

Aplikace statistických metod při nastavování oxidu uhlíčího na spalovacích modulech kondenzačních kotlů

Bc. Dušan Ficl

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dušan Ficl**

Osobní číslo: **T11743**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Aplikace statistických metod při nastavování oxidu uhličitého na spalovacích modulech kondenzačních kotlů**

Zásady pro vypracování:

Teoretická část.

- 1. Proveďte popis základních funkcí spalovacího modulu.**
- 2. Popište stávající systém měření.**
- 3. Analyzujte současný stav vyhodnocování výsledků měření.**

Praktická část.

- 1. Navrhněte proces zlepšení kontroly a vyhodnocování naměřených dat.**
- 2. Zavedte proces kontroly a vyhodnocování naměřených dat.**
- 3. Zajistěte udržitelnost nového procesu.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Mateides,A. a kolektiv:Manažerstvo kvality produkcie.Bratislava:Ing. Miroslav Mračko-EPOS,2006.ISBN 8080576564
2. Chajdiak,J.:Štatistické riadenie kvality.Bratislava:STATIS,1998.ISBN 8085659123
3. Kupka,K.:Štatistické řízení jakosti.Žilina:TriloByte,2001.ISBN 802381818X, 97888023818185

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Vladimír Pata**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **8. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Ficl Dušan

Obor: Řízení jakosti

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně : 26.04.2013



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

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

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

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

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

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

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

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

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

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

ABSTRAKT

FICL, DUŠAN: Aplikace statistických metod při nastavování oxidu uhličitého na spalovacích modulech kondenzačních kotlů. [Diplomová práce] / Dušan Ficl – Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická; Procesní inženýrství, Řízení jakosti.

Diplomová práce na tému „Aplikace statistických metod při nastavování oxidu uhličitého na spalovacích modulech kondenzačních kotlů“ pozostává z troch hlavných částí. V prvej teoretickej časti ide o prehľad základných štatistických metód a objasnenie postupov využívaných týchto metódami. Druhá, praktická časť, sa zaoberá konkrétnou aplikáciou základných metód v podmienkach výrobného procesu. Posledná časť pojednáva o vlastnom prínose diplomovej práce a obsahuje zhrnutie celej práce s ohľadom do budúcnosti. Predkladaná práca vznikla na základe preštudovania odbornej literatúry, podnikovej dokumentácie a sledovania využitia štatistických metód v praxi pri riadení výrobného procesu. Zámerom práce je nadobudnutie teoretických poznatkov a získanie praktických skúseností. Cieľom práce je zhrnutie poznatkov o základných štatistických metódach a ich praktickej aplikácii prehľadnou formou.

Kľúčové slová:

Kvalita, štatistika, oxid uhličitý,

ABSTRACT

The graduation theses dealing with topic „Application of statistical methods in combustion modules condensing boilers for adjusting the carbon dioxide” consists of three main parts. The first theoretical part concerns an overview of basic statistical methods and explains procedures used by these methods. The second practical part deals with particular application of basic methods under production process conditions. The final part considers an individual contribution of bachelor thesis and includes a summary of entire work with reference to the future. The offered thesis arose on the basis of studying the literature, referring to company materials and tracking the practical application of statistical methods during control of a production process. The aim of this work is to acquire theoretical information and to gain practical experiences. The goal of this work is a summary of knowledge regarding basic statistical methods and their practical application, both in a clear form.

Quality, statistics, carbon dioxide

Kvalita znamená urobiť to správne, aj keď sa nikto nedíva.

Henry Ford (* 30. júl 1863 – † 7. apríl 1947)

Ďakujem p. doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi, za skvelú spoluprácu, odborná rady, profesionálny prístup a vedenie pri mojej diplomovej práci.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

I TEORETICKÁ ČASŤ.....	14
1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRE RIEŠENIE ZADANÉHO PROBLÉMU	15
1.1 NÁSTROJE A METÓDY SYSTÉMU MANAŽÉRSTVA KVALITY	15
1.2 KLASIFIKÁCIA ŠTATISTICKÝCH METÓD.....	15
1.3 SEDEM ZÁKLADNÝCH NÁSTROJOV RIADENIA KVALITY	15
1.3.1 Kontrolná tabuľka.....	16
1.3.2 Vývojový diagram	17
1.3.3 Histogram.....	18
1.3.4 Diagram príčin a následkov	24
1.3.5 Pareto diagram.....	25
1.3.6 Korelačný diagram	27
1.3.7 Regulačný diagram	31
1.4 METÓDY ANALÝZY SPÔSOBILOSTI PROCESU	41
1.4.1 Testovanie normalít	43
1.4.2 Náhodný výber	43
1.4.3 Centrálny limitný teorém	44
2 NEISTOTA MERANIA	46
2.1 VYHODNOTENIE ŠTANDARTNEJ NEISTOTY TYPU A	48
2.2 VYHODNOTENIE ŠTANDARTNEJ NEISTOTY TYPU B	48
2.3 VÝPOČET KOMBINOVANEJ ŠTANDARDNEJ NEISTOTY U_C	49
2.4 VÝPOČET ROZŠÍRENEJ KOMBINOVANEJ ŠTANDARDNEJ NEISTOTY U	49
3 SPALOVACIE MODULY KONDENZAČNÝCH KOTLOV, NASTAVENIE A KONTROLA ICH PARAMETROV	51
3.1 PREDSTAVENIE SPOLEČNOSTI VAILLANT	51
3.2 PROCES VÝROBY A FUNKCIE SPALOVACIEHO MODULU VAILLANT.....	52
3.2.1 Zloženie a funkcia spaľovacieho modulu	57
II PRAKTICKÁ ČASŤ	60
4 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	61
4.1 NEVÝHODY STÁVAJÚCEHO RIEŠENIA.....	61
4.2 CIELE.....	65
5 REALIZÁCIA	69
5.1 DIZAJN ARCHITEKTÚRY PROCESU	69
5.2 STANOVENIE POŽIADAVIEK.....	70
5.3 TVORBA SYSTÉMU	73
5.3.1 Databáza SQL	73
5.3.2 Darex.....	73
5.3.3 Databáza meraných hodnôt Examination	79
5.3.4 Softvér štatistického vyhodnocovania kvality produkcie Analyzér	79

5.4	PRÍKLADY VYUŽITIA VYHODNOCOVANIA ÚDAJOV REGULAČNÝMI DIAGRAMAMI	84
5.5	PRÍNOSY PROJEKTU	88
6	ZÁVER	92
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	93
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	94
	ZOZNAM OBRÁZKOV	95
	ZOZNAM TABULIEK.....	97
	ZOZNAM PRÍLOH	98

Slovník termínov

Výrobok je výsledok systému súvisiacich alebo previazaných činností, ktoré transformujú vstupy na výstupy.

Proces sa definuje ako systém činností, ktoré transformujú vstupy na výstupy.

Kvalita je miera s akou množina vlastných charakteristík spĺňa požiadavky.

Cieľ kvality je niečo, čo sa hľadá alebo o čo sa usiluje v súvislosti s kvalitou.

Charakteristika kvality je vlastná charakteristika produktu, procesu alebo systému týkajúca sa požiadaviek.

Požiadavka je potreba alebo očakávanie, ktoré sa určia, všeobecne sa predpokladajú alebo sú povinné.

Stupeň je kategória alebo poradie priradené rozličným požiadavkám na kvalitu výrobkov, procesov alebo systémov, ktoré plnia rovnaké funkcie pri používaní.

Zákazník je organizácia alebo osoba, ktorá prijíma produkt.

Spokojnosť zákazníka je názor zákazníka na úroveň, na akej sa splnili jeho požiadavky.

Spôsobilosť je schopnosť organizácie, systému alebo procesu realizovať výrobok, ktorý spĺňa požiadavky naň kladené.

Dodávateľ je organizácia alebo osoba, ktorá poskytuje produkt.

Chyba je nesplnenie požiadavky týkajúcej sa zamýšľaného alebo určeného používania.

Kontrola je hodnotenie zhody pozorovaním a posudzovaním sprevádzaným podľa potreby meraním, skúšaním alebo porovnávaním.

Náprava je činnosť na odstránenie zistenej nezhody.

Nápravná činnosť je činnosť na odstránenie príčiny zistenej nezhody.

Zhoda je splnenie požiadavky.

Nezhoda je nesplnenie požiadavky.

Organizácia je skupina pracovníkov a zariadení s usporiadanou zodpovednosťou, právomocou a s usporiadanými vzťahmi.

Postup je špecifikovaný spôsob vykonávania činnosti alebo procesu.

Požiadavka je potreba alebo očakávanie, ktoré sa určia, všeobecne sa predpokladajú alebo sú povinné.

Preventívna činnosť je činnosť na odstránenie príčiny potenciálnej nehody.

Proces merania je súbor krokov s cieľom určiť hodnotu množstva.

Produkt je výsledok procesu: služby, softvér, hardvér, spracúvané materiály.

Riadenie kvality je časť manažérstva kvality zameraná na plnenie požiadaviek na kvalitu.

Skúška je určenie jednej alebo viacerých charakteristík podľa postupu.

Systém manažérstva kvality je systém manažérstva na usmerňovanie a riadenie organizácie s ohľadom na kvalitu.

Trvalé zlepšovanie je opakovaná činnosť zameraná na zvyšovanie spôsobilosti plniť požiadavky. [1]

Úvod

Každý deň prináša problémy, ktoré zasahujú do rozličných oblastí ľudskej činnosti. Tieto problémy majú rôzny výskyt a závažnosť, často sa opakujú, preto sa v súčasnosti okrem iných vedných disciplín rýchlo rozvíja aj teória pravdepodobnosti a štatistika. Ku spomínaným technickým, vedeckým aj každodenným problémom treba pristupovať s ohľadom na ich neoddeliteľnú vlastnosť – variabilitu. V poňatí výrobných procesov sa jedná o snahu predchádzať, resp. minimalizovať túto variabilitu. Tento jav vyplýva z nevyhnutnosti organizácií trvale poskytovať produkty spĺňajúce požiadavky zákazníka a rôznych predpisov. V súčasnosti aj podniky, ktoré už majú dobrú povest' v produkovani kvalitných výrobkov, musia nevyhnutne vyrábať kvalitnejšie produkty za pomoci stále sa zlepšujúcich procesov, ak chcú naďalej zostať konkurencieschopný.

Spomínanú prevenciu však možno zaviesť až po dôkladnom spoznaní príčin tejto variability. Znamená to skúmať všetky faktory vplývajúce na proces, ich dopad a vzájomnú interferenciu. Aby sa odhalili príslušné faktory, je potrebné kontinuálne uskutočňovať výbery, v krátkej dobe spracovať namerané údaje, interpretovať získané výsledky a vykonať nápravné a preventívne opatrenia. Touto úlohou sa zaoberá celá jedna časť SMK, ktorá sa nazýva Štatistické riadenie kvality. Zámerom uvedených činností je neustále zlepšovanie výrobného procesu resp. výstupných produktov a technológií. [2]

Takýto prístup k riadeniu kvality prináša však so sebou často nemalé náklady spojené s každou menovanou čiastočnou činnosťou. Pre efektívne využitie vynaložených nákladov je potrebné detailné a kvalifikované plánovanie jednotlivých krokov aplikácie štatistických metód, najmä s cieľom získať objektívne a výstižné informácie o skutočnom stave procesu. Tieto podniky by si mali uvedomiť, že štatistické metódy priamo podporujú proces neustáleho zlepšovania. Prevencia nekvalitnej výroby je lepšia než jej liečba a štatistické riadenie kvality poskytuje široké možnosti tejto prevencie. Pomocou takéhoto prístupu sa upevňuje postavenie podniku na trhu, čo pôsobí pozitívne na zamestnancov podniku a vedie k stabilným vzťahom s dodávateľmi a zákazníkmi v dôsledku čoho dochádza k relatívnej spokojnosti zainteresovaných strán.

