Při této metodě se i nadále vypočítává výběrová směrodatná odchylka „ s “ pro účely regulačních diagramů a záznamů.

V našem případě byla zvolena metoda „ σ “ vzhledem k menší náročnosti a vzhledem k předpokladu, že proces je ve statisticky zvládnutém stavu. Pro ověření bude sloužit SPC diagram, který bude sledovat výběrovou směrodatnou odchylku „ s “ v čase a potvrdí zmíněný předpoklad.

3.6.3 Volba kontrolní úrovně AQL

AQL je úroveň kvality, která představuje nejhorší přijatelný podíl neshodných jednotek v procesu, když je ke statistické přejímce předkládána spojitá série dávek. Neznamená to však, že toto je žádoucí úroveň kvality. Schémata přejímky uvedené ve výše zmíněné normě jsou navržena tak, aby motivovala dodavatele trvale udržovat podíly neshodných jednotek v procesu lepší než příslušné hodnoty AQL. Jinak existuje vysoké riziko, že přísnost kontroly bude změněna na zpřísněnou kontrolu, při které kritéria pro přijetí dávky se stávají náročnějšími. Jakmile se jednou přejde na zpřísněnou kontrolu a neuskuteční se opatření vedoucí ke zlepšení procesu, je velmi pravděpodobné že až do zavedení takového zlepšení se uplatní pravidlo požadující přerušení výběrové kontroly.

V běžném přejímacím plánu je podle AQL a rozsahu dávek určen rozsah výběru, který se má odebrat a ovlivňuje tak přísnost kontroly. Příslušnou přípustnou mez kvality (acceptation quality level - AQL) stanoví příslušná zodpovědná autorita. Opět zde stojí proti sobě nákladovost kontroly a pravděpodobnost, že do procesu projdou neshodné jednotky.

V našem případě má navržený výpočetní program možnost zadat AQL pro každou součást zvlášť a také ji kdykoliv změnit.

3.6.4 Přísnost kontroly

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, dle parametru přísnosti kontroly se upravuje jednak rozsah výběru a také přejímací meze viz níže, kapitola 3.6.6 Aplikace zvolené metody. Zmiňovaná norma pracuje se třemi stupni přísnosti kontroly: normální, zmírněná a zpřísněná. Důležité jsou zejména definice pravidel, v jakém případě má dojít k přechodu z jedné úrovně na jinou.

Normální kontrola se používá při zahájení kontroly (pokud není předepsáno jinak) a musí se v ní pokračovat v průběhu kontroly, dokud se neukáže jako nutná zpřísněná kontrola nebo dokud není povoleno použít zmírněnou kontrolu.

Zpřísněná kontrola se musí zavést, když při normální kontrole nebyly přijaty dvě dávky mezi jakýmikoliv pěti nebo méně po sobě jdoucími dávkami. Zpřísněné kontroly se obecně dosahuje zvýšením hodnoty přijímací konstanty „ k “ (viz kapitola 3.6.6 Aplikace zvolené metody). Rozsah výběru se může a nemusí změnit v závislosti na velikosti AQL.

Zpřísněná kontrola musí být uvolněna, když pět po sobě jdoucích dávek při původní kontrole bylo přijato při zpřísněné kontrole; potom se musí znovu zavést normální kontrola.

Zmírněná kontrola se může uplatnit po přijetí deseti po sobě jdoucích dávek za normální kontroly za předpokladu, že:

- 1) Tyto dávky by byly přijatelnými, kdyby AQL bylo o jeden stupeň přísnější
- 2) Výroba je ve statisticky zvládnutém stavu
- 3) Odpovědná autorita považuje zmírněnou kontrolu za žádoucí

Zmírněná kontrola se uskutečňuje na mnohem menším výběru „ n “ než normální kontrola a také hodnota přijímací konstanty „ k “ je snížena.

3.6.5 Volba mezí a počtu znaků

Poslední parametry, které je nutné zvolit je typ mezí a počet měřených znaků součástí. Typem mezí se rozumí, zda jde pouze o horní, či dolní mez, nebo o tzv. sloučenou kontrolu obou mezí. Jelikož se v našem případě jedná o klasické strojní součásti a na výkresech jsou vždy předepsané obě mezní hodnoty, je pochopitelně zvolená sloučená kontrola.

Počet měřených znaků v našem případě znamená pouze rozměrové charakteristiky, jelikož pro vyhodnocování geometrických specifikací není pracoviště vstupní kontroly dostatečně vybaveno. Pro úvahu, jak velký stanovit počet měřených znaků je vhodné rozdělit měřené součásti na tři skupiny. Výkovky, odlitky a hotové díly. Do skupiny hotových dílů spadají prakticky všechny zbylé skupiny dílů z kapitoly 2.2.4 Součásti. Jsou jimi obráběné díly, svařence lisovaných plechů a drobné díly.

Výkovky a odlitky mají velké obecné specifikace, jelikož ani jeden rozměr není finální. Všechny rozměry jsou také s poměrně velkým přírůstkem na obrábění. Proto se může zdát kontrola těchto rozměrů téměř nepotřebná. Nicméně sledováním i těchto rozměrů se může předejít zhoršení kvality.

U přesných odlitků se mohou rozměry lišit v závislosti na tom, jakou smrštivost má vosk, použitý pro výrobu skořepin. Z tohoto hlediska je pro účely kontroly dostačující pouze jeden rozměr. Měřený rozměr by měl být vždy ten nejdelší rozměr na součásti, aby byl případný rozdíl ve smrštění vosku co nejlépe pozorovatelný.

U zápusťkových výkovek se může vyskytnout problém se zhoršující se kvalitou forem. Trend sledovaného rozměru odhalí postupné opotřebování kvality zápusťky a dá se tak předpovědět, kdy bude nutná její oprava. Měřený rozměr by měl být ten, který odpovídá nejvíce opotřebovávaným plochám zápusťek. Všechny zápusťkově kované součásti mají charakter osazených hřídelů. Dá se tedy předpokládat, že nejvíce opotřebovávané plochy budou ty, které jsou ve styku s tvářeným materiálem nejdéle. Tyto plochy odpovídají rozměru maximální výšky výkovek.

U obráběných ploch je velké množství různě tolerovaných rozměrů. Problém je zde v tom, že chyby jednotlivých obráběných rozměrů spolu prakticky nesouvisejí. Aby se dalo zodpovědně rozhodnout o tom, zda je výrobek shodný či nikoli, bylo by potřeba změřit všechny rozměry. K tomu by však bylo potřeba mnohem sofistikovanější proces, včetně jiných měřidel a čistějšího prostředí. Jak již bylo zmíněno, hotové výrobky tvoří co do počtu poměrně malou část z dílů, které procházejí skrz vstupní kontrolu. Z toho důvodu by jakákoliv úprava procesu pouze kvůli této skupině dílů nebyla efektivní. Výsledkem této úvahy je stanovení také pouze jednoho měřeného rozměru. Měřený rozměr by měl mít nejmenší toleranci měřitelnou na vstupní kontrole. Dá se předpokládat, že rozměry s větší tolerancí jsou snáze vyrobitelné. Sledování směrodatné odchylky nám tedy poskytne alespoň předběžnou informaci o kvalitě výrobního procesu celé součásti.

Po uvedených úvahách byl stanoven jednotný počet měřených rozměrů a to jeden rozměr pro každou součást. Na jednu stranu se tím dopouštíme nepřesnosti u obráběných dílů, na druhé straně jsou však výsledky dobře sledovatelné a srovnatelné mezi jednotlivými díly. Obzvláště u přejímky měření velice narůstá složitost výpočtů a vyhodnocování přijetí dávky při více než jednom sledovaném znaku kvality. S přihlédnutím k jednoduchosti procesu jako jednoho ze základních požadavků na proces vstupní kontroly, se jeví jeden měřený znak jako optimální.

3.6.6 Aplikace zvolené metody

Po zvolení všech parametrů přejímky se může přistoupit k výpočtu. Norma pracuje s několika kódovými písmeny, ty však mají význam pouze pro orientaci v jednotlivých tabulkách normy, výpočet přímo nijak neovlivňují, a proto nebudou v dalším zmiňovány. Dále se v normě

vyskytuje pojem úroveň kontroly, která je vždy použita výchozí, pokud v dokumentaci není stanoveno jinak. Jelikož taková poznámka nikde v dokumentaci neexistuje, použije se vždy výchozí úroveň kontroly II a v rámci zjednodušení, nebude rovněž dále zmiňována.

- 1) Podle AQL se stanoví součinitel „ f_q “
- 2) Vypočte se maximální dovolená hodnota směrodatné odchylky procesu podle vzorce:

$$\sigma_{max} = (USL - LSL) \cdot f_q \quad (1)$$

- 3) Porovná se hodnota σ a σ_{max} . Pokud je $\sigma > \sigma_{max}$, dávka je ihned zamítnuta. V opačném případě se pokračuje ve výpočtu.
- 4) Podle rozsahu dávky, AQL a v závislosti na přísnosti kontroly stanoví rozsah výběru „ n “ a přijímací konstanta „ k “.
- 5) Vypočtou se přijímací meze XU a XL podle vzorců:

$$X_U = U - k \cdot \sigma \quad (2)$$

$$X_L = L + k \cdot \sigma \quad (3)$$

- 6) Z dávky se odebere výběr, změří se sledovaný znak kvality a vypočte se výběrový průměr „ \bar{x} “ a směrodatná odchylka „ σ “.
- 7) Pokud vypočtený průměr leží v intervalu $\langle X_U, X_L \rangle$ je dávka přijata, v opačném případě je dávka zamítnuta.

3.7 Statistická regulace procesu (ČSN ISO 8258)

Statistickou regulací se zabývá norma: Shewhartovy regulační diagramy (ČSN ISO 8258). A její účel popisuje slovy: „Předmětem statistické regulace výrobního procesu je napomáhat k dosažení a udržení výrobního procesu na přípustné a stabilní úrovni tak, aby se zajistila shoda výrobků a služeb se specifikovanými požadavky.“[1]

Statistická regulace procesu je určena především pro kontrolu a řízení výrobních procesů. Přesto však může být nápomocná při hledání příčin problémů, nebo při jejich předcházení i při přejímce dílů, tj. na vstupní kontrole. Pokud se vyskytne dlouhodobý trend, který bude naznačovat postupné zhoršování kvality procesu (přibližování se LCL nebo UCL), může zákazník kontaktovat dodavatele a upozornit ho na tuto skutečnost dříve, než dojde k překročení limitů a spuštění reklamačního procesu. V některých případech může reklamace znamenat zdržení celé výroby. Zamítnutí výrobní dávky tedy neznamená, ujmu pouze pro dodavatele ale také pro zákazníka.

Po zavedení statistické regulace procesu (statistical proces control - SPC) na vstupní kontrole, bude možno získaných dat využít i pro porovnávání jednotlivých dodavatelů. Pro porovnání budou sloužit jednoduše charakteristiky průměru, a směrodatné odchylky. Při porovnávání musí být brán zřetel na povahu procesu. Variability jednotlivých procesů se budou velmi lišit. Proto by měli být srovnávání pouze dodavatelé používající stejnou výrobní technologii. Ideální případ pro srovnání je, pokud dva dodavatelé vyrábějí stejný díl. Srovnání může proběhnout i ex-post, pokud firma z určitého důvodu změní dodavatele pro určitý díl, porovnáním charakteristik se dá snadno zjistit, zda nový dodavatel dosahuje nižší nebo vyšší stability procesu.