Cieľom predkladanej diplomovej práce je zhrnutie poznatkov o základných štatistických metódach, ich praktickej aplikácii, grafickom zobrazení získaných výsledkov a ich interpretácii. Prínosom práce je zhodnotenie využitia štatistických metód, výber najvhod-

nejšej metódy, prípadne skupinu metód, v rámci kontroly na základe teoretických vedomostí a následné vyvodenie konštruktívnych záverov a odporúčaní zo získaných výsledkov práce.

Vlastné jadro práce tvoria tri časti. Prvá časť obsahuje teoretický základ pre základné štatistické metódy s príslušnými grafickými zobrazeniami. Druhá časť zahŕňa aplikáciu kontrolnej metódy na podmienky kontroly vo výrobnom procese v spoločnosti Vaillant Industrial Slovakia s.r.o. s grafickými výstupmi použitej metódy a zachytenie vlastného prínosu predkladanej diplomovej práce. Tretia časť obsahuje zhrnutie celej diplomovej práce s ohľadom a odporúčaniami do budúcnosti.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRE RIEŠENIE ZADANÉHO PROBLÉMU

1.1 Nástroje a metódy systému manažérstva kvality

Metódou (nástrojom) manažmentu kvality sa rozumie cieľavedomý, premyslený a sústavný postup pri riešení problémov spojených so zabezpečením a zlepšovaním kvality. Mnohostranná, rôznorodá povaha javov a procesov, súvisiacich s kvalitou procesov a výrobkov, vzdelanostná úroveň a kvalifikácia jednotlivcov a kolektívov a vyšších štruktúr riadenia kvality vo firmách, ale aj kultúrno-psychologicko-historické aspekty firmy a štátu, veľkosť firmy a zložitosť vyrábaného výrobku vyžadujú od vrcholového vedenia firmy hľadať vhodný systém nástrojov a metód pre zabezpečenie a zlepšovanie kvality. Všeobecné pravidlá zväčša zlyhávajú, ak sa používané nástroje neprispôbia daným podmienkam firmy.

1.2 Klasifikácia štatistických metód

Štatistické metódy sa delia podľa náročnosti do nasledovných kategórií:

- A. **jednoduché (elementárne, „seven old“) štatistické metódy:** kontrolná tabuľka, vývojový diagram, histogram, diagram príčin a následkov, Pareto diagram, korelačný diagram a regulačný diagram, pôvodne používané ako jednoduché postupy na riešenie problémov, sa postupne presadili ako pomocný prostriedok pri hľadaní príčin nezhôd a chýb a pri ich odstraňovaní,
- B. **stredne náročné štatistické metódy:** štatistická prebierka, testovanie hypotéz, teória odhadu, analýza rozptylu ANOVA, plánované experimenty DOE, regresná a korelačná analýza,
- C. **náročné (pokročilé, zložité) štatistické metódy:** kombinované metódy plánovania experimentov EVOP, viacrozmerná regresná a korelačná analýza, viacfaktorová analýza rozptylu, analýza časových radov (periodogram, frekvenčná analýza), klusterová analýza, senzorové metódy. [3]

1.3 Sedem základných nástrojov riadenia kvality

Skupinu siedmich základných nástrojov riadenia kvality tvorí: *kontrolná tabuľka, vývojový diagram, histogram, diagram príčin a následkov, Pareto diagram, korelačný diagram a regulačný diagram*. Uvedené metódy sa radia k jednoduchým štatistickým metó-

dam, ale ich účinnosť je veľmi vysoká a môžeme pomocou nich odhaľovať a analyzovať veľkú časť problémov s kvalitou.

1.3.1 Kontrolná tabuľka

Kontrolná tabuľka slúži k ručnému zberu prvotných údajov o procese spoľahlivým a organizovaným spôsobom. Najčastejšie oblasti použitia kontrolných tabuliek sú *vstupná, operačná a výstupná kontrola kvality polotovarov, súčiastok, hotových dielov, surovín, analýza strojov a zariadení, analýza technologického procesu, analýza nezhodných jednotiek (chybných výrobkov), záznam vstupných údajov a výpočet základných charakteristík pre regulačné diagramy.*

Usporiadany spôsob záznamu údajov umožňuje zjednodušenie a štandardizáciu záznamu dát a ich vizuálnu interpretáciu. To prináša minimalizáciu chýb pri vlastnom zbere, zázname, prepisovaní, interpretácii a ukladaní dát. Zjednodušenie je charakterizované použitím čiarok alebo značiek a symbolov namiesto čísel alebo textových charakteristík. Tým nám umožňuje záznam veľkého počtu dát do jednej tabuľky.

Kontrolné tabuľky majú tri hlavné oblasti aplikácie:

1. sú nástrojom pre záznamy výsledkov jednoduchého počítania rôznych položiek,
2. sú nástrojom zobrazenia rozdelenia súboru meraní,
3. sú nástrojom zobrazenia miesta výskytu určitých javov, napr. chýb na výrobku.

Kontrolná tabuľka môže slúžiť ako podklad pre spracovanie Paretovej analýzy a pre zostrojenie histogramu a taktiež podávajú informáciu o početnosti výskytu rôznych druhov vád a graficky zobrazujú miesta ich výskytu.

Základom tvorby kontrolných tabuliek je princíp triedenia údajov podľa zvolených hľadísk alebo ich kombináciou. Typickými hľadiskami sú druhy vád, poloha alebo miesto výskytu vady, stroj, pracovník, výrobná linka, zmena, druh materiálu, časový úsek, technologické parametre, použité meracie prístroje atď. Cieľom kontrolných tabuliek je jednoznačne zatriediť pôvod každej položky údajov tak aby bol urýchlený proces vyhľadávania príčin nezhôd a problémov.¹ Príklad použitia kontrolnej tabuľky je znázornený v (Tab.1).

¹ NOSKIEVIČOVÁ, D.: Statistické metody v řízení jakosti. Ostrava, VŠB-TU 1996, 99s.

Tab. 1 Kontrolná tabuľka rozdelenia procesu

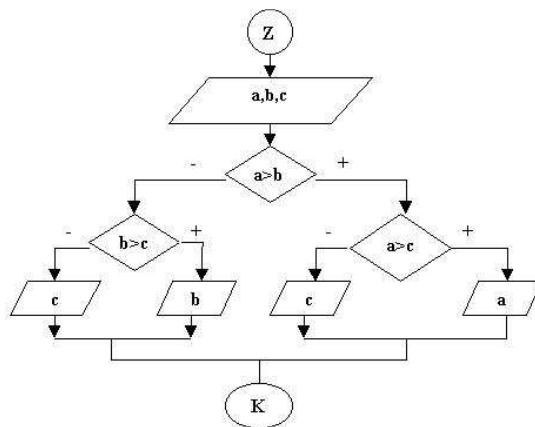
KONTROLNÁ TABUĽKA		Tabuľka č.: xxx	
Stupnica	Záznam	Súčet	Tolerančné medze
Volit' stupnicu podľa potreby	Zaznamenávať počet údajov	Numerický súčet	Definícia tolerančných medzí

1.3.2 Vývojový diagram

Vývojový diagram je základným nástrojom zdokonaľovania akýchkoľvek procesov, pretože pomáha pochopiť, ako procesy fungujú. Je dôležitou pomôckou pri budovaní systému manažérstva kvality podľa noriem ISO rady 9000.

Štruktúra a postupnosť činností tvoriacich popisovaný proces je v grafe vyjadrená blokmi zobrazujúcimi činnosti, rozhodovacími blokmi, dokumentmi a šípkami znázorňujúcimi smer postupu činností. Vývojový diagram sa najčastejšie používa pri riešení týchto situácií: *vysvetlenie procesov zákazníkom alebo používateľom, objasnenie väzieb medzi činnosťami procesov novým pracovníkom, odkrytie a objasnenie väzieb medzi útvarmi, odhalenie nedostatkov v procese (nevhodné, zbytočné alebo chýbajúce činnosti, zdvojovanie úsilia, oneskorovanie) a navrhovanie zlepšení, zrovnávanie skutočného a ideálneho priebehu procesu. Pri zostavovaní vývojového diagramu sa pracuje v tíme. Pre správnu tvorbu je veľmi dôležitá voľba otázok ako napr. Aká je predchádzajúca a nasledovná činnosť; aké sú vstupy a výstupy procesu; kam sa postupuje; ak sa rozhodne Áno/Nie, Kto rozhoduje?“. Pri zostavovaní vývojového diagramu je potrebné, aby bol popis procesu jednoduchý a stručný, prehľadný, treba správne identifikovať rozhodovanie, snažiť sa o umiestnenie jedného vývojového diagramu na jednu stránku.*

Vývojové diagramy môžeme rozdeliť na tri základné typy: *lineárny vývojový diagram, vývojový diagram vstup/výstup a integrovaný vývojový diagram. Príklad použitia vývojového diagramu je znázornený na (Obr.1).*



Obr. 1 Vývojový diagram

1.3.3 Histogram

Histogram predstavuje grafické znázornenie intervalového rozdelenia početností. Ide o stĺpcový graf, kde základňa jednotlivých stĺpikov (os x) zodpovedá šírke intervalu h a výška stĺpikov (os y) vyjadruje početnosť hodnôt sledovanej veličiny v príslušnom intervale. Vďaka prehľadnosti a vcelku jednoduchému skonštruovaniu patrí histogram k najznámejším a v praxi najpoužívanejším jednoduchým štatistickým nástrojom. Aplikuje sa *pri priebežnej kontrole vo výrobnom procese, pri overovaní spôsobilosti procesu, pri analýze presnosti a stability výkonu strojov, pri výučbe operátorov i kontrolórov.*

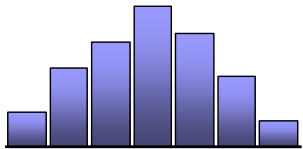
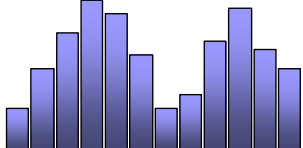
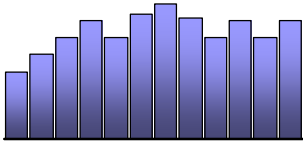
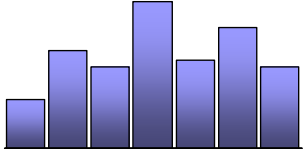
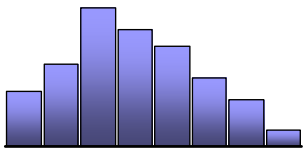
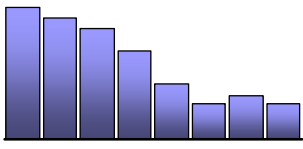
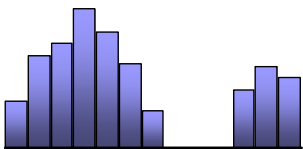
Z histogramu môžeme vyčítať nasledujúce informácie: *odhad polohy a rozptýlenosti hodnôt sledovaného znaku kvality či parametra procesu, odhad tvaru rozdelenia sledovaného znaku kvality či parametra procesu, identifikácie zmien procesu a prvotnú informáciu o spôsobilosti procesu.*

Ak sledovaný parameter výrobku má normálne rozdelenie, potom by mal mať histogram zvonovitý tvar, ktorý signalizuje, že na proces pôsobia iba náhodné vplyvy a že je v štatisticky zvládnutom stave. Každá odchýlka histogramu od tohto tvaru potom signalizuje pravdepodobné pôsobenie vymedziteľných vplyvov.² Najčastejšie sa vyskytujúce tvary histogramov vrátane možných vymedziteľných príčin sú uvedené v (Tab. 2).

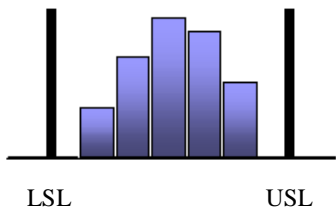
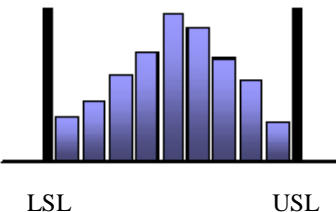
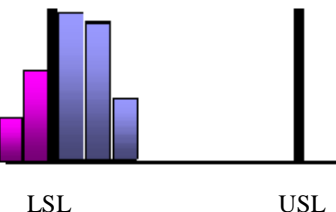
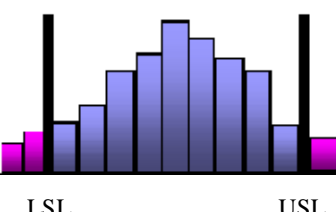
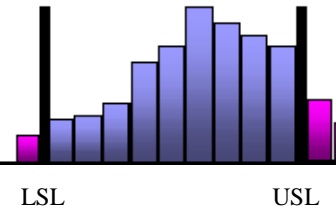
² STRAKER, D.: A Toolbook for Quality Improvement and Problem Solving. München, Prentice Hall 1995

Ak sú do histogramu zakreslené tolerančné medze, dá sa odhadnúť spôsobilosť procesu a v prípade nespôsobilého procesu možno uskutočniť opatrenia na zvýšenie spôsobilosti. Možné situácie nám ukazuje (Tab. 3). Príklad použitia frekvenčnej tabuľky ukazuje (Tab.4) a výsledný histogram je znázornený na (Obr.2).

Tab. 2 Tvary histogramov a možné vymedziteľné príčiny ich odchýlok

Tvar histogramu	Možné príčiny odchýliek tvaru histogramov
	<p>Zvonovitý tvar</p> <p>Pôsobenie náhodných vplyvov</p>
	<p>Dvojvrcholový tvar</p> <p>Zmiešanie dát z dvoch výberových súborov (z 2 výrobných dávok, 2 vyr. liniek, od 2 pracov. atď.)</p>
	<p>Plochý tvar</p> <p>Výsledok súčtu niekoľkých zvonovitých rozdelení</p> <p>Neúplný výrobný predpis</p> <p>Nedodržanie výrobného predpisu</p>
	<p>Hrebeňovitý tvar</p> <p>Nesprávne zaokrúhľovanie hodnôt</p> <p>Nesprávne zaradovanie hodnôt do tried</p> <p>Chyby merania</p>
	<p>Asymetrický tvar</p> <p>Pôsobenie objektívnych fyzikálnych zákonov</p> <p>Použitie neúplných údajov</p>
	<p>Lavostranne useknutý tvar</p> <p>Presnosť a rozlišovacia schopnosť prístroja</p> <p>Nesprávne zaradená analýza údajov (pred meraním boli vytriedené nezhodné výrobky)</p>
	<p>Zvonovitý tvar s izolovanými hodnotami</p> <p>Chyby pri prepisovaní údajov</p> <p>Chyby pri meraní</p>

Tab. 3 Histogram a spôsobilosť procesu

Situácia	Spôsobilosť a opatrenia
 <p>LSL USL</p>	<p><i>Proces je spôsobilý.</i></p> <p>Nie sú potrebné žiadne zásahy do procesu.</p>
 <p>LSL USL</p>	<p><i>Proces je blízky spôsobilosti.</i></p> <p>Krátkodobo nie je nutný žiadny zásah do procesu, z dlhodobého hľadiska treba zdokonaľiť a zvýšiť jeho spôsobilosť.</p>
 <p>LSL USL</p>	<p><i>Proces nie je spôsobilý.</i></p> <p>Sú produkované nezhodné výrobky. Proces treba centrovat' na stred tolerančného poľa.</p>
 <p>LSL USL</p>	<p><i>Proces je centrovaný avšak nie je spôsobilý z dôvodu veľkej variability.</i></p> <p>Treba prijať opatrenia na zníženie variability.</p>
 <p>LSL USL</p>	<p><i>Proces nie je spôsobilý.</i></p> <p>Proces nie je centrovaný na stred tolerančného poľa a zároveň jeho variabilita je veľká.</p>

Prameň: Moderní systémy řízení jakosti, Kolektív autorov, rok 1998

Postup pri konštrukcii histogramu:

1. Výpočet variačného rozpätia súboru R :

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1)$$

2. Stanovenie počtu intervalov k :

$$k = 5 \cdot \log n \quad (2)$$

Voľba počtu intervalov môže byť intuitívna, na základe skúseností. Je to subjektívna záležitosť, je možné ju stanoviť aj na základe vlastnej potreby. Taktiež môžeme aplikovať rôzne pravidlá. Môžeme napríklad použiť vzťah $k = \sqrt{n}$ kde n je rozsah súboru.

3. Stanovenie šírky triedneho intervalu h :

$$h = \frac{R}{k} \quad (3)$$

Výslednú hodnotu h môžeme zaokrúhliť a prípadne dodatočne upraviť počet k .

4. Zostavenie frekvenčnej tabuľky,

5. Stanovenie hraníc intervalov tak, aby x_{\min} bolo zahrnuté v 1. intervale a x_{\max} v poslednom intervale

6. Stanovenie stredov intervalov sčítaním hraníc intervalov a vydelením dvomi,

$$x_{\min} + x_{\max} / 2$$

7. Priradenie nameraných hodnôt do jednotlivých intervalov v (Tab. 4),

8. Zostrojenie samotného histogramu (Obr.2),

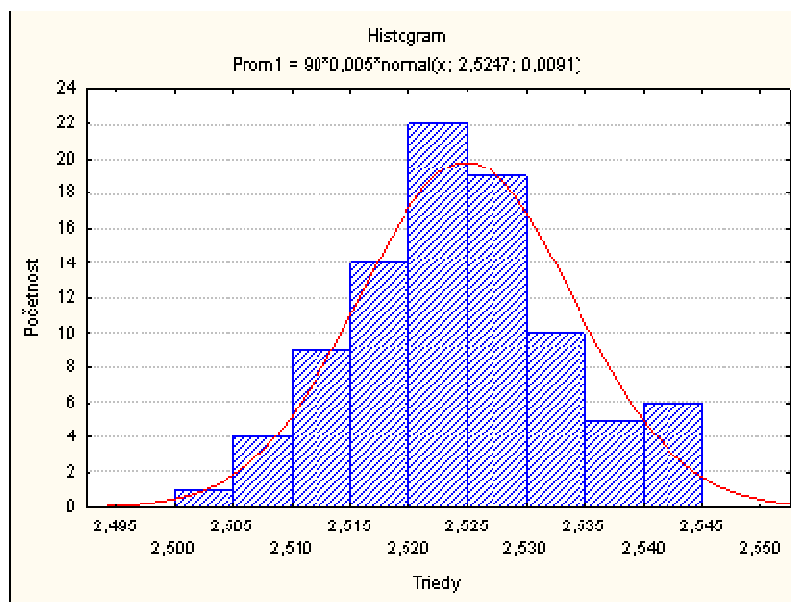
: Na os x vynesieme hranice intervalov a na os y hodnoty triednej početnosti n_i . Do grafu sa zaznačí počet nameraných hodnôt, stredná hodnota a smerodajná odchýlka súboru.³ [4]

³ HALAXA, V. a kol.: Ekonomika a řízení strojírenské výroby. Praha/Bratislava, STN/ALFA 1985

Tab. 4 Tabuľka absolútnej početnosti

Číslo intervalu	Interval	Triedny znak z_i	Zaradenie hodnôt do intervalov	Triedna početnosť n_i
1	k_1	z_{i1}		n_i
2	k_2	z_{i2}		n_i
3	k_3	z_{i3}		n_i
4	k_4	z_{i4}		n_i
5	.	.		.

Príklad zostrojeného histogramu je znázornený na (Obr.2). [12] Na os x sú vynesené stanovené hranice intervalov, šírka stĺpca zodpovedá šírke interval h a výška stĺpca os y vyjadruje početnosť znakov v danom intervale.



Obr. 2 Histogram

1.3.4 Diagram příčin a následkov

Diagram příčin a následkov je základním jednoduchým nástrojem zhromažďování informací o procesech, výsledcích, výkonnosti procesu za účelem jeho zdokonaľovania. Diagram příčin a následkov je podľa svojho tvorca Kaoru Ishikawu nazývaný Ishikawov diagram alebo podľa svojho tvaru tiež diagram rybacej kosti. Je ľahko pochopiteľný a preto aj použiteľný na všetkých úrovniach riadenia kvality. Pri aplikácii diagramu príčin a následkov na oblasť riadenia kvality ho môžeme použiť ako metódu analýzy variability procesu. Pomáha nám: *nájsť všetky možné príčiny, roztriediť príčiny do kategórií a usporiadať ich vzájomný vzťah a vplyv na výstup, odhaliť príležitosť na zlepšenie.*

V praxi sa používajú tri skupiny diagramov príčin a následkov, a to ako diagramy pre *analýzu variability procesu (najčastejšie používaný), klasifikáciu procesu a pre vyšetrenie príčin.*

Postup pri konštrukcii Ishikawovho diagramu pre analýzu variability procesu:

1. Zostavenie tímu odborníkov a jednoznačné definovanie problému, ktorý treba analyzovať a odstrániť. Tento problém sa napíše ako následok do obdĺžnika tvoriaceho „hlavu ryby“ a zľava je do stredu obdĺžnika vedená centrálna čiara.