3.7.1 Rozdělení chyb

Pro úspěšné zavedení SPC je nezbytné pochopení, jakými chybami je měření zatíženo a jaké příčiny stojí za jejich vznikem. Chyby při měření se rozdělují podle závažnosti, přičemž každý z jednotlivých diskutovaných vlivů může způsobit jakoukoliv z nich. Jde o chyby hrubé, systematické a náhodné.

Hrubé chyby

Tyto chyby nejsou v žádném procese tolerovány, u měřidel se jedná například o vážné, okem viditelné poškození měřidla. U operátora to může být zase špatně zapsaná desetinná čárka a podobně. Obecně jsou hrubé chyby tak zásadní, že je velice snadné je identifikovat a napravit.

Systematické chyby

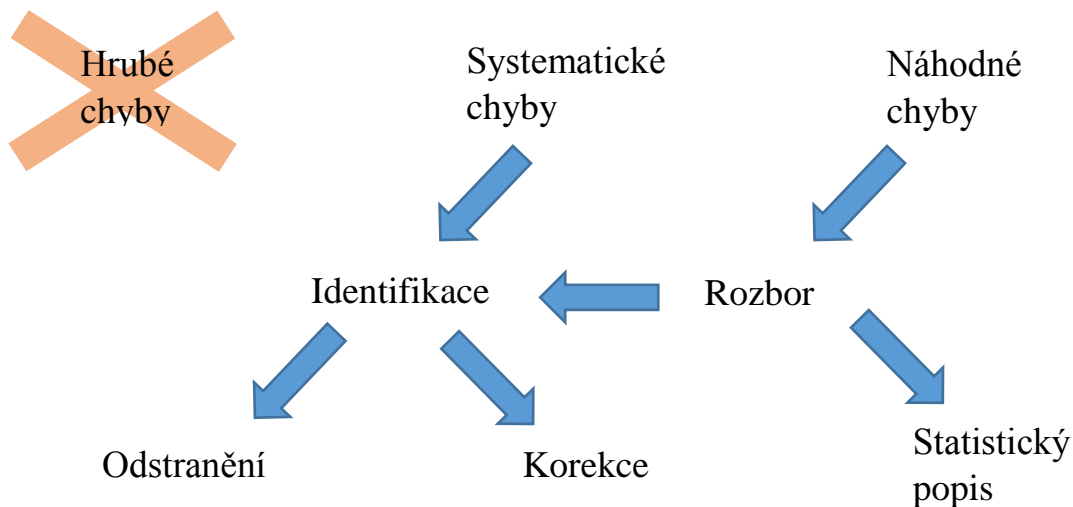
Chyby, kterým by měla být věnována největší pozornost, jsou chyby systémové. Nejsou na první pohled viditelné, a přesto výrazně ovlivňují naměřené hodnoty. Jsou způsobeny špatným měřicím postupem, prostředím a podobně. Nelze je odhalit pouhým opakováním měření, je zapotřebí změnit podmínky měření. To znamená provádět měření jedné součásti na různých pracovištích, různými operátory nebo různým postupem.

Pro odhalování systematických chyb existuje několik metod, které popisuje norma pro SPC (ČSN ISO 8258). Tyto metody budou diskutovány dále v kapitole 3.7.3 Aplikace regulačních diagramů.

Náhodné chyby

Poslední skupinou jsou náhodné chyby. Popisují skutečnou variabilitu měření a jsou přítomné v sebepřesnějším procesu. Tyto chyby můžeme pouze zaznamenávat a sledovat zda mezi nimi nevznikají chyby hrubé nebo systémové. Ke zvýšení variability procesu, tj. ke zvětšení rozptylu náhodných chyb může dojít vlivem opotřebení zařízení, zhoršení kvality vstupního

materiálu, nebo okolních podmínek. Schéma na obrázku 12 popisuje postup při odhalování chyb:



Obrázek 13 Schématické rozdělení chyb

3.7.2 Způsobilost procesu

Jakmile je proces statisticky zvládnutý (podrobně v následující kapitole), může být posouzena jeho způsobilost splnit požadavky dané specifikací. Způsobilost výrobního procesu je určena celkovým kolísáním hodnot vyvolaným pouze náhodnými příčinami. Vyhodnocování způsobilosti tedy může proběhnout až po vyloučení všech vymezených příčin a zamezení jejich opětovného vzniku po analýzách regulačních diagramů. Výrobní proces by po těchto zásazích měl setrvávat ve statisticky zvládnutém stavu alespoň 25 posledních výběrů.

Index Cp

Způsobilost výrobního procesu se nejčastěji měří ukazatelem Cp (někdy značeno PCI).

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (4)$$

Tento ukazatel udává představu o tom, jak jsou rozloženy naměřené hodnoty, vzhledem k mezím specifikace. Citace Hodnota Cp, která je menší než 1, ukazuje, že výrobní proces není způsobilý, zatím co, jeli $C_p = 1$, znamená to, že výrobní proces je pouze stěží blízký způsobilosti. V praxi se za minimální přípustnou hodnotu považuje $C_p = 1,33$, protože vždy existuje určité kolísání vyvolané odběrem jednotek a žádný výrobní proces není nikdy zcela ve statisticky zvládnutém stavu. Konec citace

Index Cpk

Ačkoliv je Cp velice užitečný index, pokud by byl posuzován pouze on, mohlo by to vést ke zkreslenému pohledu na výrobní proces. Popíše variabilitu procesu vzhledem k určeným mezím, avšak tato variabilita může ležet mimo střední hodnotu (CL). Z toho důvodu byl zaveden index Cpk, který posuzuje odděleně variabilitu mezi horní mezí a středem a odděleně variabilitu mezi spodní mezí a středem. Výsledkem jsou de facto dva indexy, z nichž se bere v úvahu vždy ten menší (horší). Mez Cpk = 1,33 pro posuzování způsobilosti procesu zůstává, jelikož v poměru se hodnoty neliší od hodnot posuzovanými Cp.

$$C_{pk} = \min\left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right] \quad (5)$$

Oba indexy jsou rovněž zakomponovány do navrhovaného programu, a pokud jsou překročeny zmiňované limity, výsledky jsou zvýrazněny. Při navrhování výpočetního programu byl kladen důraz na přehlednost a na rychlé odhalení konkrétního problému, pokud se vyskytne.

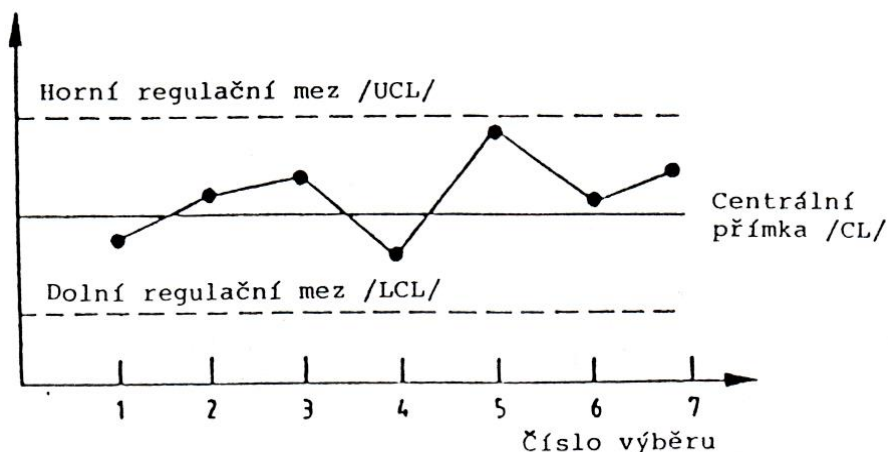
3.7.3 Aplikace regulačních diagramů [1]

Normální rozdělení

Ještě před detailním rozбором regulačních diagramů je nutná poznámka o typu rozdělení. Veškeré statistické nástroje používané pro sledování kvality fungují za podmínky, že soubor dat má Normální (Gaussovo) rozdělení. Pro testování tohoto rozdělení existuje mnoho testů, které zkoumají, na kolik se rozdělení testovaného souboru liší od teoretického Normálního rozdělení. Vzhledem k rozsahu práce se zde ověřováním normality statistického souboru nezabývá a pouze se předpokládá. Také z důvodu nedostatku správně seřazených dat by testy pro ověření normality nebyly realizovatelné. Jak bylo zmíněno v úvodu práce, všechny záznamy byly totiž doposud uchovávány pouze v papírové formě.

Shewhartův regulační diagram

Metoda regulačních diagramů napomáhá především zhodnotit, zda výrobní proces dosáhl statisticky zvládnutého stavu na náležitě specifikované úrovni nebo zda v takovém stavu setrvává, a potom docílit a udržet vlastní ovládnutí výrobního procesu a vysoký stupeň stejnorodosti podstatných znaků výrobku nebo služby tím, že se vede plynulý záznam o kvalitě výrobku v průběhu výroby.



Obrázek 14 Regulační diagram [1]

Diagram se skládá z horizontální osy – centrální přímky (CL), dvou ekvidistančních mezí (UCL, LCL). Konkrétní charakteristika se potom zaznamenává v čase a vyhodnocuje se stabilita výrobního procesu. V našem případě jsou použity diagramy pro průměr a výběrovou směrodatnou odchylku jednotlivých dávek.

Regulační meze jsou počítány dle normy za použití koeficientů. Koeficienty se mění v závislosti na tom, zda základní hodnoty (průměr, rozpětí, výběrová směrodatná odchylka) jsou stanoveny, či nikoli. V našem případě všechny hlavní hodnoty stanoveny jsou, a proto výpočet je pro všechny meze velice jednoduchý. Koeficient k je volen v závislosti na velikosti výběru. Čím větší výběr, tím menší hodnota koeficientu a tím i užší toleranční pole.

$$UCL, LCL = \bar{X} \pm k \cdot \sigma \quad (6)$$

Postup při aplikaci regulačních diagramů je následující:

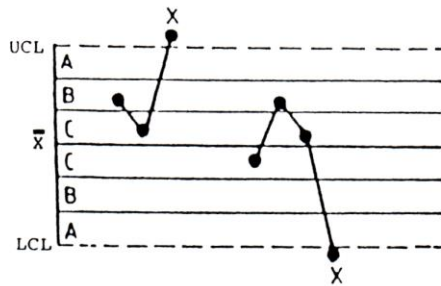
- 1) Shromáždí se a analyzují se údaje a vypočtou se průměry a směrodatné odchylky.
- 2) Nejprve je sestaven diagram pro směrodatnou odchylku. Překontrolují se bodové údaje vůči regulačním mezím, a to pro body ležící mimo tyto meze nebo z hlediska definovaných trendů.
- 3) Zkontroluje se, zda některé body neleží mimo regulační meze. Pokud ano, znamená to s největší pravděpodobností, že se zde vyskytují hrubé nebo systémové chyby (viz kapitola 3.7.1 Rozdělení chyb). Následně jsou nalezeny vymezené příčiny těchto chyb, respektive takové příčiny, které se dají exaktně popsat a poté jsou jimi ovlivněné hodnoty vyřazeny ze statistického souboru.
- 4) Jsou-li směrodatné odchylky ve statisticky zvládnutém stavu, leží-li jejich hodnoty uvnitř stanovených mezí, proces se považuje za stabilní.