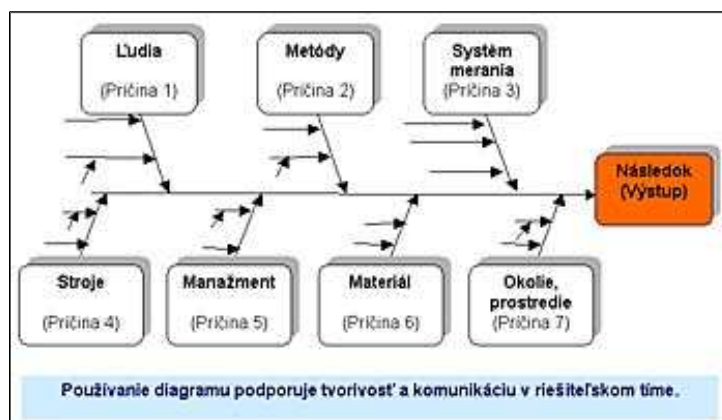
2. Tím zdefinuje hlavné príčiny následkov, ktoré sa zakreslia do diagramu na vedľajšie vetvy (kosti). Ak je obtiažne zdefinovať hlavné príčiny, môžeme použiť všeobecné skupiny príčin variability procesu známe pod označením 7M:

- 1. Ľudia, práca (Man)**
- 2. Metódy a postupy (Method)**
- 3. Systém merania (Measurement)**
- 4. Stroje (Machine)**
- 5. Systém organizovania a riadenia (Management)**
- 6. Materiál (Material)**
- 7. Vonkajšie okolie procesu (Mother nature)**

3. Tímovo sa pomocou brainstormingu určia všetky možné podpríčiny hlavných príčin. Pri definovaní podpríčin sa odpovedá na otázku „*Čo prispieva ku hlavnej príčine?*“ a podobnou otázkou „*Čo prispieva ku podpríčine?*“ sa postupuje aj na nižšej úrovni pri definovaní tzv. elementárnych príčin.

4. Bodové ohodnotenie príčin a pomocou Pareto diagramu sa zamerať na rozhodujúce príčiny.

Pri podrobnejšej analýze každého faktoru na diagrame dostaneme diagram, ktorý pripomína rybiu kosť (Obr.3). [5]



Obr. 3 Ishikawov diagram

1.3.5 Paretov diagram

V oblasti riadenia kvality je Paretov diagram jedným z najefektívnejších bežne dostupných a ľahko aplikovateľných rozhodovacích nástrojov. Pre oblasť riadenia kvality ho ako prvý použil americký odborník na kvalitu J. M. Juran ktorý sformuloval záver, že až 80 - 90% problémov s kvalitou je spôsobených malým počtom príčin (len 5 - 20%). Tieto príčiny nazval „ životne dôležitou menšinou“ na ktoré treba v ďalšej analýze zamerať svoju pozornosť, analyzovať ich do hĺbky a odstrániť alebo minimalizovať ich pôsobenie. Zvyšných 80 - 95% nazval najskôr ako „triviálna väčšina“, neskôr ako „užitočná väčšina“.

V oblasti riadenia kvality sa Paretov diagram môže použiť na: *analýzu počtu nezhodných výrobkov a ich druhov, analýzu strát s nimi spojených, analýzu strát spojených s vysporiadaním nezhodných výrobkov, analýzu reklamácií, analýzu príčin výroby nezhodných výrobkov, analýzu porúch a havárií zariadení atď.* Každý takýto problém môžeme hodnotiť z hľadiska jeho početnosti, z hľadiska nákladov alebo z hľadiska významnosti pre funkčnosť a bezpečnosť výrobku. Voľba hľadiska a sledovaného ukazovateľa závisí na cieľoch a prioritách riešenia problému. Pareto analýzu môžeme použiť buď na vyhľadanie a definovanie najpodstatnejších následkov (problémov), ktoré sú najpočetnejšie alebo

najnákladnejšie, a taktiež sa Paretova analýza obvykle vykonáva po zostrojení Ishikawovho diagramu.

Postup pri vykonávaní Paretovej analýzy:

1. Zatriedenie údajov zostupne podľa hodnôt zvoleného ukazovateľa, napr. podľa početnosti jednotlivých druhov nezhôd, podľa výšky nákladov spojených s jednotlivými druhmi nezhôd, podľa počtu bodov priradených expertmi v brainstormingu jednotlivým príčinám nezhôd atď. Údaje zapisujeme do tabuľky početností (Tab. 5).

2. Výpočet kumulatívnych súčtov hodnôt ukazovateľa (početnosti nezhôd, nákladov spojených s nezhodami) a ich vyjadrenie v percentách.

3. Zostrojenie Paretovho diagramu (Obr.4), nasledovným spôsobom:

- na os x vyznačíme kategórie nezhôd vrátane druhu Ostatné, ktorý sa vždy bez ohľadu na jeho početnosť zapisuje ako posledný,

- na ľavú vertikálnu os umiestnime stupnicu od 0 až po celkový počet nezhôd,

- na pravú vertikálnu os vyznačíme stupnicu relatívnych kumulovaných súčtov od 0 – 100 %,

- zostrojíme stĺpcový graf, kde každý stĺpec predstavuje jeden druh nezhody a výška príslušného stĺpca zodpovedá početnosti danej nezhody,

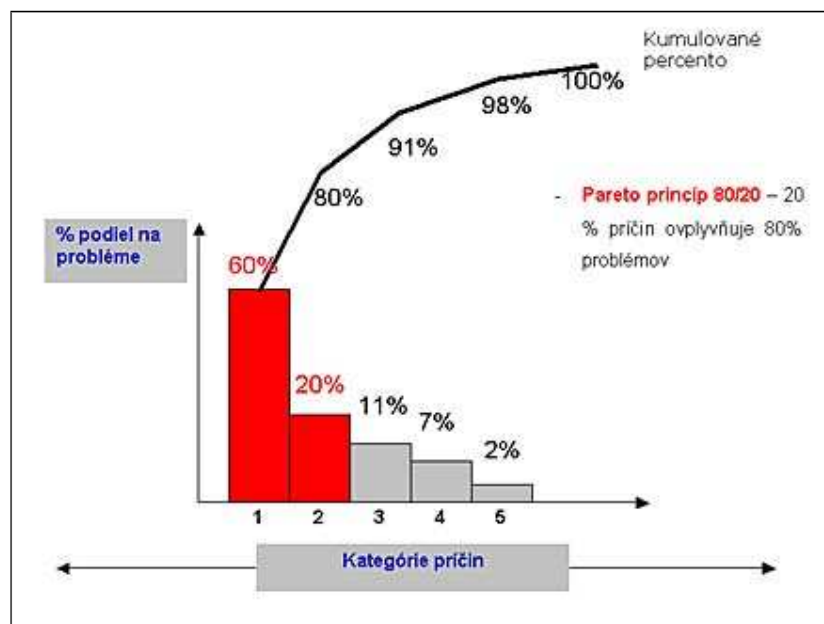
- zostrojíme krivku kumulovaných početností v percentuálnom vyjadrení, tzv. *Lorentzovu krivku*, ktorá je spojnicou pravých horných rohov jednotlivých kumulovaných stĺpcov.

4. Na základe voľby kritéria pre výber najdôležitejších druhov nezhôd sa určia nezhody, na ktoré je potrebné zamerať svoju pozornosť a ktoré treba hlbšie analyzovať s cieľom zníženia počtu nezhodných výrobkov.⁴

⁴ NOSKIEVIČOVÁ, D.: Statistické metody v řízení jakosti. Ostrava, VŠB-TU 1996, 99s.

Tab. 5 Tabuľka početností pre zostrojenie Paretoho diagramu

Druh nezhody	Označenie nezhody	Početnosť nezhody	Kumulovaná početnosť	Relatívna kumulovaná početnosť (v %)
X	A	n_{i1}	x_{i1}	...
Y	B	n_{i2}	x_{i2}	...
Z	C	n_{i3}	x_{i3}	...



Obr. 4 Pareto diagram a Lorentzova krivka

1.3.6 Korelačný diagram

Korelačný diagram nám poskytuje prvotnú informáciu o existencii stochastickej závislosti medzi nezávislým, jednoduchšie merateľným znakom kvality X a závislým, náročnejšie merateľným znakom Y. Druhou možnosťou je prípad, kedy X predstavuje nedeštruktívnu a ekonomickú metódu merania parametra výrobku a Y deštruktívnu a nákladnú metódu merania. V tomto prípade je na základe závislosti medzi metódami X a Y, ktorá je vyjadrená vhodnou regresnou funkciou možné používať iba nedeštruktívnu metódu X a výsledky metódy Y odhadovať pomocou závislosti. Ďalšou možnosťou pre použitie stochastickej závislosti môže byť situácia, kde v danom okamihu nie sme schopný hodnoty požadovaného znaku kvality určiť (napr. životnosť výrobku na začiatku fáze jeho používania).

Postup konštrukcie korelačného diagramu:

1. Zvolíme si nezávislú premennú X a závislú premennú Y (napr. hodnoty znaku kvality získané menej nákladnou a menej presnou metódou a metódou presnejšou a nákladnejšou).

2. Vykonáme meranie minimálne 30 dvojíc hodnôt závisle a nezávisle premenných (X_i, Y_i) a zaznamenáme ich do tabuľky.

3. Korelačný diagram zostrojíme pomocou nameraných dvojíc hodnôt (X_i, Y_i) , ktoré znázorníme v pravouhlej sústave súradníc (X, Y) tak, že každá dvojica (X_i, Y_i) je zobrazená bodom v súradniciach $[X_i, Y_i]$.

4. Vykonáme analýzu korelačného diagramu.

Najčastejšie používanou mierou závislosti medzi dvomi premennými X a Y je tzv. **koefficient korelácie r**. Korelačný koeficient, alebo inak povedané aj koeficient korelácie je mierou intenzity lineárnej korelácie **r**. Najčastejšie je označovaný len ako **Pearsonov korelačný koeficient**. [6]

Koeficient korelácie je pomer **kovariancie** s_{xy} obidvoch premenných k súčtinu ich **smernodajných odchýlok** s_x a s_y , teda [6]

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (4)$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (5)$$

$$s_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}, \quad s_y = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2} \quad (6)$$

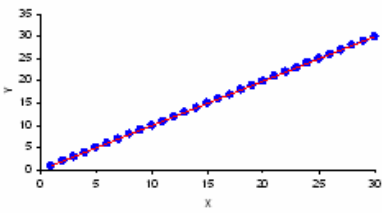
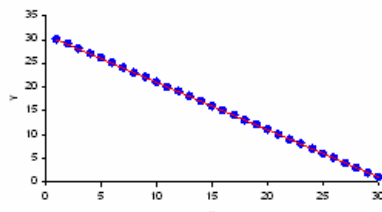
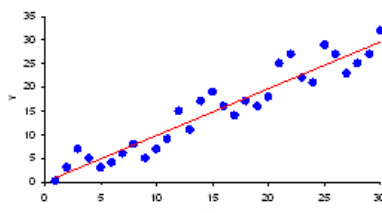
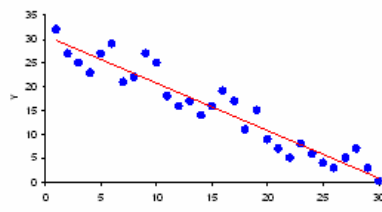
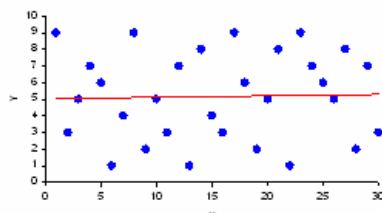
kde

$$\overline{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad \overline{y^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (7)$$

Koeficient korelácie môže nadobúdať hodnoty z intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. Ak $r = 1$ alebo $r = -1$ ide o funkčnú závislosť. Ak sa hodnota r blíži k 1, ide o veľmi silnú priamu závislosť, ak sa hodnota r blíži k -1, ide o veľmi silnú nepriamu závislosť. Ak sa r blíži k 0, znamená to veľmi slabú lineárnu závislosť. Ak sa $r = 0$, nemusí to znamenať, že premenné X a Y nekorelujú, že sú nezávislé, ale môže to znamenať aj silnú, avšak nelineárnu závislosť. K vyjadreniu závislosti sa používa tzv. **regresná funkcia**, priebehom regresnej funkcie sa zaoberá **regresná analýza**.

Základné typy stochastických závislostí sú uvedené v (Tab. 6). [4]

Tab. 6 Základné typy korelačných diagramov

Vzhľad korelačného diagramu	Korelačný koeficient a typ závislosti
	<p>$r = 1$</p> <p>kladný funkčný vzťah medzi x a y</p>
	<p>$r = -1$</p> <p>záporný funkčný vzťah medzi x a y</p>
	<p>$0 < r < 1$</p> <p>y rastie s rastúcim x</p>
	<p>$-1 < r < 0$</p> <p>y klesá s rastúcim x</p>
	<p>r blízke 0</p> <p>malý alebo žiadny lineárny vzťah medzi x a y</p>

Prameň: Moderní systémy řízení jakosti, Kolektív autorov, rok 1998

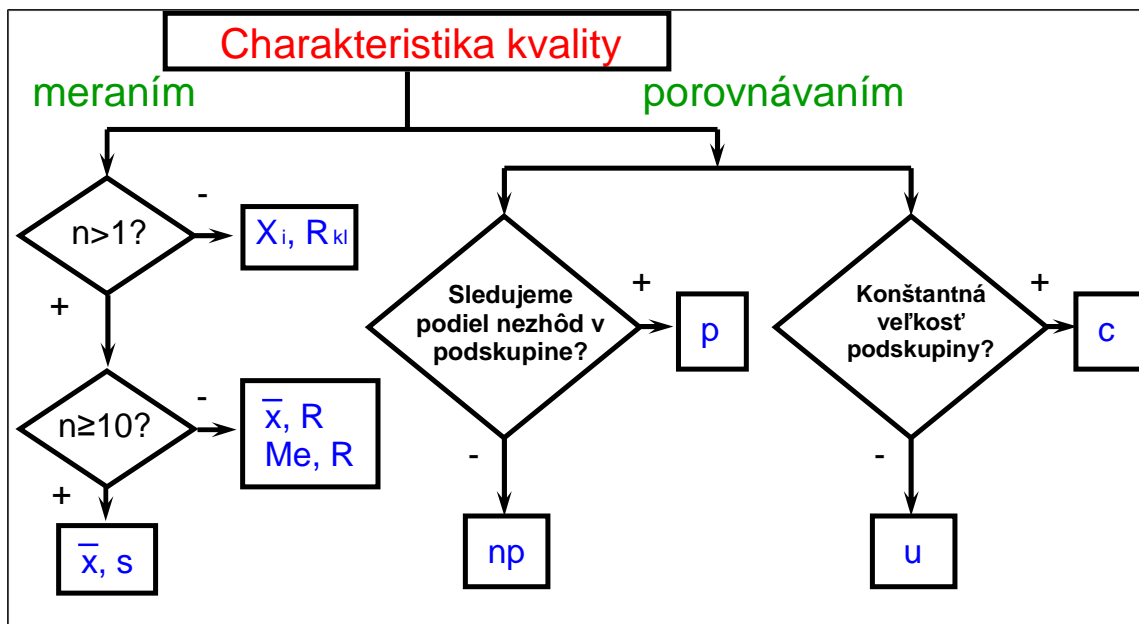
1.3.7 Regulačný diagram

Jednou zo štatistických analýz je *štatistická regulácia procesu*. Pod *štatistickou reguláciou procesu* sa rozumie *udržanie procesu v štatisticky zvládnutom stave na príslušnej špecifikovanej úrovni*. Ide teda o rýchle zistenie vybočení, presahujúcich hranice dovolených odchýlok, ich analýzu a včasnú korekciu nápravnými opatreniami. Teória regulačných diagramov rozlišuje dva typy variability. Prvým typom je *náhodná variabilita, spôsobená náhodnými vplyvmi (príčinami)*. Uvedený proces ovplyvňujú iba vplyvy, ktoré sú nekontrolovateľné. Náhodné vplyvy sú stálou súčasťou meracieho procesu a dá sa predvídať jeho správanie. Proces, ktorý je v štatisticky zvládnutom stave, sa považuje za *stabilný*. Druhý typ variability predstavuje *reálnu zmenu v procese*. Táto zmena môže byť spôsobená určitými identifikovateľnými príčinami, ktoré sa vzťahujú ku *vymedziteľným príčinám*. Proces, ktorý ovplyvňujú náhodné aj vymedziteľné príčiny sa môže stať nestabilným a jeho správanie sa nedá predvídať. Keď sú *vymedziteľné príčiny identifikované a odstránia sa, proces sa stane stabilným*. Štatistická regulácia meracieho procesu má tri etapy: *prípravná etapa, konštrukčná etapa, kontrolná etapa*. V *prípravnej etape* dochádza ku rozboru meracieho procesu na jednotlivé fázy. V *konštrukčnej etape* sa zostroja regulačné diagramy, monitoruje sa proces a v prípade potreby sa spresnia regulačné hranice. V *kontrolnej etape* sa proces trvalo udržiava v štatisticky zvládnutom stave. *Hlavným štatistickým nástrojom na riadenie procesov je regulačný diagram*. **Shewhartove regulačné diagramy** ako určitý grafický prostriedok, využívajúci princíp štatistických testov významnosti, prvýkrát navrhol W. Shewhart v roku 1924. Regulačný diagram graficky zobrazuje variabilitu procesu a umožňuje oddeliť náhodné príčiny od príčin vymedziteľných. [7]

Podľa charakteru výsledku kontrolnej operácie môžeme regulačné diagramy rozdeliť do dvoch veľkých skupín:

- *regulačné diagramy pri kontrole meraním*, kde výsledkom kontrolnej operácie je nameraná hodnota (ako merací prostriedok môže byť napr. posuvné meradlo),
- *regulačné diagramy pri kontrole porovnávaním*, kde výsledkom kontrolnej operácie je logický výrok kontroly o tom, či výrobok vyhovuje alebo nevyhovuje stanoveným požiadavkám (ako merací prostriedok sa používa napr. kaliber, mierka, referenčná vzorka a pod.). [9]

Výber regulačného diagramu je znázornený na (Obr. 5).



Obr. 5 Výber regulačného diagramu

Shewhartove regulačné diagramy pracujú s údajmi získanými z meraní, ktoré sa vykonávajú v približne rovnakých intervaloch. Vytvorí sa podskupiny údajov, ktoré majú rovnaký rozsah. Pre každú podskupinu sa vypočítajú určité charakteristiky, najčastejšie aritmetický priemer \bar{x} a rozpätie R .

V Shewhartovom regulačnom diagrame sa vyznačuje *centrálna priamka (CL)*, ktorá je rovnobežná s osou x vo vzdialenosti referenčnej hodnoty znázorňovanej charakteristiky. Pre procesy je to najčastejšie stredná hodnota priemerov jednotlivých podskupín $\bar{\bar{x}}$ alebo priemer rozpätí $\bar{\bar{R}}$. Regulačné hranice (medze) sa nazývajú:

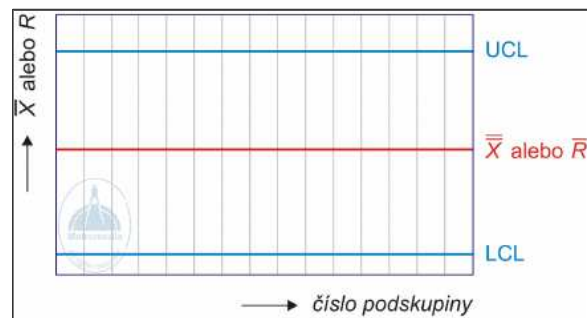
- dolná regulačná medza *LCL* (z anglického *Lower Control Limit*),
- horná regulačná medza *UCL* (z anglického *Upper Control Limit*).

Prekročenie hraníc vyžaduje akčný zásah do procesu, teda realizáciu nápravného opatrenia. Za predpokladu, že proces je v štatisticky zvládnutom stave, vo vnútri regulačných hraníc sa bude nachádzať približne 99,73% hodnôt sledovanej charakteristiky. Diagram \bar{x} ukazuje, kde je centrován proces a taktiež odhaľuje nežiaduce kolísanie medzi podskupinami z hľadiska ich priemerov. Diagram R odhaľuje každé nežiaduce kolísanie vnútri podskupín a je ukazovateľom veľkosti chyby opakovateľnosti procesu. Náčrt regulačného diagramu je znázornený na (Obr.6). [10]

Pri štatistickej regulácii pomocou regulačných diagramov sa môžu vyskytnúť dva druhy chýb: *chyba prvého druhu* a *chyba druhého druhu*.

Chyba *prvého druhu* nastáva vtedy, keď je proces v štatisticky zvládnutom stave, ale hodnota padne mimo regulačných medzí.

Chyba *druhého druhu* spočíva v tom, že hodnota je vo vnútri regulačných medzí, ale proces nie je v štatisticky zvládnutom stave. Shewhartove regulačné diagramy však berú do úvahy len chybu prvého druhu.



Obr. 6 Náčrt regulačného diagramu

Pri zavádzaní procesov, ktoré ešte neboli riadené, treba určiť regulačné hranice oboch Shewhartových diagramov. V praxi existujú dve možnosti výpočtu regulačných hraníc: *základné hodnoty nie sú stanovené* a *základné hodnoty sú stanovené*. [7] Rozdiel medzi diagramami s danými základnými hodnotami a diagramami bez uvedenia týchto hodnôt spočíva v tom, že sa pridávajú ďalšie požiadavky týkajúce sa polohy strednej hodnoty a kolísania procesu. Pri určovaní regulačných hraníc pre procesy sa vychádza z tabuľky – (Tab.7).

Tab. 7 Vzťahy na výpočet medzi Shewhartových regulačných diagramov

Štatistika	Základné hodnoty nie sú stanovené		Základné hodnoty sú stanovené	
	Centrálna priamka	UCL a LCL	Centrálna priamka	UCL a LCL
\bar{x}	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 \cdot \bar{s}$ $\bar{\bar{x}} \pm A_2 \cdot \bar{R}$	x_0	$x_0 \pm \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_4 \cdot \bar{R}$ $D_3 \cdot \bar{R}$	R_0	$D_2 \cdot \sigma_0$ $D_1 \cdot \sigma_0$

Prameň: ČSN ISO 8258:1994 : Shewhartove regulačné diagramy. [11]

Dolná regulačná medza diagramu R sa vo väčšine prípadov nepoužíva (pre $n < 7$ platí, že $D_3 = D_1 = 0$). Hodnoty parametrov $A_1, A_2, A_3, D_1, D_2, D_3, D_4$ sú v tabuľke pre výpočet regulačných diagramov. [7]

Najčastejšie používané dvojice regulačných diagramov meraním:

(\bar{x}, R) – regulačné diagramy pre výberový priemer a rozpätie (vhodné pre $n = 2 - 10$),

(\bar{x}, s) – regulačné diagramy pre výberový priemer a smerodajnú odchýlku. Sú vhodné pre $n > 10$,

(Me, R) – regulačné diagramy pre výberový medián a rozpätie. Ich výhodou sú jednoduchšie výpočty v porovnaní s (\bar{x}, R) , ale sú menej citlivé než (\bar{x}, R) . Sú vhodné pre $n = 2 - 10$,

(x_{is}, R_{kl}) – regulačné diagramy pre individuálne hodnoty a kľzavé rozpätie. Sú vhodné pri vysokej homogenite v podskupine alebo ak sa dá získať v krátkom čase iba jedna hodnota znaku kvality.⁵ [4]

Strednú hodnotu μ zvyčajne nepoznáme, preto je potrebný urobiť jej odhad, odhaduje sa priemerom priemerov z n_j výberov.