- 5) Poté se sestrojí diagram pro průměry a stejně jako u předchozího diagramu se kontrolují body, zda neleží vně mezí nebo v některém z trendů. Dále se vyloučí každý bod, který nevyhoví této kontrole a poté se znova přepočítá výběrová směrodatná odchylka celého procesu, tak aby odpovídala současným hodnotám.
- 6) Následně se může provést analýza možností zlepšení procesu. Bez vnějšího zásahu, tudíž beze změny se v tomto bodě již výrobní variabilita nedá snížit. V našem případě se zde budou pouze kontinuálně kontrolovat naměřené hodnoty, jelikož výrobní proces kontrolovaných dílů nespadá již do kompetencí podniku.

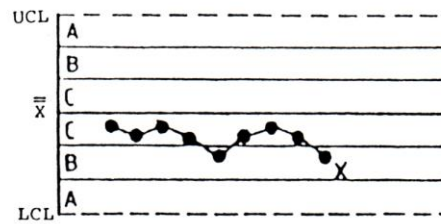
Rozbor trendů

Jednou z klíčových úloh hrají regulační diagramy při odhalování trendů ve výrobním procesu. Jinými slovy odhalují systematické chyby, jako jsou například opotřebení nástrojů, nebo zhoršující se kvalita stroje apod. Základní diagram je pro tento účel nutno doplnit o meze, které umožňují vyhodnocovat jednotlivé trendy. Tyto meze dělí základní pole specifikace mezi UCL a LCL symetricky na šest stejných oblastí. Citace Následující obrázky jsou základními skupinami často vyskytujících se trendů. Každý kdo provádí analýzu grafů, by měl navíc dle vlastního úsudku věnovat pozornost každému zvláštnímu seskupení bodů, které by mohlo ukazovat na vliv vymezitelných příčin v příslušném výrobním procesu. Proto by tyto testy měly být chápány pouze jako jednoduchá praktická pravidla pro zásah, kdykoliv se ukazuje přítomnost vymezitelných příčin. Náznak jakéhokoliv stavu v těchto testech je určitou předzvěstí přítomnosti vymezitelných příčin kolísání, které musí být diagnostikovány a opraveny.

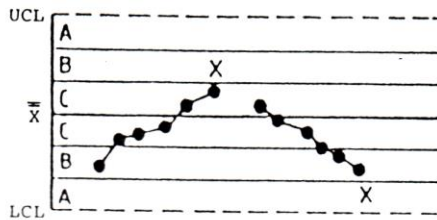
V našem případě jsou tyto trendy automaticky rozpoznávány navrženým programem, což na jedné straně urychluje práci, na druhé straně však zde zůstává riziko, že se některý nedefinovaný trend vyskytne a zůstane neobjeven. Reálné podmínky jsou ale takové, že při daném počtu, součástí které procházejí skrz pracoviště vstupní kontroly a jsou na něm měřeny, se nedá očekávat, že pracovníci budou mít čas na podrobné analyzování regulačních diagramů u každé součásti. Proto je tedy toto řešení automatického kontrolování alespoň těch základních trendů, nejefektivnější řešení. Více podrobně bude metoda kontroly trendů rozebrána v kapitole 4 Počítačová podpora.



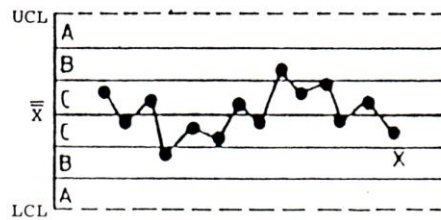
Test 1: Jeden bod leží za zónou A



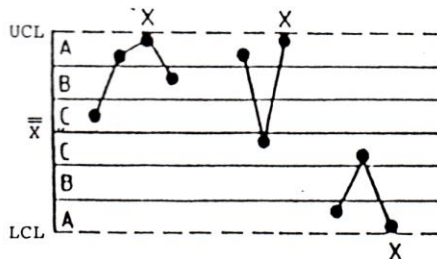
Test 2: Devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní



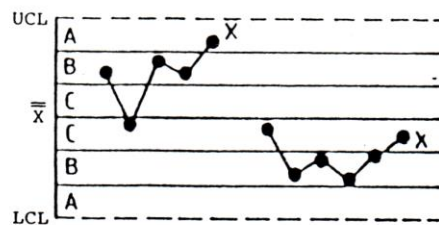
Test 3: Šest bodů v řadě za sebou je plynule stoupajících nebo klesajících



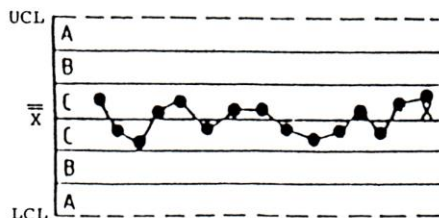
Test 4: Čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů !



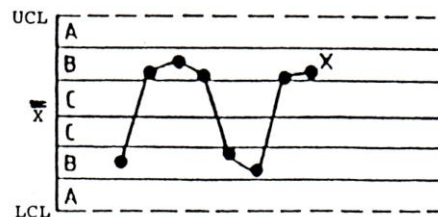
Test 5: Dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo mimo ni



Test 6: Čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo na ní

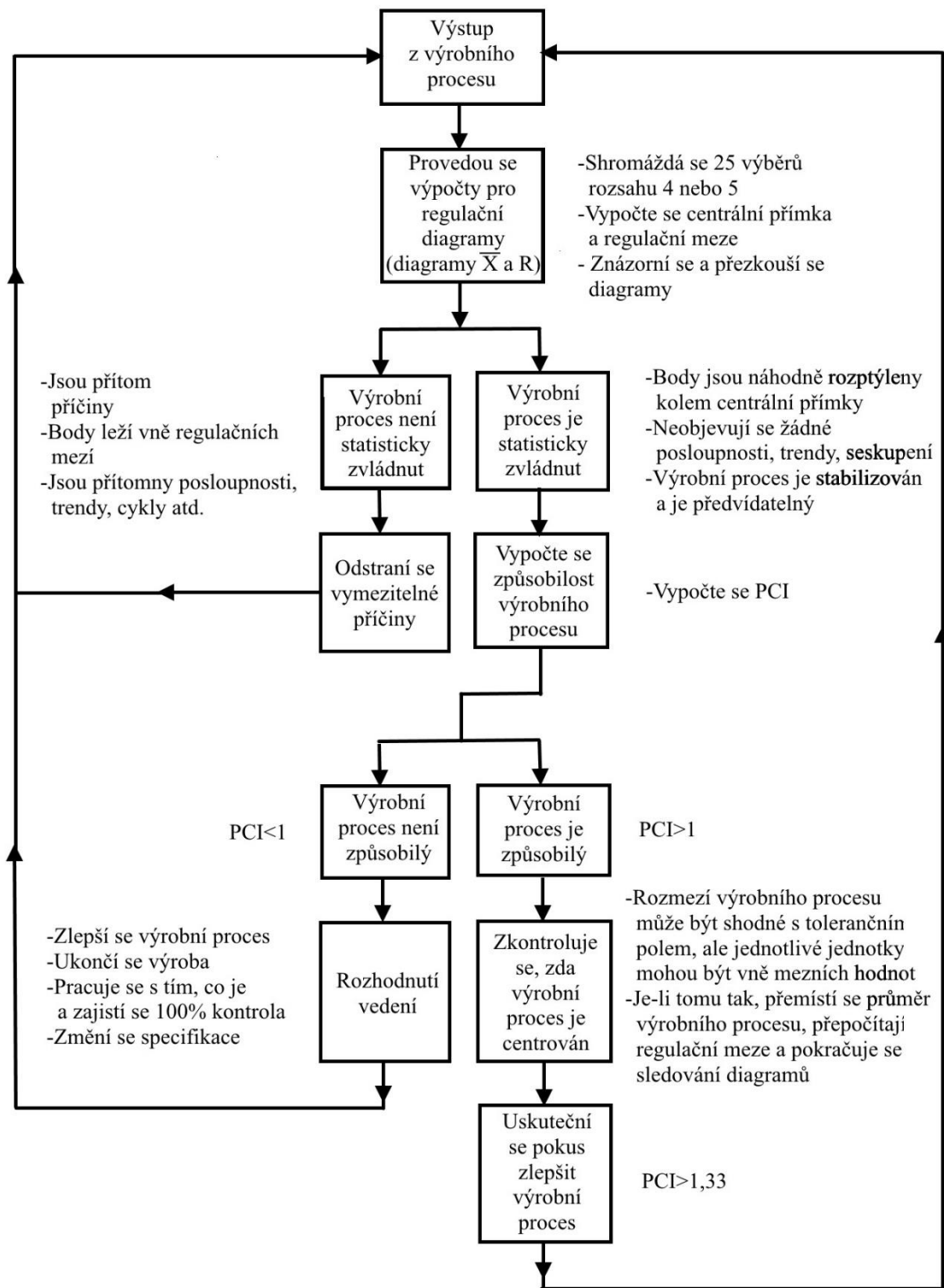


Test 7: Patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod centrální přímkou)



Test 8: Osm bodů v řadě za sebou leží na obou stranách od centrální přímkou, avšak žádný bod neleží v zóně C

Obrázek 15 Grafy vymežitelných příčin [1]



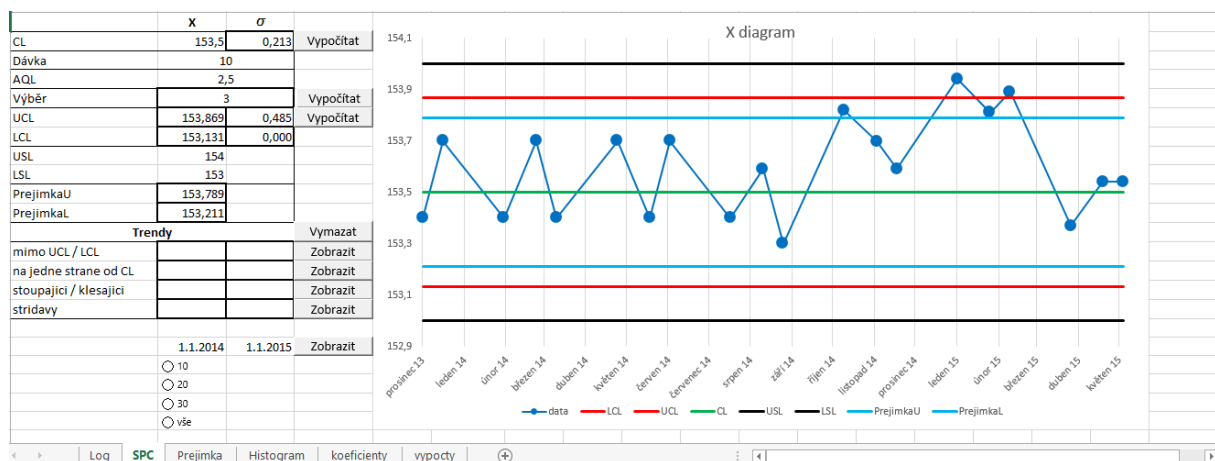
Obrázek 16 Graficky znázorněný postup při aplikaci regulačních diagramů [1]

4 Počítačová podpora

Jak již bylo na několika místech předesláno, do navrženého programu byla implementována většina výše diskutovaných metod. Cílem při tom bylo zlepšení sledovatelnosti dat a zavedení statistických metod a přehledné podání výsledků a doporučení, jakožto podklad pro manažerské rozhodování. Jednotlivé funkce navrženého programu budou diskutovány v následujících kapitolách.