⁵ CALPEN, R.: A Practical Approach to Quality Control. London, Business Books 1991, 356s.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \quad (8)$$

Odhad S smerodajnej odchýlky σ sa urobí na základe priemeru variačných rozpätí R_i výberov.

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

Kde R_i je variačné rozpätie výberu i :

$$R_i = X_{i \max} - X_{i \min} \quad (10)$$

Postup pri konštrukcii regulačných diagramov:

1. Určiť *rozsah a počet podskupín*, z ktorých sa budú počítat' regulačné hranice. Rozsah podskupiny n sa volí spravidla od 2 do 25. Počet podskupín k sa volí v rozsahu 20 až 30.

2. Vypočítat' *regulačné medze*. Podľa vzťahov uvedených v tabuľke (Tab. 7) sa vypočíta hodnota *centrálnej priamky a regulačných medzí*.

Takto vypočítané regulačné medze charakterizujú proces, z ktorého sa údaje zozbierali. Môžu v ňom byť aj údaje, ktoré sa výrazne odlišujú, čo nasvedčuje, že proces nebol stabilný. Takéto údaje by sa nemali uvažovať pri regulácii, pretože cieľom štatistickej regulácie procesu je udržať ho v stabilnom stave. Vtedy sa preskúmajú dôvody a údaje sa vylúčia.

Konkrétny postup môže byť nasledovný:

1. Vypočítajú sa regulačné hranice pre variačné rozpätie a zostrojí sa diagram R . Do regulačného diagramu sa nakreslia body, ktoré charakterizujú variačné rozpätia jednotlivých podskupín. Zisťuje sa, či niektorý bod sa nachádza *mimo regulačných hraníc*. Ak áno, poukazuje to na *nestabilitu procesu*. Ak takáto situácia nastane, analyzuje sa proces, aby sa zistila príčina a urobí sa náprava. Na (Obr. 7) je znázornený regulačný diagram R . Bod, reprezentujúci 18. podskupinu, sa nachádza mimo regulačných hraníc.



Obr. 7 Regulačný diagram R

Všetky body ležiace mimo regulačných hraníc sa vylúčia a vypočítajú sa nové regulačné medze pre diagram R. Postup sa opakuje dovtedy, kým sa všetky body (charakterizujúce jednotlivé podskupiny) nebudú nachádzať vo vnútri regulačných hraníc. Pritom treba dohliadať na to, aby zostalo aspoň 15 bodov nevyklúčených. Ak sa vylúči viac bodov, proces je príliš nestabilný a nedá sa regulovať. Na (Obr. 8) je revidovaný regulačný diagram R, po vylúčení 18. podskupiny.



Obr. 8 Revidovaný regulačný diagram R

2. Pre diagram \bar{x} sa takisto vypočítajú regulačné hranice a zostrojí sa diagram. Body, ktoré nevyhovovali pre diagram R sa neuvažujú ani pre diagram \bar{x} . Prekontrolujú sa body charakteristik \bar{x} (aritmetické priemery), či nevybočujú mimo regulačných medzí Obr. 9. Ak treba, vylúčia sa všetky body, ukazujúce na štatisticky nezvládnutý stav (nestabilitu). Znovu sa vypočítajú nové regulačné medze pre diagram \bar{x} , zakreslia sa body charakteristiky jednotlivých podskupín a prekontrolujú sa, či spĺňajú kritéria pre štatisticky zvládnutý stav. Pokiaľ sa to vyžaduje, postup sa znova opakuje. V regulačnom diagram \bar{x} na Obr. 10 sa nachádzajú dva body (bod 14 a bod 26) mimo regulačných hraníc. Nový revidovaný regulačný diagram je už stabilný (Obr.10)



Obr. 9 Regulačný diagram x



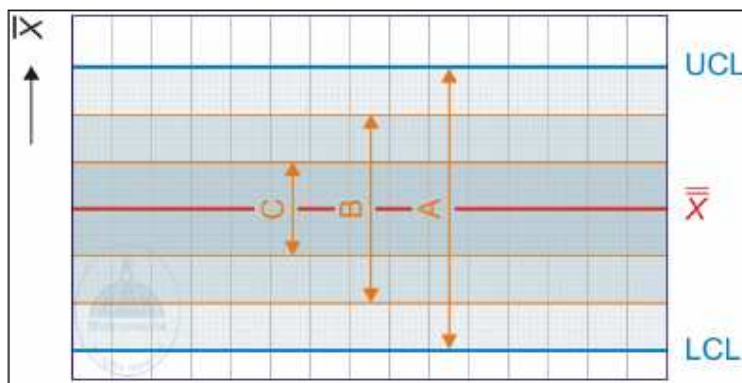
Obr. 10 Revidovaný regulačný diagram x

3. Po vylúčení všetkých nežiaducich podskupín (celkove došlo k redukcii o tri podskupiny) sa pre obidva diagramy vypočítajú definitívne centrálné priamky a regulačné medze. Vylučovanie podskupín odrážajúcich podmienky, kedy je proces v stave štatisticky nevládnutom, neznamená zbavovanie sa nevhodných údajov, ako by sa zdalo na prvý pohľad. Vylúčením bodov ovplyvnených známymi príčinami sa má skôr získať lepší odhad základnej úrovne kolísania, spôsobeného náhodnými príčinami. Regulačné diagramy R a \bar{x} v prípade stability zaručujú, že rozpätie R a priemer \bar{x} jednotlivých podskupín sa budú meniť len náhodne a zriedka budú ležať mimo regulačné medze (len asi v troch prípadoch z tisíc). Východiskom pre analýzu regulačných diagramov je súbor testov podľa (Tab.8) a ich opis situácie v (Tab.9) Tieto testy znázorňujú neobvyklé situácie, ktoré vyžadujú byť „v strehu“ a analyzovať proces. [4]

Uvedené testy ukazujú okrem základnej situácie, kedy je sledovaná štatistika mimo regulačné medze, aj ďalšie podozrivé situácie. Ide o to, že ak je už bod mimo regulačné medze, proces nevyhovuje. To je už neskoro. Vhodnejšie je predchádzať takémuto stavu už na základe trendov. Spomínané testy vychádzajú z rozdelenia regulačného pásma na tri pásma A, B a C. Pásmo C je vo vzdialenosti $\pm 1/3$ regulačnej medze od centrálnej priamky,

pásmo B v dvoch tretinách na obe strany a pásma A sa nachádza práve medzi regulačnými hranicami (Obr.11).

Pri regulačnom diagrame, kde hranice predstavuje hodnota 3σ , pásma C bude mať hranice vzdialené od centrálnej priamky $\pm 1\sigma$, pásma B $\pm 2\sigma$ a pásma A $\pm 3\sigma$. [4]



Obr. 11 Rozdelenie regulačného pásma

Tab. 8 Testy regulačných diagramov na odhalenie vymedziteľných príčin



Prameň: Systémy manažérstva merania, Kolektív autorov, rok 2005

Tab. 9 Opis testov posúdenia regulačných diagramov

Test	Opis situácie
1.	Jeden bod leží mimo regulačných medzí
2.	Sedem bodov v rade za sebou leží pod (nad) centrálnou priamkou
3.	Šesť bodov za sebou zaznamenáva pokles (nárast)
4.	Štrnásť bodov za sebou pravidelne kolíše nahor a nadol
5.	Dva z troch bodov v rade za sebou ležia v pásme A
6.	Štyri z piatich bodov za sebou ležia v pásme B alebo nižšie (vyššie)
7.	Pätnásť bodov v rade za sebou leží v pásme C nad (pod) centrálnou priamkou
8.	Ani jeden z ôsmich bodov v rade za sebou neleží v pásme C

Prameň: Systémy manažérstva merania, Kolektív autorov, rok 2005

Ďalej je možné pri regulácii použiť regulačné diagramy porovnávaním:

- **regulačný diagram p** pre *podiel nezhodných jednotiek* v podskupine,
- **regulačný diagram np** pre *počet nezhodných jednotiek* v podskupine,
- **regulačný diagram c** pre *počet nezhôd* v podskupine,
- **regulačný diagram u** pre *priemerný počet nezhôd na jednotku* v podskupine.⁶

Regulácia porovnávaním je síce jednoduchšia, ale preferuje sa regulácia meraním. Vyžaduje menšie rozsahy podskupín a poskytuje o procese množstvo informácií. Shewhartove regulačné diagramy meraním predpokladajú dodržanie viacerých štatistických javov: *dostatočný počet hodnôt, normalitu, nezávislosť, konštantný rozptyl a konštantnú strednú hodnotu, sledovanie iba jedného znaku.*

Porušenie niektorého z týchto predpokladov môže viesť k zlyhaniu Shewhartových reg. diagramov. Pred voľbou vhodných reg. diagramov je potrebné predpoklady ich nasadenia overiť a prípadne použiť iné typy reg. diagramov alebo vhodne konvertovať údaje pre použitie so Shewhartovými regulačnými diagramami. [4] Použitím štatistických regulačných diagramov dosiahneme vyslanie vhodne preddefinovaného signálu do systému

⁶ NOSKIEVIČOVÁ, D.: Increase of the SPC Efficiency. In: Proceedings of the International Conference of Industrial Tools, ICIT'97. Maribor, 1997, Vol. II, s.423-428

v prípade ak na náš systém pôsobia nepriaznivé vplyvy. Tento nástroj nám umožňuje dlhodobo udržať stabilný proces pod kontrolou.

1.4 Metódy analýzy spôsobilosti procesu

Významným faktorom určujúcim kvalitu produktu je kvalita procesov, ktorými tieto produkty vznikajú. Vhodným kritériom pre hodnotenie kvality procesov je ich spôsobilosť, ktorá predstavuje schopnosť procesov trvalo dosahovať predom stanovené kritériá kvality.⁷ K hodnoteniu spôsobilosti procesov sa používajú *indexy (ukazovatele) spôsobilosti*, ktoré porovnávajú maximálnu prípustnú variabilitu hodnôt danú tolerančnými medzami so skutočnou variabilitou sledovaného znaku kvality (regulačné medze) **štatisticky zvládnutého procesu**. Stanovenie spôsobilosti procesu vychádza z viacerých predpokladov a z odporúčaného postupu:

1. voľba znaku kvality – tento znak by mal byť pre daný produkt rozhodujúci, pretože môže byť špecifikovaný zákazníkom alebo je kritický z hľadiska vlastnosti produktu alebo z hľadiska návaznosti na ďalší technologický postup,

2. analýza meracieho systému – overenie vhodnosti meracieho systému,

3. zhromaždenie údajov – doba zberu hodnôt by mala pokryť všetky bežné zdroje variability (zmena obsluhy, materiálu, prostredia, údržba, nastavovanie), v tejto fáze sa uskutočňuje odber podskupín a meranie (25 podskupín v rozsahu 4 – 5 výrobkov),

4. posúdenie štatistického zvládnutia procesu – vyšetrenie nazberaných údajov pomocou regulačných diagramov, odstraňovanie vymedziteľných príčin a príslušných ovplyvnených podskupín,

5. overenie normality znaku kvality – vyšetrenie procesu histogramom, pomocou pravdepodobnostnej siete alebo testami pre overenie normality hodnôt (χ^2 , Kolmogorov – Smirnovov test alebo test založený na vyhodnotení šikmosti a špicatosti spracovaných hodnôt).