4.1 Vstupy

Do navrženého programu se zadávají pouze základní data a to rozměr součásti, specifikační meze, úroveň AQL pro účely statistické přejímky a velikost dávky. Všechny ostatní potřebné údaje jsou dopočítány pomocí koeficientů z jednotlivých norem (viz příloha 18). Na obrázku 16 je vidět hlavní obrazovka programu. Všechny počítané hodnoty jsou v buňkách s tlustými rámečky. Hodnoty bez tlustých rámečků jsou vstupní data.



Obrázek 17 ukázka základní obrazovky se vstupy a vypočtenými charakteristikami

První počítaná hodnota je směrodatná odchylka základního souboru. V našem případě je počítána jako průměrná hodnota směrodatných odchylek jednotlivých dávek. Směrodatná odchylka ovlivní všechny následující výpočty. Přílohy 1 až 3 zobrazují vliv změny směrodatné odchylky na regulační a přejímací meze.

Statistická přejímka je zde implementována jednak pro výpočet a zobrazení přejímacích mezí (obrázek 16, modré čáry), které slouží jako doporučení pro rozhodování o přijetí či zamítnutí dávky, podle vypočteného průměru z měřeného znaku dávky. Dále zde výpočty statistické přejímky slouží také pro stanovení velikosti výběru. Velikost výběru je počítána z velikosti dávky a přípustné meze kvality (AQL). Změna velikosti výběru v závislosti na těchto proměnných je zobrazena v přílohách 4 až 7. Při zvětšení výběru, dojde

k přidání polí pro vzorky v databázi, jak je to zobrazeno na obrázku 17. Při zmenšení velikosti výběru se ale přebývajícím pole nesmažou, aby nedošlo ke ztrátě dat naměřených v minulosti při větším výběru. Program pracuje s dynamickými rozpětími hodnot, takže průměry, směrodatné odchylky a potažmo grafy se vždy přizpůsobí aktuální velikosti výběru.

ID	PN	SN	Zakázka	Operátor	Datum	Vzorek1	Vzorek2	Vzorek3	Vzorek4	X	Sigma	
test	test	test	test	test	19.2.2015	153,550485	153,793789	154,083554			153,81	0,29
test	test	test	test	test	6.3.2015	153,89973	154,085869	153,69254			153,89	0,25
test	test	test	test	test	20.4.2015	153,352592	152,767708	153,985737			153,37	0,24
99	test	test	test	test	14.5.2015	153,2738	153,921071	153,429923			153,54	0,34
100	test	test	test	test	29.5.2015	153,660424	153,196588	154,173001			153,68	0,49

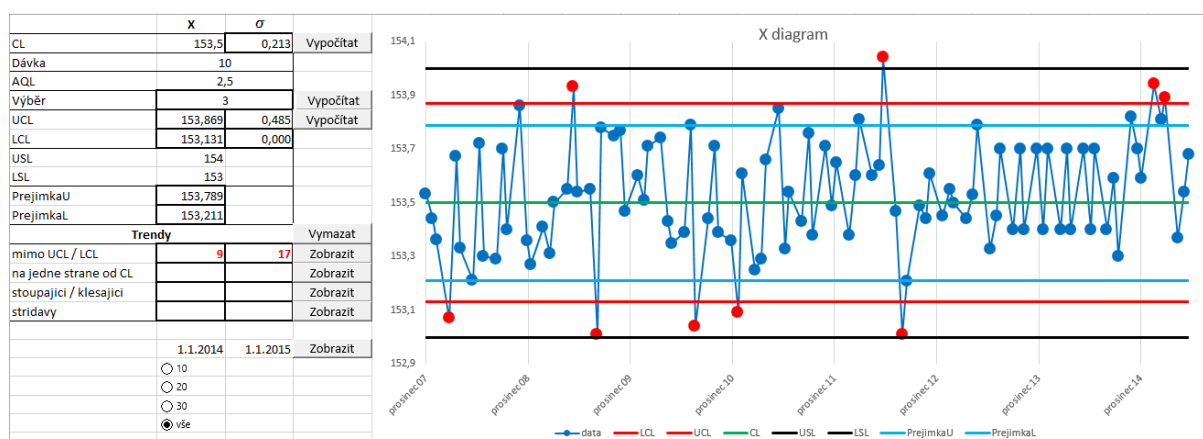
Obrázek 18 Rozšíření polí pro vzorky v databázi, v závislosti na zvětšení velikosti výběru SPC

4.2 Záznamy

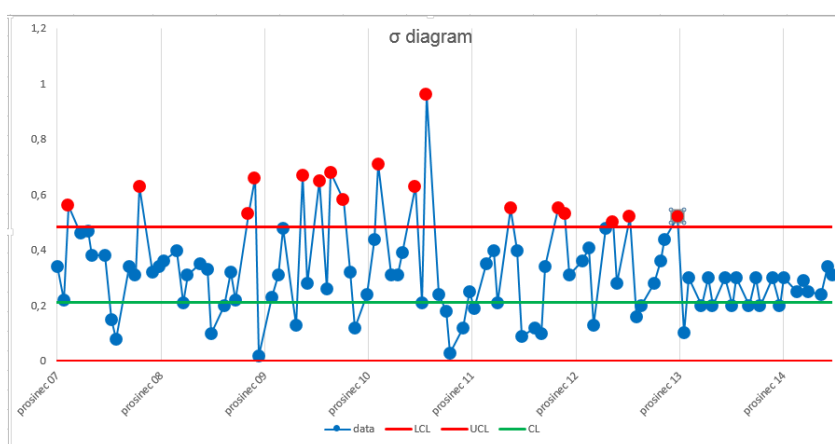
Jak již bylo řečeno, databáze záznamů tvoří velmi důležitou úlohu v přejímce zboží, v leteckém průmyslu to platí dvojnásob. Do programu se mimo naměřené hodnoty zaznamenává pořadové číslo dávky (ID), číslo výkresu součásti (part number - PN), sériové číslo konkrétního dílu (serial number – SN), označení zakázky, jméno operátora a datum přejímky. Sériové číslo je volitelný parametr, jelikož ho mají pouze větší součásti. Malé součásti jako je spojovací materiál sériová čísla z pochopitelných důvodů nemají.

4.3 Statistická regulace procesu

Regulační diagramy se vyhodnocují také na úvodní obrazovce programu. Ve vrchní části je graf pro průměry (obrázek 18) a ve spodní části graf pro směrodatné odchylky dávek (obrázek 19). Interval hodnot, ze kterého je graf vykreslen, je nastavitelný. Použít se dají přednastavené intervaly posledních 10-ti, 20-ti nebo 30-ti měření. Dále mohou být zobrazeny zcela všechny měření, nebo se může být interval nastaven od, do konkrétního data.



Obrázek 19 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 9 chybných bodů v X diagramu



Obrázek 20 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 17 chybných bodů v σ diagramu

Na této stránce programu se dále vyhodnocují body překračující regulační meze (viz obrázky 18a 19) anebo definované trendy. V současnosti je možná kontrola pouze tří základních trendů, v budoucnu budou trendy podle potřeby dopracovány. Je ale nutno upozornit, že nebezpečné trendy se nikdy nemusejí vyskytovat v pouze definovaných formacích. Proto také není prioritou definice co nejvíce trendů. Automatické odhalení trendů může být ku pomoci ale i přesto musí grafy analyzovat osoba, která je zkušená a dokáže odhalit i jiné,

nedefinované trendy, které jsou důsledkem vymežitelných příčin. Ukázky jednotlivých trendů jsou v přílohách 8 až 17.

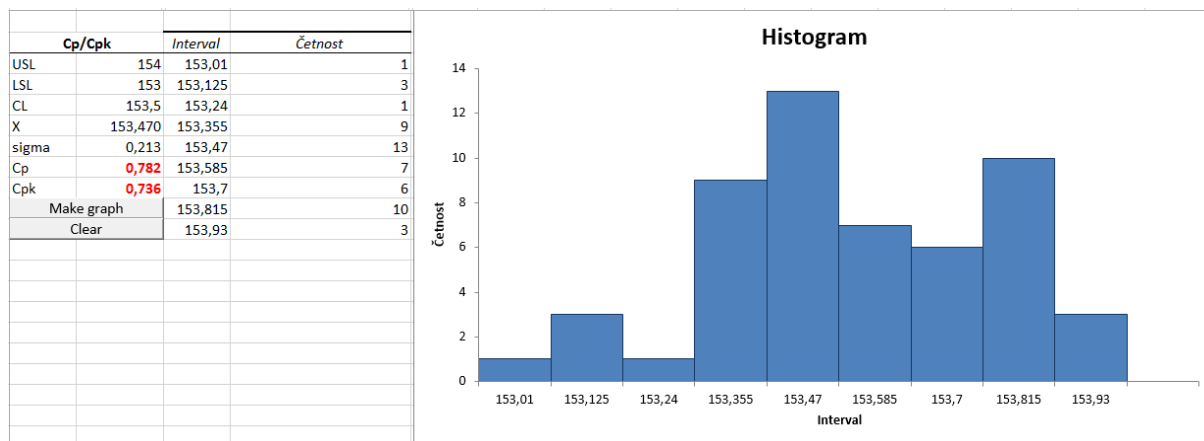
Vyhodnocení konkrétního trendu probíhá po zmáčknutí tlačítka Zobrazit. Body mimo meze, nebo body odpovídají konkrétnímu trendu, se červeně zbarví. Dále se zapíše zjištěný počet jednotlivých trendů do příslušné buňky a také se zbarví konkrétní hodnoty v záznamu, viz obrázek 20. Odpovědný pracovník tak může jednoduše zjistit, kdy a kým byla data naměřena a kolikrát se daný trend, nebo body mimo meze v intervalu vyskytují.

SN	Zakázka	Operátor	Datum	Vzorek1	Vzorek2	Vzorek3	Vzorek4	X	Sigma
test	test	test	30.1.2012	153,767486	153,249868	153,113317		153,38	0,35
test	test	test	23.2.2012	154,06034	153,337385	153,391922		153,6	0,4
test	test	test	9.3.2012	153,707065	153,663247	154,046319		153,81	0,21
test	test	test	23.4.2012	154,208154	153,150649	153,436501		153,6	0,55
test	test	test	17.5.2012	153,217319	153,688222	154,006061		153,64	0,4
test	test	test	1.6.2012	153,936785	154,088116	154,081786		154,04	0,09
test	test	test	16.7.2012	153,578358	153,48024	153,345198		153,47	0,12
test	test	test	9.8.2012	152,965195	152,945559	153,125632		153,01	0,1
test	test	test	24.8.2012	152,820353	153,444885	153,368881		153,21	0,34
test	test	test	8.10.2012	153,204002	153,135291	154,118957		153,49	0,55
test	test	test	1.11.2012	153,784688	153,713953	152,82888		153,44	0,53
test	test	test	16.11.2012	153,861245	153,698575	153,260204		153,61	0,31
test	test	test	31.12.2012	153,0714	153,476931	153,787731		153,45	0,36
test	test	test	24.1.2013	153,179963	153,983316	153,473405		153,55	0,41
test	test	test	8.2.2013	153,380963	153,635875	153,478279		153,5	0,13
test	test	test	25.3.2013	152,892052	153,729475	153,706505		153,44	0,48
test	test	test	18.4.2013	154,101993	153,186121	153,309039		153,53	0,5
test	test	test	3.5.2013	154,005516	153,899176	153,471166		153,79	0,28
test	test	test	17.6.2013	153,070529	152,987191	153,924709		153,33	0,52
test	test	test	11.7.2013	153,579607	153,27247	153,500688		153,45	0,16

Obrázek 21 Vyznačení chybných bodů v korespondenci s grafy na obrázcích 18 a 19

4.4 Histogram

Histogram je vyhodnocován rovněž ze zvoleného intervalu, proto se může stát, že při zvolení malého intervalu, bude histogram ztrácet svou vypovídající schopnost. Pro dobrou vypovídající schopnost histogramu je doporučen interval alespoň o deseti hodnotách. Vliv zvoleného intervalu na vzhled grafu histogramu je zobrazen v přílohách 18 a 19.



Obrázek 22 Histogram a indexy způsobilosti procesu

4.5 Cp/Cpk

Indexy způsobilosti procesu, o kterých je pojednáno v kapitole 3.7.2 Způsobilost procesu jsou implementovány do obrazovky Histogramu a jsou vypočítávány automaticky při každé změně dat. Pokud hodnoty překročí stanovené meze, zvýrazní se červeně, jak je vidět na obrázku 21.

4.6 Statistická přejímka

Poslední součástí je statistická přejímka, která má svůj výpočet závislý od jednotlivých koeficientů. Z toho důvodu byla do programu vložena data z tabulek normy, ze kterých se koeficienty vybírají (viz příloha 17). Z uživatelského hlediska je proces velice jednoduchý. Ze zadaných hodnot, kterými jsou opět specifikační meze, AQL, směrodatná odchylka a velikost výběru je v dvoukolovém výpočtu rozhodnuto o přijetí či zamítnutí.

USL	154
LSL	153
AQL	2,5
f _q	0,206
sigma max	4,854
sigma	0,213
1.krok prijeti	Přijmout
davka	10
kodove pismeno	B
vyber	3
k	0,991
XU	153,789
XL	153,211
Prumer	153,5
2.krok prijeti	Přijmout

Obrázek 23 Výpočet Statistické přejímky; zadané hodnoty: USL, LSL, AQL, dávka, průměr; koeficienty vyhledané v tabulkách (příloha 18): f_q, kódové písmeno, k; vypočtené hodnoty: sigma max, sigma, výběr, horní přejímací mez (XU), spodní přejímací mez (XL)

5 Vyhodnocení dat

Výše uvedené analýzy poskytují zodpovědné osobě dostatek podkladů pro učinění rozhodnutí o přijetí dávky, nápravných opatřeních, či opatřeních preventivních. Při rozhodování o přijetí dávky musí být bráno v potaz více faktorů, než pouze výsledek Statistické přejímky. Proto také toto rozhodnutí musí být učiněno člověkem, který má zkušenosti s procesem vstupní kontroly. Mimo výsledek přejímky a statistické regulace, musí být brán zřetel na aktuální stav výroby. Může se stát, že program vyhodnotí dávku jako neakceptovatelnou, ale toto rozhodnutí by mohlo na nějaký čas pozastavit celou výrobu. V tomto případě se musí zvážit, zda dávku výjimečně přijmout a opravit, nebo zda vybrat pouze shodné kusy a ty uvolnit dále do procesu. Přitom se musí brát v potaz odběratelsko-dodavatelské vztahy a smluvní podmínky.

Nápravná opatření vycházejí z okolností, které vedou k nepřijetí dávky. V tomto případě se jedná o sjednání úpravy procesu u dodavatele. Opatření preventivní mohou a

nemusí být prováděna. Tyto opatření mají podobný charakter jako v případě opatření nápravných. Jedná se ale spíše o pomoc dodavatelům při odstraňování systematických chyb v jejich výrobních procesech. Výrobce však na tyto podněty ale není nucen reagovat, pokud ho k tomu nezavazuje smlouva.

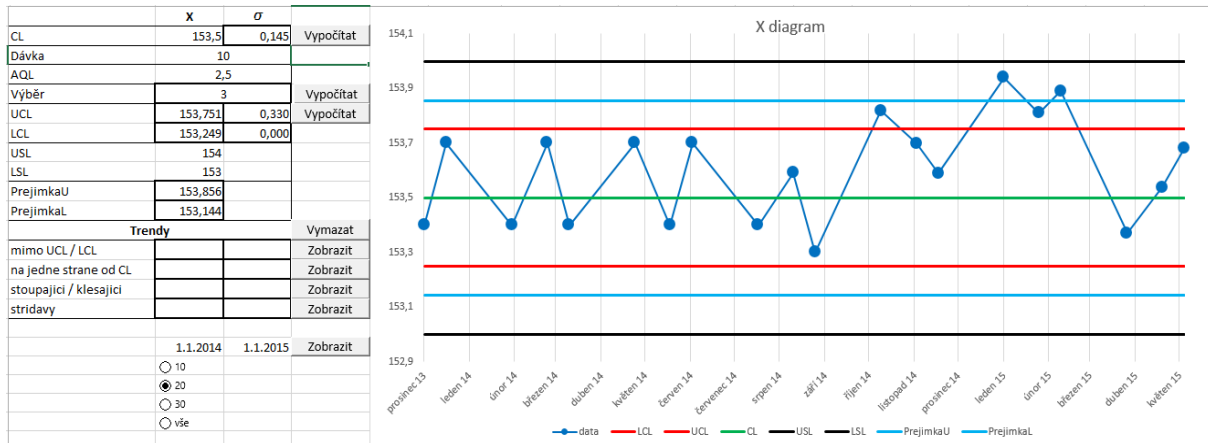
6 Závěr

Náplní této mé práce bylo navrzení zlepšení kontrolního procesu na vstupní kontrole. V rámci toho jsem v kapitole 2 Revize stávajícího procesu zanalyzoval všechny potenciální oblasti měřicího procesu. Prováděné měření jsem po technické stránce shledal dostatečným. Ale i přesto jsem navrhnul provedení úpravy při zaznamenávání naměřených hodnot, pomocí Wi-Fi rozhraní, což odstraní příležitost pro vznik chyby a urychlí proces.

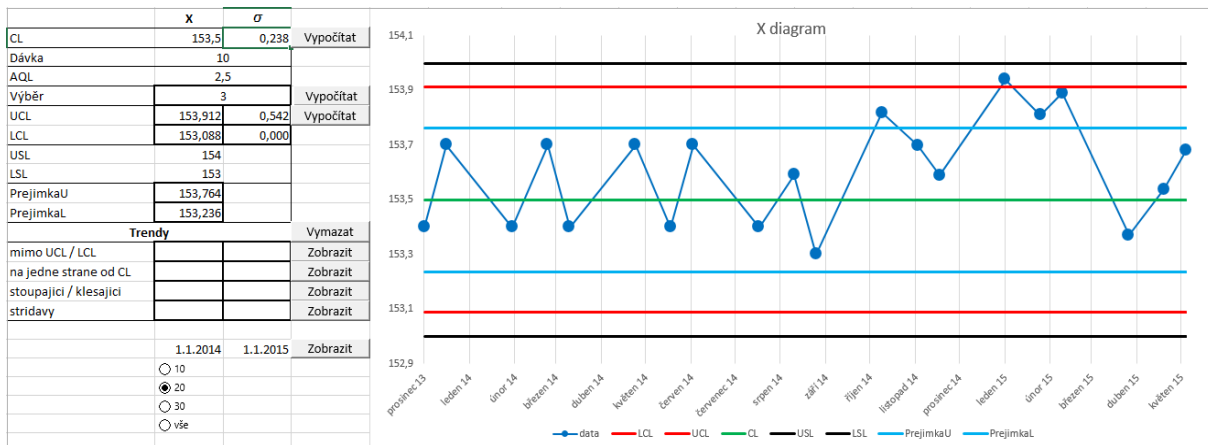
Největší příležitost pro zlepšení jsem objevil v zaznamenávání a analýze dat, která do té doby byla prováděna pouze ručními zápisy v papírové formě. Pro tyto účely jsem vybral určité statistické metody a implementoval je do programu, který jsem pro tento účel vytvořil v prostředí Visual Basic – Excel. Výsledky analýz z tohoto programu slouží jako podklad pro manažerské rozhodnutí, které činí vždy až odpovědná autorita.

V podniku GEAC bude následovat aplikace mnou navrženého programu spolu s bezdrátově připojenými měřidly a postupně budu doladřovat uživatelské rozhraní tak, aby lépe vyhovovalo operátorům při práci. Dále také vypracuji program, který bude slučovat všechny díly ve stručném přehledu. Tam bude vidět, u kterého dílu se vyskytnul problém. O jaký problém se jedná (chyba trendu, způsobilosti apod.), bude viditelné až po otevření konkrétního programu odpovídajícího dílu, respektive programu, který jsem navrhnul v této práci.