6. výpočet indexov spôsobilosti a ich porovnanie s požadovanými hodnotami:

a) index spôsobilosti C_p : je mierou potenciálnej schopnosti procesu zaistiť, aby sa sledovaný znak kvality nachádzal v tolerančných medziach. Počítame ho podľa vzťahu:

⁷ HEBÁK, P., HUSTOPECKÝ, J.: Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi. Praha/Bratislava, SNTL/ALFA 1987, 452s.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (11)$$

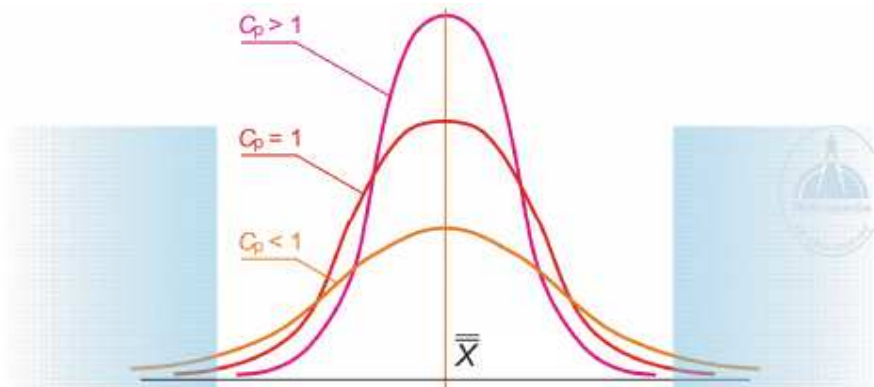
kde USL je horná tolerančná medza a LSL dolná tolerančná medza (*žadáva zákazník*) a σ je smerodajná odchýlka určená vzorcom:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (12)$$

kde \bar{R} je priemerné rozpätie v podskupinách a d_2 konštanta závislá na rozsahu podskupiny. Všeobecne môžeme tento vzorec popísať ako:

$$spôsobnosť = \frac{\text{čo_chce_zákazník}}{\text{čoho_sme_schopný}}$$

Skutočná variabilita sledovaného znaku kvality je vyjadrená hodnotou 6σ , a v prípade normálneho rozdelenia vymedzuje oblasť, v ktorej s 99,73% pravdepodobnosťou ležia všetky hodnoty. V praxi sa doporučuje za minimálnu prípustnú hodnotu považovať $C_p = 1,33$, pretože vždy existuje určité kolísanie a proces nie je nikdy dokonale v štatisticky zvládnutom stave (Obr. 12).



Obr. 12 Hodnoty indexu C_p

b) index spôsobilosti C_{pk} : na rozdiel od indexu C_p zohľadňuje variabilitu, umiestnenie hodnôt sledovaného znaku kvality v tolerančnom poli a charakterizuje skutočnú spôsobilosť procesu dodržiavať predpísané tolerančné medze. Počítame ho podľa vzťahu:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}; \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \right\} \quad (13)$$

kde \bar{x} je stredná hodnota priemerov jednotlivých podskupín. [7]

1.4.1 Testovanie normalít

Existujú metódy, ktorými sa dá testovať či náhodný výber pochádza z normálneho rozdelenia. Normalitu možno testovať ako pomocou grafických, tak pomocou štatistických testov.

Medzi grafické metódy radíme nasledovné :

a) Krabicový diagram (Box plot)

Krubicový diagram je schéma, ktorá v jednom obraze poskytuje informáciu a maximálnej a zároveň aj o minimálnej hodnote zo súboru nameraných hodnôt, ďalej o mediáne a hornom a dolnom kvantile tohto súboru a o existencii odľahlých hodnôt.

b) Normal probability plot (N-P plot)

Uvedený graf slúži k posúdeniu, či dáta pochádzajú z normálneho rozloženia.

c) Quantile – quantile plot (Q-Q plot)

Umožňuje grafické posúdenie, či dáta pochádzajú z dajakého známeho rozloženia ako napríklad práve z normálneho.

d) Probability . probability plot (P – P plot)

Používa sa k rovnakému účelu ako Q-Q plot, ale má inú technológiu konštruovania.

e) Histogram

Porovnáva tvar hustoty početnosti a tvarom hustoty pravdepodobnosti vybraného teoretického rozloženia ako napríklad priamo normálneho.

1.4.2 Náhodný výber

Náhodný výber je taký výber, pri ktorom sú jednotky vybrané do výberového súboru náhodné a výber jednotiek výberového súboru nie je závislý na úsudku pracovníka uskutočňujúceho výber. Spravidla sa náhodný výber uskutočňuje tak, že všetky jednotky majú rovnakú pravdepodobnosť zaradenia do náhodného výberu. Špeciálnym prípadom je výber, keď jednotkám priradíme rôznu pravdepodobnosť pre zaradenia do výberového súboru.

Rozoznávame dve hlavné skupiny výberov (podľa spôsobu výberu):

- Jednostupňový výber
- Viacstupňový výber

Jednostupňový výber má len jeden stupeň výberu. Zo základného súboru sú vybrané priamo jednotky, na ktorých je následne uskutočňované potrebné zisťovanie. Základnou formou pri tom je jednoduchý náhodný výber. Pri **skupinovom výbere** postupujeme rov-

nako, len namiesto výberu jednotiek vyberáme skupiny jednotiek. Ďalšou formou jednostupňového výberu je **oblastný výber**. Základný súbor býva obvykle zložený s výberových jednotiek, pri ktorých sú znaky veľmi rôznorodé. Pre uľahčenie výberového rozhodovania rozdeľujeme výberové jednotky do skupín na základe spoločných znakov.

Viacstupňový výber v danom výberovom zisťovaní sa výber uskutočňuje vo viacerých stupňoch. Pri veľkých výberových skúmaníach by bol proces výberu značne náročný, prístupuje sa teda k tomu, že v prvom stupni sa výberové jednotky volia veľké celky. V druhom stupni sa vyberajú z vybratých celkov výberové jednotky. Pri výbere je možno použiť aj viacej stupňov.

Jednoduchý náhodný výber

Rozlišujeme dva základné druhy jednoduchého náhodného výberu:

- a) **Výber s opakovaním** – vybratá jednotka a vždy vracia naspäť do súboru. Rozsah základného súboru sa tak nemení, ostáva konštantný a taktiež pravdepodobnosť vybratia každej jednotky sa nemení.
- b) **Výber bez opakovania** – pri uvedenom výbere sa vybratá jednotka nevracia naspäť do súboru, to znamená, že môže byť vybratá len jedenkrát. Rozsah súboru sa tak po každom výbere mení a taktiež sa mení aj pravdepodobnosť výberu zvyšných jednotiek.

1.4.3 Centrálny limitný teorém

Centrálny limitný teorém udáva, že rozdelenie súčtu náhodných premenných konverguje s rastom počtu členov súčtu k normálnemu rozdeleniu. Normalita rozdelenia náhodných javov je východiskom pre štatistickú indukciu modelu. P. S. Laplace a neskôr Chebyshev, Markov, Lyapunov, dokazovali, že ak zo základného súboru s ľubovoľným rozdelením budeme vyberať dostatočne veľké náhodné vzorky, výberové rozdelenie priemeru bude normálne a dôkazom toho je platnosť centrálného limitného teorému.

Najjednoduchším vyjadrením je **Moivreova - Laplaceova veta**. Podľa tejto vety platí, že ak súčtom η nezávisle náhodných veličín X_i a alternatívneho náhodného rozdelenia vytvoríme veličinu X , ktorá má bionické rozdelenie s parametrami η a π , tak pre normovanú náhodnú veličinu

$$U = \frac{X - \eta\pi}{\sqrt{\eta\pi(1-\pi)}} \quad (15)$$

platí vzťah

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(U < v)^n = \phi(v) \quad (16)$$

Pre $-\infty < v < \infty$, kde $\phi(v)$ je distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia $N(0,1)$

Najobecnším vyjadrením centrálnej limitnej vety je **Ljapunova veta**. Tá tvrdí, že rozdelenie súčtu vzájomne nezávislých veličín X_i konverguje k normálnemu rozdeleniu aj v prípade, že veličiny X_i nemajú rovnaké rozdelenie pravdepodobnosti.

Ak náhodná veličina X je súčtom nezávislých náhodných veličín X_i , ktoré majú konečné stredné hodnoty $E(X_i) < \infty$ a konečné tretie centrálné momenty $E(|X_i - E(X_i)|^3) < \infty$ Tak teda platí Ljapunova podmienka

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt[3]{\sum_{i=1}^n E(|X_i - E(X_i)|^3)}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n D(X_i)}} = 0 \quad (17)$$

Potom pre normovanú náhodnú veličinu

$$U = \frac{X - \sum_{i=1}^n E(X_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n D(X_i)}} \quad (18)$$

Platí vzťah

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_n(U < v) = \phi(v) \quad (19)$$

Pre $-\infty < v < \infty$, kde $\phi(v)$ je distribučná funkcia normovaného normálneho rozdelenia $N(0,1)$

2 NEISTOTA MERANIA

Neistota merania predstavuje interval okolo odhadu meranej veličiny, v ktorom sa nachádza skutočná (konvenčne pravá) hodnota meranej veličiny s určitou pravdepodobnosťou. Pri určovaní neistôt vychádzame z teórie pravdepodobnosti a matematickej štatistiky. Predpokladáme, že namerané hodnoty, ako aj chyby, majú určité rozdelenie pravdepodobnosti. Potom aj výsledok merania má určité rozdelenie pravdepodobnosti. [12]

Neistota meracieho zariadenia sa spravidla stanovuje na začiatku zavádzania meracieho systému a ďalej sa predpokladá, že sa nemení až do nasledujúcej confirmácie. Podmienky ovplyvňujúce merania sa však môžu meniť prakticky každý deň. Prejavuje sa tu množstvo vplyvov, ktoré k celkovej neistote merania prispievajú:

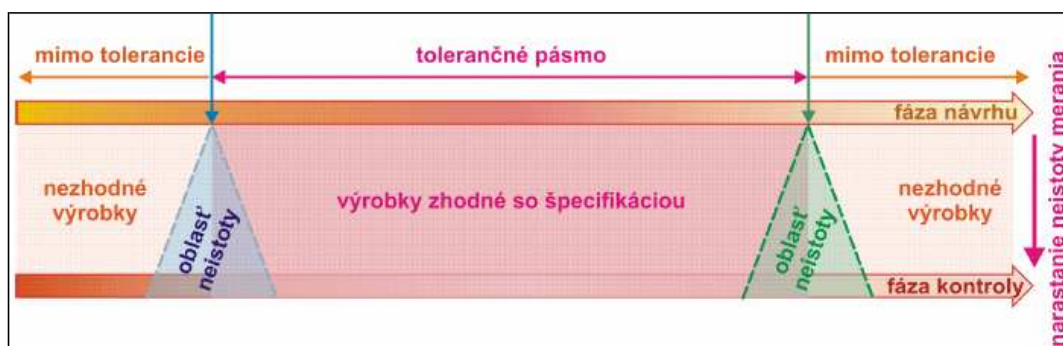
operátor, meracia metóda, okolie, objekt merania, merací systém (Obr. 14).