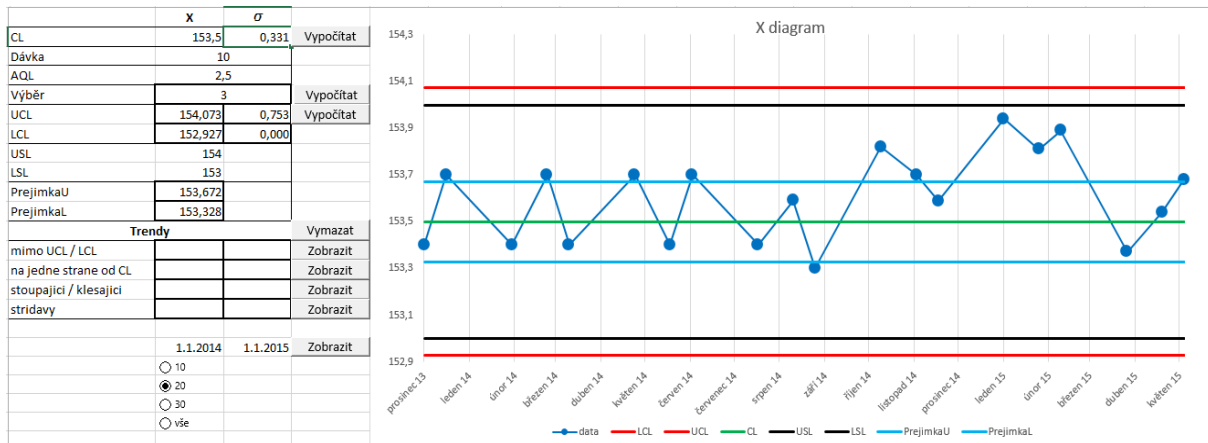
Přílohy



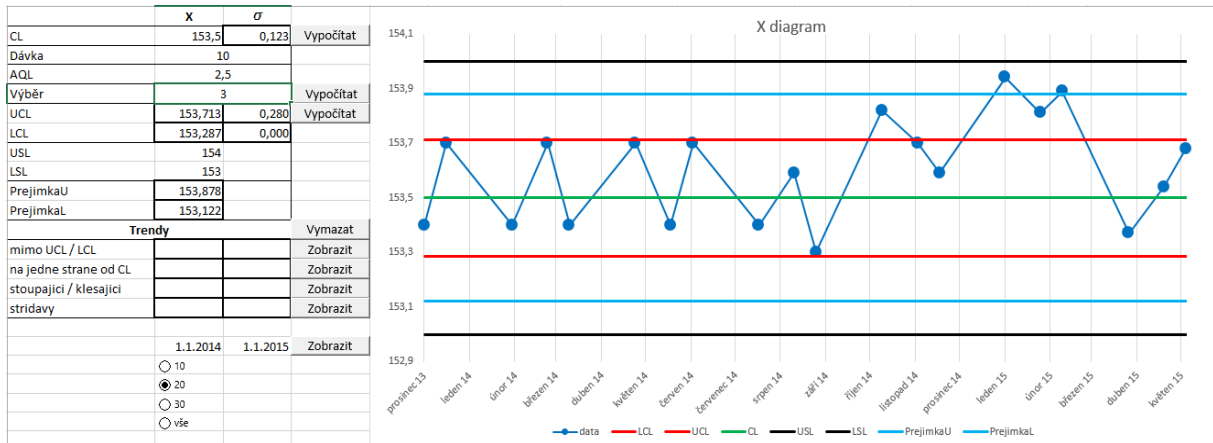
Příloha 1 Závislost regulačních mezí (červené) a přejímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,145$



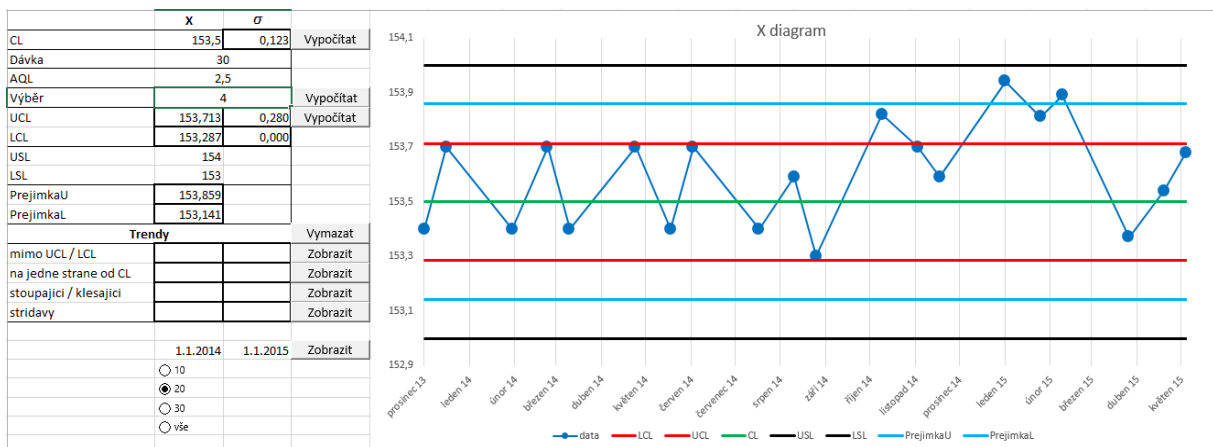
Příloha 2 Závislost regulačních mezí (červené) a přejímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,238$



Příloha 3 Závislost regulačních mezí (červené) a přejímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,331$



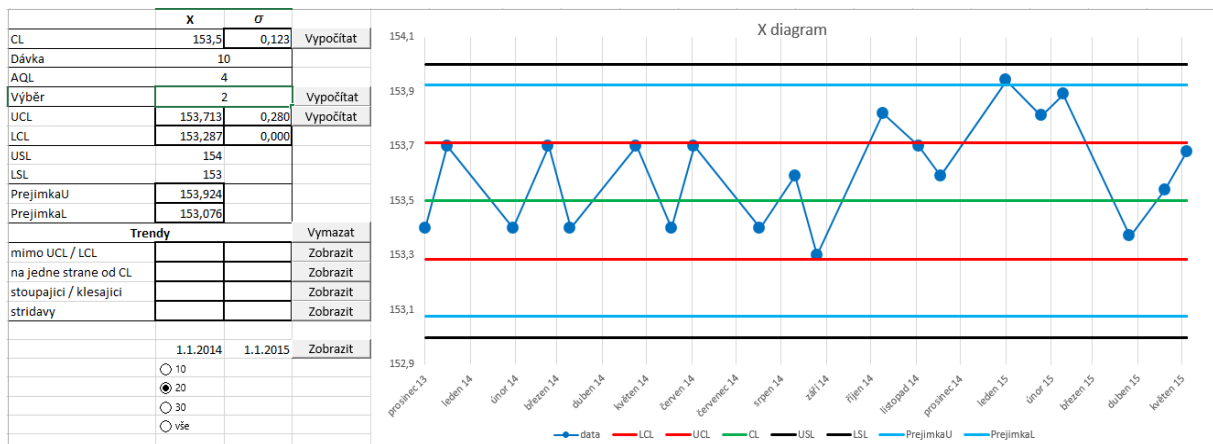
Príloha 4 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 10, AQL = 2,5, výběr = 3



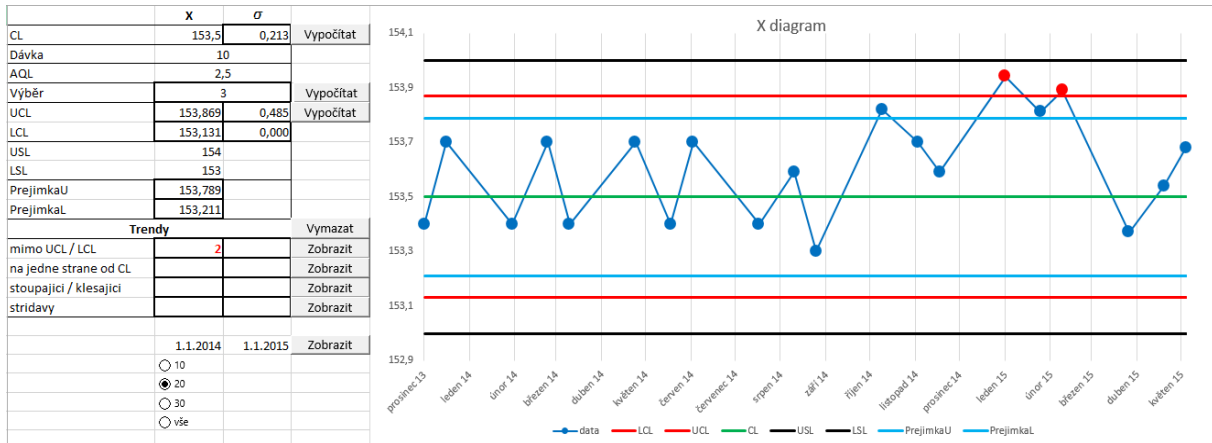
Príloha 5 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 30, AQL = 2,5, výběr = 4

ID	PN	SN	Zakázka	Operátor	Datum	Vzorek1	Vzorek2	Vzorek3	Vzorek4	X	Sigma
test	test	test	test	test	19.2.2015	153,550485	153,793789	154,083554		153,81	0,29
test	test	test	test	test	6.3.2015	153,89973	154,085869	153,69254		153,89	0,25
test	test	test	test	test	20.4.2015	153,352592	152,767708	153,985737		153,37	0,24
	99 test	test	test	test	14.5.2015	153,2738	153,921071	153,429923		153,54	0,34
	100 test	test	test	test	29.5.2015	153,660424	153,196588	154,173001		153,68	0,49

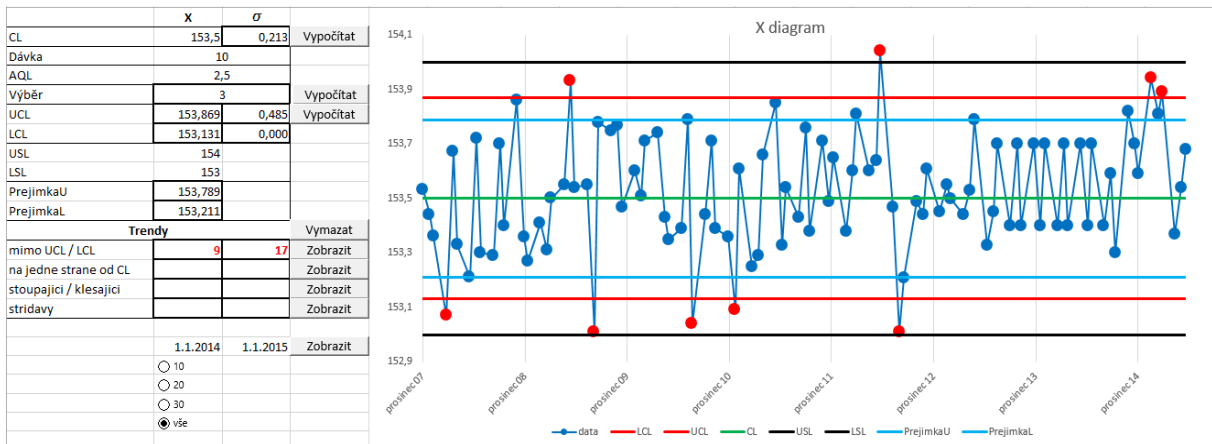
Príloha 6 Rozšíření polí pro vzorky v databázi v závislosti na zvětšení velikosti výběru (viz Příloha 5)



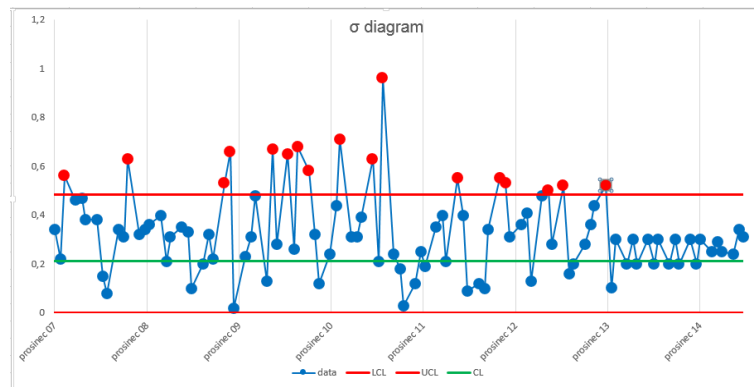
Príloha 7 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 10, AQL = 4, výběr = 2



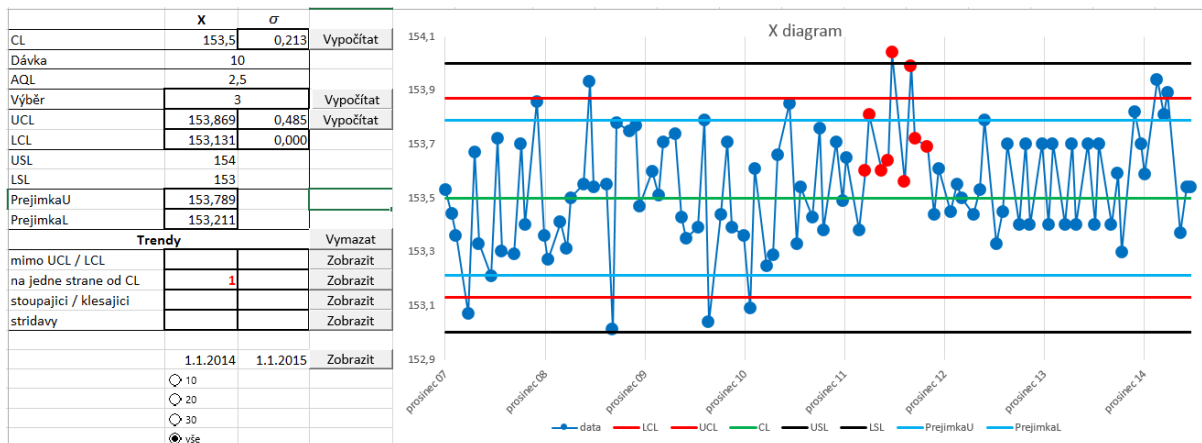
Příloha 8 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf z posledních 20-ti hodnot, 2 chybné body v X diagramu



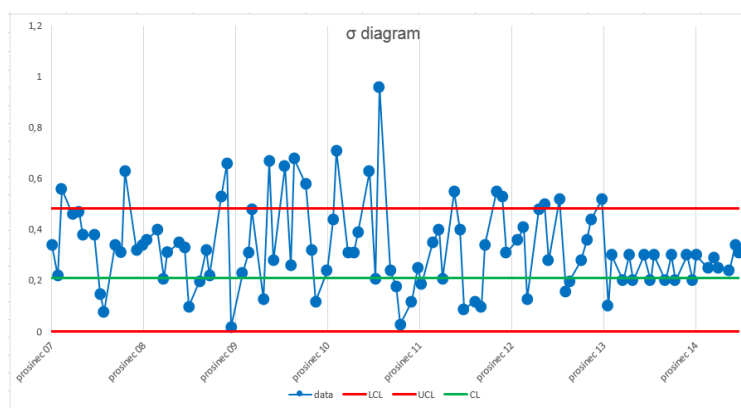
Příloha 9 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 9 chybných bodů v X diagramu



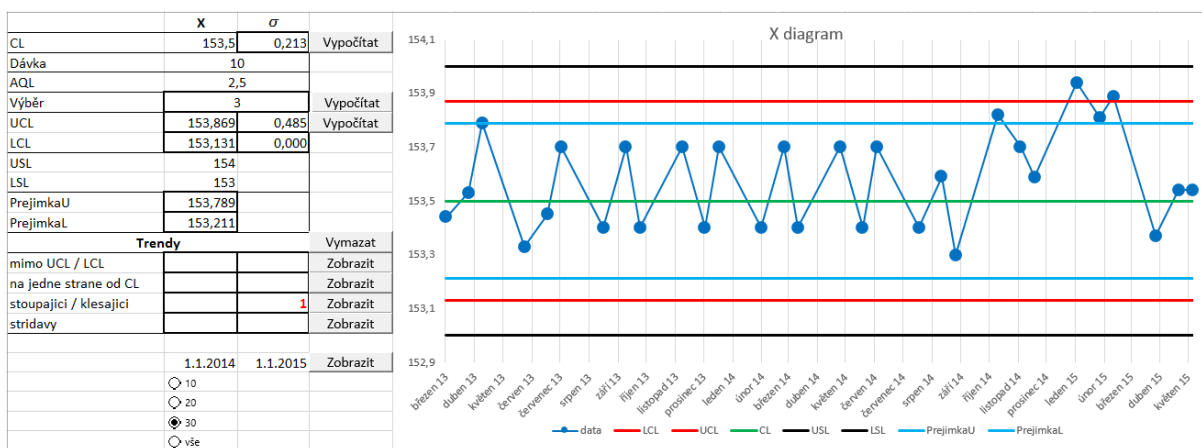
Příloha 10 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 17 chybných bodů v σ diagramu



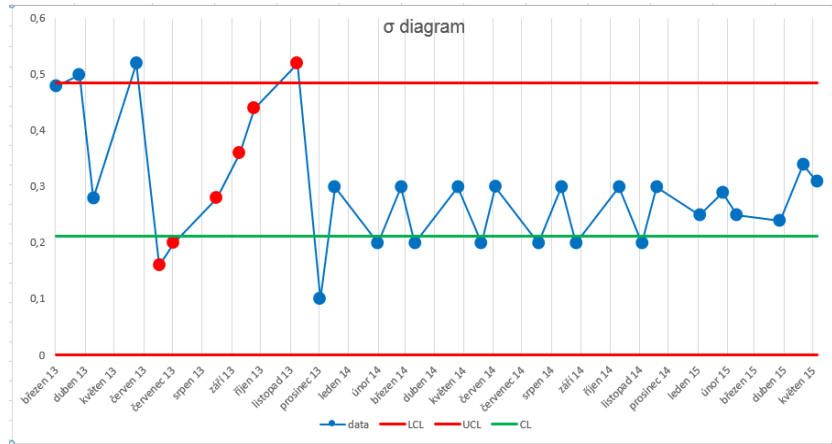
Príloha 11 Kontrola trendu – 9 a více bodů po sobě na jedné straně od centrální přímky (CL)); graf ze všech (100) hodnot, 1 chybný trend v X diagramu



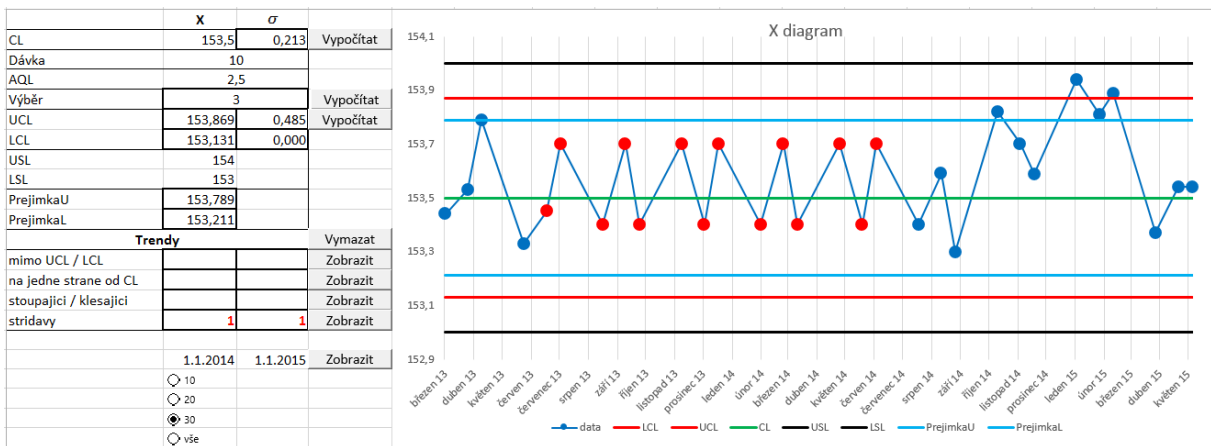
Príloha 12 Kontrola trendu – 9 a více bodů po sobě na jedné straně od centrální přímky (CL)); graf ze všech (100) hodnot, žádný chybný trend v X diagramu



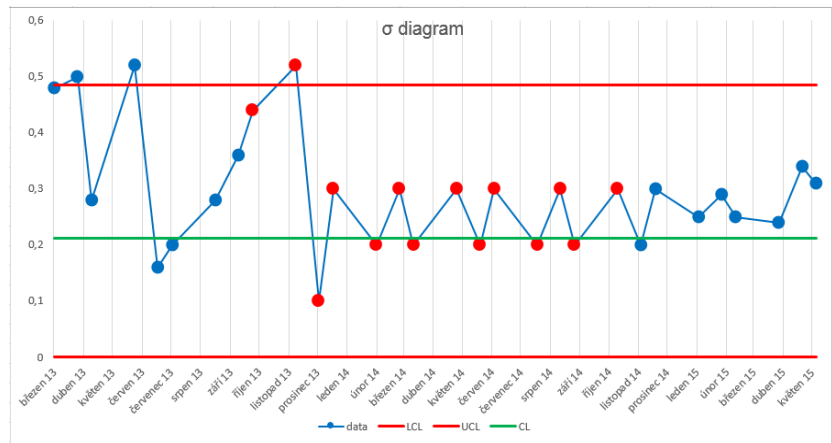
Príloha 13 Kontrola trendu – 6 a více bodů po sobě stoupajících nebo klesajících; graf z posledních 30-ti hodnot, žádný chybný trend v X diagramu



Příloha 14 Kontrola trendu – 6 a více bodů po sobě stoupajících nebo klesajících; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v σ diagramu



Příloha 15 Kontrola trendu – 14 a více bodů po sobě střídavě stoupající a klesající; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v X diagramu

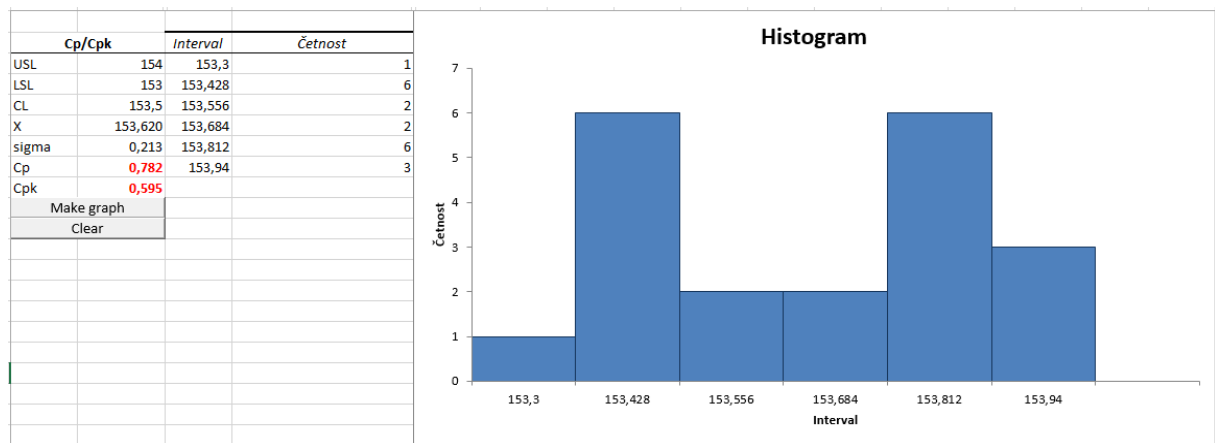


Příloha 16 Kontrola trendu – 14 a více bodů po sobě střídavě stoupající a klesající; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v σ diagramu

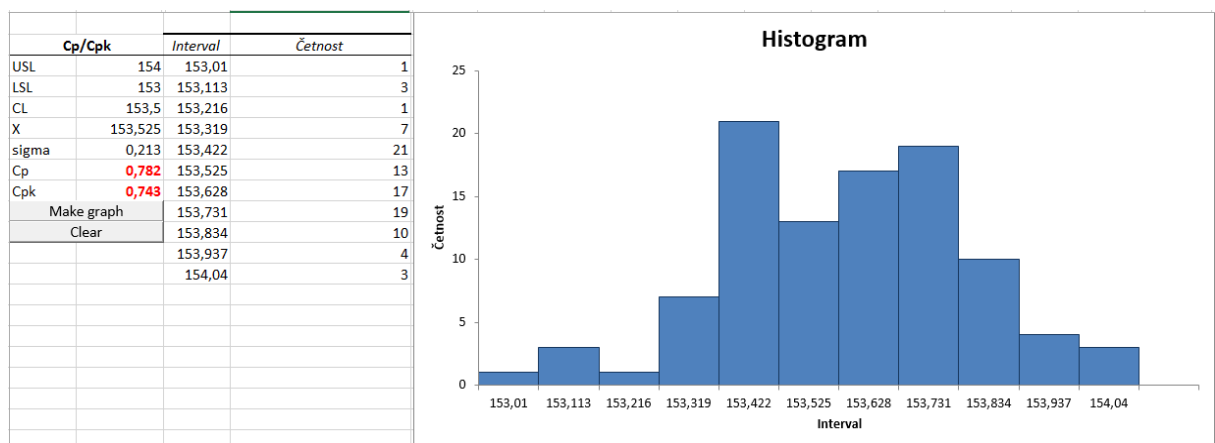
fq			Kódové písmeno			SPC			
AQL	fq	fq	rozsah davky			výběr	A	B5	B6
	0,100	0,147	min	max	obecná kon	2	2,121	0	2,606
	0,150	0,152	2	8	B	3	1,732	0	2,276
	0,250	0,157	9	15	B	4	1,5	0	2,088
	0,400	0,165	16	25	C	6	1,225	0,029	1,874
	0,650	0,174	26	50	D	8	1,061	0,179	1,751
	1,000	0,184	51	90	E	10	0,949	0,276	1,669
	1,500	0,194	91	150	F	12	0,866	0,346	1,61
	2,500	0,206	151	280	G	15	0,775	0,421	1,544
	4,000	0,223	281	500	H	18	0,707	0,475	1,496
	6,500	0,243	501	1200	J				
	10,000	0,271							

Rozsah výběru (normání)												
AQL												
kodove písmeno	rozsah vyberu	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00
B	2									0,62	0,478	0,273
C	3								0,991	0,841	0,643	0,412
D	4							1,296	1,148	0,964	0,76	0,478
E	6						1,578	1,432	1,256	1,068	0,818	0,528
F	8					1,821	1,682	1,517	1,344	1,121	0,872	0,564
G	10			2,03	1,897	1,742	1,581	1,378	1,157	0,893	0,675	
H	12		2,223	2,096	1,949	1,8	1,613	1,412	1,179	0,991	0,771	
J	15	2,41	2,289	2,15	2,009	1,835	1,65	1,439	1,273	1,082	0,879	
K	18	2,576	2,459	2,327	2,193	2,029	1,857	1,662	1,511	1,34	1,162	0,919

Příloha 17 Koeficienty používané pro většinu výpočtů Statistické přejímky a Statistické regulace



Příloha 18 Histogram a indexy způsobilosti procesu C_p a C_{pk} ; graf z posledních 20-ti hodnot



Příloha 19 Histogram a indexy způsobilosti procesu C_p a C_{pk} ; graf ze všech (100) hodnot

Seznam zdrojů

- [1] ČSN ISO 8258 Shewhartovy regulační diagramy. Praha: UNMZ, duben 1994.
- [2] ČSN ISO 3951-1 Statistické přejímky měřením – Část 1: Stanovení přejímacích plánů AQL jedním výběrem pro kontrolu každé dávky v sérii pro jediný znak kvality a jediné AQL. Praha: UNMZ, leden 2008.
- [3] ČSN EN 9100 Letectví a kosmonautika – Systém management kvality – Požadavky (podle ISO 9001:2000) a system kvality – Model zabezpečování kvality při návrhu, vývoji, výrobě, instalaci a servisu (podle ISO 9001:1994). Praha: UNMZ leden 2014.
- [4] Combustion chamber PT-6. In: Ebay [online]. © 1995-2015 eBay Inc. [vid. 14.6.2015]
Dostupné z: <http://www.ebay.com/itm/Aircraft-NOS-PT6A-Turbine-Engine-Combustion-Chamber-Liner-P-N-3014144-/121609631152>
- [5] Compressor case. In: GKN Aerospace [online]. © 2015 GKN Aerospace. [vid. 14.6.2015]
Dostupné z: <http://www.gkn.com/aerospace/products-and-capabilities/engine-casing-and-fixed-structure/frame-structures/Pages/default.aspx>
- [6] Nozzle guide vane ring. In: Alibaba [online]. © 1999-2015 Alibaba.com. [vid. 14.6.2015]
Dostupné z: http://www.alibaba.com/product-detail/nickel-base-alloy-vacuum-casting-used_2011766910.html
- [7] WALTER: BMW 240 k. In: Walter Jinonice [online]. © 2009 Mantis. [vid. 14.6.2015]
Dostupné z: <http://www.walterjinonice.cz/historie-spolecnosti-walter>
- [8] M601H80 In: GE Aviation [online]. © 2015 GE Aviation Czech s.r.o. [vid. 14.6.2015]
Dostupné z: <http://www.geaviation.cz/>
- [9] L-410 Turbolet: Wikipedia [online]. 2015 Wikipedia [vid. 14.6.2015] Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Let_L-410_Turbolet
- [10] Adrian Stratulat [online]. © 2012 AdyCAD.com [vid. 16.6.2015] Dostupné z:
<http://www.adycad.com/project.php>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Licenční letadlový motor vyrobený r.1923 v továrně WALTER: BMW 240 k. [7]	9
Obrázek 2 Letadlo L410 s motory H80 od firmy GEAC [9]	10
Obrázek 3 Motor H80, v současnosti vyráběný firmou GEAC [8]	10
Obrázek 4 Graf poměrného rozdělení počtů dílů v jednotlivých kategoriích, procházejících vstupní kontrolou	14
Obrázek 5 Graf poměrné velikosti cen dílů v jednotlivých kategoriích, procházejících vstupní kontrolou ¹	15
Obrázek 6 Příklad odlévaného dílu – rozvaděč [6]	16
Obrázek 7 Příklad obráběného dílu – skříň kompressor ² [5]	17
Obrázek 8 příklad plechového dílu – část spalovací komor [4]	17
Obrázek 9 Vzorová ukázka kontrolního plánu GEAC	19
Obrázek 10 Vzorová ukázka kontrolního plánu GEAC	20
Obrázek 11 Cyklus neustálého zlepšování podle normy ČSN EN 9100 [3]	23
Obrázek 12 Tři základní parametry měřicího procesu	24
Obrázek 13 Schématické rozdělení chyb	32
Obrázek 14 Regulační diagram [1]	34
Obrázek 15 Grafy vymežitelných příčin [1]	36
Obrázek 16 Graficky znázorněný postup při aplikaci regulačních diagramů [1]	37
Obrázek 17 ukázka základní obrazovky se vstupy a vypočtenými charakteristikami	38
Obrázek 18 Rozšíření polí pro vzorky v databázi, v závislosti na zvětšení velikosti výběru SPC	39
Obrázek 19 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 9 chybných bodů v X diagramu	40
Obrázek 20 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 17 chybných bodů v σ diagramu	40
Obrázek 21 Vyznačení chybných bodů v korespondenci s grafy na obrázcích 18 a 19	41
Obrázek 22 Histogram a indexy způsobilosti procesu	42
Obrázek 23 Výpočet Statistické přejímky; zadané hodnoty: USL, LSL, AQL, dávka, průměr; koeficienty vyhledané v tabulkách (příloha 18): f_q , kódové písmeno, k; vypočtené hodnoty: sigma max, sigma, výběr, horní přejímací mez (XU), spodní přejímací mez (XL)	43

Seznam tabulek

Tabulka 1 Seznam měřidel	12
Tabulka 2 Třídy přesnosti hutních výrobků podle DIN 7168	15

Seznam rovnic

(1) Statistická přejímka, výpočet σ_{\max}	30
(2) Statistická přejímka, výpočet X_U	30
(3) Statistická přejímka, výpočet X_L	30
(4) Způsobilost procesu, výpočet indexu C_p	32
(5) Způsobilost procesu, výpočet indexu C_{pk}	33
(6) Statistická regulace procesu, výpočet tolerančního pole	34

Seznam příloh

Příloha 1 Závislost regulačních mezí (červené) a přijímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,145$	45
Příloha 2 Závislost regulačních mezí (červené) a přijímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,238$	45
Příloha 3 Závislost regulačních mezí (červené) a přijímacích mezí (modře) na směrodatné odchylce; $\sigma = 0,331$	45
Příloha 4 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 10, AQL = 2,5, výběr = 3	46
Příloha 5 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 30, AQL = 2,5, výběr = 4	46
Příloha 6 Rozšíření polí pro vzorky v databázi v závislosti na zvětšení velikosti výběru (viz Příloha 5)	46
Příloha 7 Závislost velikosti výběru na velikosti dávky a úrovni kvality (AQL); dávka = 10, AQL = 4, výběr = 2	46
Příloha 8 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf z posledních 20-ti hodnot, 2 chybné body v X diagramu	47
Příloha 9 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 9 chybných bodů v X diagramu	47
Příloha 10 Kontrola trendu – body nacházející se mimo regulační meze (UCL, LCL); graf ze všech (100) hodnot, 17 chybných bodů v σ diagramu	47
Příloha 11 Kontrola trendu – 9 a více bodů po sobě na jedné straně od centrální přímky (CL)); graf ze všech (100) hodnot, 1 chybný trend v X diagramu	48
Příloha 12 Kontrola trendu – 9 a více bodů po sobě na jedné straně od centrální přímky (CL)); graf ze všech (100) hodnot, žádný chybný trend v X diagramu	48
Příloha 13 Kontrola trendu – 6 a více bodů po sobě stoupajících nebo klesajících; graf z posledních 30-ti hodnot, žádný chybný trend v X diagramu	48
Příloha 14 Kontrola trendu – 6 a více bodů po sobě stoupajících nebo klesajících; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v σ diagramu	49
Příloha 15 Kontrola trendu – 14 a více bodů po sobě střídavě stoupající a klesající; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v X diagramu	49
Příloha 16 Kontrola trendu – 14 a více bodů po sobě střídavě stoupající a klesající; graf z posledních 30-ti hodnot, 1 chybný trend v σ diagramu	49

Příloha 17 Koeficienty používané pro většinu výpočtů Statistické přejímky a Statistické regulace	50
Příloha 18 Histogram a indexy způsobilosti procesu C_p a C_{pk} ; graf z posledních 20-ti hodnot	50
Příloha 19 Histogram a indexy způsobilosti procesu C_p a C_{pk} ; graf ze všech (100) hodnot	50