Preto sa doporučuje priebežné sledovanie meracieho procesu, kde sa môže výhodne uplatniť správne použitie štatistických metód. Obmedzenia bezpečnej klasifikácie kvality výrobkov, ktorých skutočné rozmery sa nachádzajú v blízkosti tolerančnej hranice sú znázornené na nasledujúcom obrázku (Obr.13). [7]

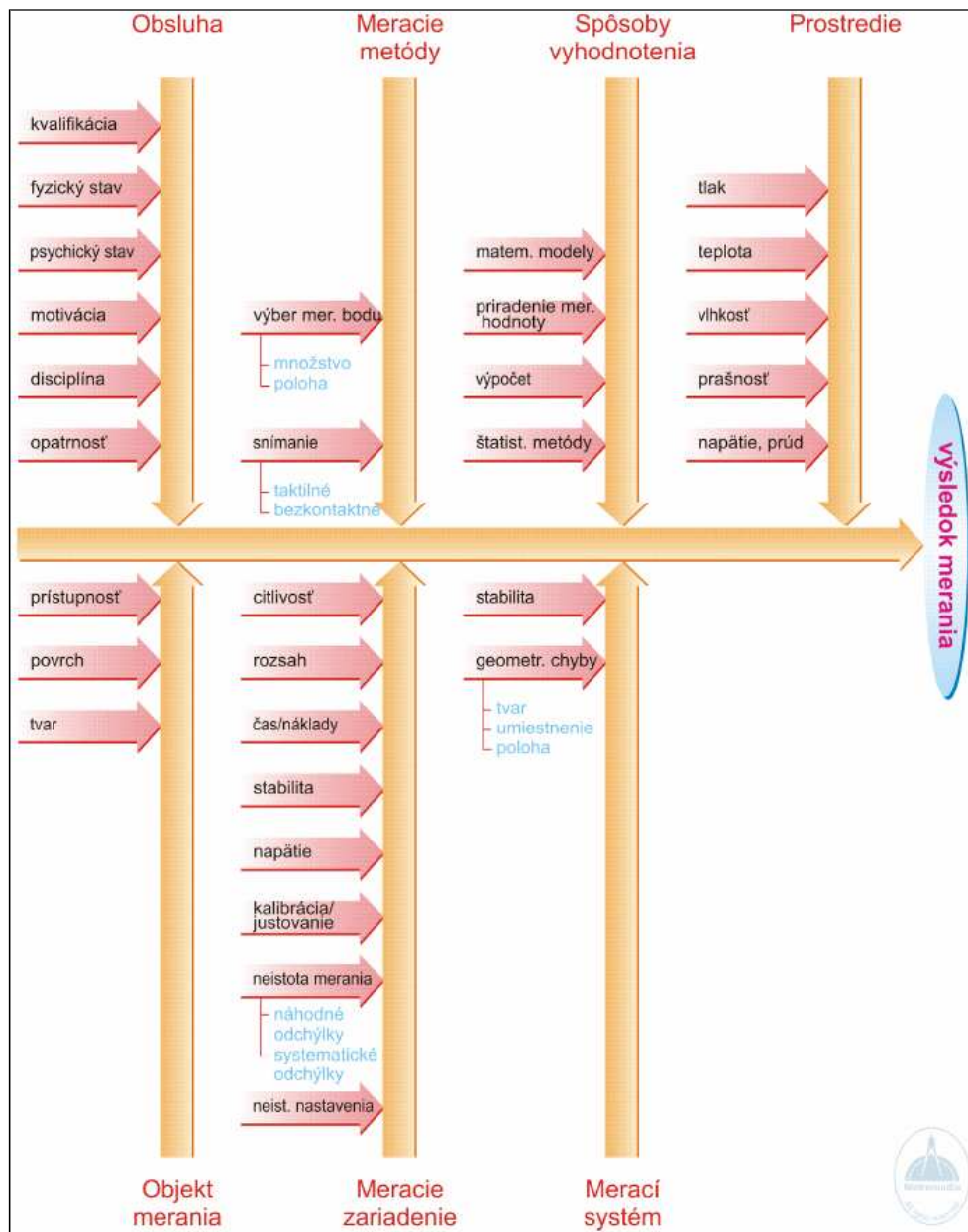
Neistoty z jednotlivých zdrojov môžeme vyhodnocovať dvoma základnými metódami:

a) štatistickými metódami z nameraných údajov, nazývame *neistoty stanovené metódou A*, (resp. neistoty typu A) označujeme U_A ,

b) neistoty získané iným spôsobom nazývame *neistoty stanovené metódou B*, (resp. neistoty typu B) označujeme U_B . [12]



Obr. 13 Vplyv neistoty merania na hodnotenie kvality výrobku [7]



Obr. 14 Schéma vplyvov pôsobiacich na výsledok merania [7]

Zlúčením neistôt zo všetkých zdrojov získame celkovú (kombinovanú) štandardnú neistotu U_C . Kombinovaná štandardná neistota vytvára interval, ktorý pokrýva skutočnú hodnotu meranej veličiny s pomerne malou pravdepodobnosťou (okolo 66%). Používa sa preto rozšírená neistota:

$$U = k \cdot U_C \tag{20}$$

Všetky zložky štandardnej neistoty sú si rovnocenné, líšia sa iba spôsobom vyhodnotenia.

2.1 Vyhodnotenie štandardnej neistoty typu A

Majme n nameraných údajov x_1, x_2, \dots, x_n . Namerané údaje sú realizáciou n nezávislých rovnako presných meraní jednej veličiny. Neistota merania, prislúchajúca k odhadu x sa najčastejšie vyhodnotí ako výberová smerodajná odchýlka aritmetického priemeru:

$$U(x) = s(x) \quad (21)$$

kde

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad (22)$$

a

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (23)$$

takže výslednú neistotu vypočítame zo vzorca:

$$U_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (24)$$

2.2 Vyhodnotenie štandardnej neistoty typu B

Štandardná neistota $U(x_i)$ typu B sa odhaduje pomocou racionálneho úsudku na základe všetkých dostupných informácií o možnej variabilite x_i .

Zdrojmi informácií môžu byť: údaje z predchádzajúcich meraní, technické údaje výrobcu, údaje získané z kalibrácie a iných certifikátov, skúsenosti alebo všeobecné poznatky o správaní sa a vlastnostiach príslušných materiálov a prístrojov.

Postup zahŕňa tieto kroky:

- a) vytipujú sa možné zdroje neistôt Z_1, Z_2, \dots, Z_p ,
- b) určí sa štandardná neistota každého zdroja prevzatím z certifikátov, technickej dokumentácie, technickej normy, kalibrácie a pod.,
- c) posúdia sa korelácie medzi jednot. zdrojmi a stanoví sa korelačný koeficient,
- d) určí sa vzťah medzi veličinou X a jednotlivými zdrojmi Z_1, Z_2, \dots, Z_p .

1) ak certifikáty, dokumentácia od výrobcov alebo iné pramene uvádzajú rozšírenú neistotu U a koeficient rozšírenia k :

$$U(Z_i) = \frac{U}{k} \quad (25)$$

2) ak je $2U$ dĺžka intervalu s nejakou konfidenčnou pravdepodobnosťou (95%, 99%, 99,73%) a je oprávnený predpoklad, že pri určovaní tohto intervalu sa uvažovalo s normovaným normálnym rozdelením:

$$U(Z_i) = \frac{U}{k_p} \quad (26)$$


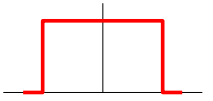
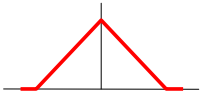
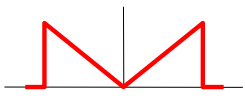
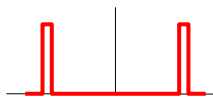
kde k_p je koeficient rozšírenia rovný kvantilu normovaného normálneho rozdelenia pre pravdepodobnosť P ,

3) ak sme schopní odhadnúť len hranice, v ktorých sa hodnoty veličiny nachádzajú:

$$U(Z_i) = \frac{Z_{i\max}}{k} \quad (27)$$

kde k je hodnota prislúchajúca zvolenej aproximácii rozdelenia pravdepodobnosti (Tab.10).

Tab. 10 Tabuľka rozdelenia pravdepodobnosti

Normálne (Gaussovo)	Rovnomerné	Trojuholníkové	Bimodálne (trojuholníkové)	Bimodálne (Diracovo)
				
$k = 3$ ($k = 2$)	$k = \sqrt{3}$	$k = \sqrt{6}$	$k = \sqrt{2}$	$k = 1$

Prameň: Chyby a neistoty merania, HALAJ, M., rok 2004

2.3 Výpočet kombinovanej štandardnej neistoty U_C

Ak sme určovali zvlášť neistoty typu A a typu B , potom kombinovaná neistota sa vypočíta:

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \quad (28)$$

2.4 Výpočet rozšírenej kombinovanej štandardnej neistoty U

Rozšírená neistota merania U sa určí tak, že sa kombinovaná štandardná neistota U_C výstupného odhadu vynásobí koeficientom rozšírenia k :

$$U = k \cdot U_C \quad (29)$$

Ak môžeme predpokladať normálne rozdelenie výsledku merania, volíme k ako kvantil normovaného normálneho rozdelenia. Pre pravdepodobnosť pokrytia približne 95% bude $k = 2$, pre 99,73% bude $k = 3$. [12]

3 SPAĽOVACIE MODULY KONDENZAČNÝCH KOTLOV, NASTAVENIE A KONTROLA ICH PARAMETROV

3.1 Predstavenie spoločnosti Vaillant

Predmetom tejto diplomovej práce je využitie je aplikácia a využitie štatistických metód do procesu kontroly nastavovania požadovaných parametrov pre spaľovacie moduly kondenzačných kotlov firme *Vaillant Industrial Slovakia s.r.o., Trenčianske Stankovce*.

Spoločnosť *Vaillant* s logom veľkonočného zajaca bola založená v roku 1874 jej zakladateľom Johannom Vaillantom v nemeckom meste Remscheid. Firma Vaillant je rozšírená vo viac ako 75 krajinách sveta s viac ako 25 vlastnými predajnými a distribučnými spoločnosťami v Európe, Ázii a Amerike. Ako jediná zo všetkých lídrov na globálnom trhu, spoločnosť Vaillant vyvíja svoje produkty zákazníkom „šité na mieru“. Svojim sortimentom pokrýva výrobu od výkonnej vykurovacej jednotky, ktorá používa bežné energetické zdroje až k systému riešenia pre použitie obnoviteľných zdrojov energií.

Vaillant Group je medzinárodná spoločnosť, ktorá má ústredie v nemeckom meste Remscheid, a ktorá sa svojou výrobnou činnosťou zaoberá v oblasti kúrenia, vetrania a klimatizačnej technológie a zastrešuje celkovo osem firiem zaoberajúcich sa vykurovacou technikou a to firmy *AWB, Bulex, Glow Worm, Hermann, Protherm, Saunier Duval, Demirdöküm a Vaillant*.

V obchodnom roku 2012, skupina Vaillant Group so svojimi takmer 10 100 zamestnancami, dosiahla obrat okolo 2 mld. € a jej čistý zisk predstavoval 236 mil. €. S predajom viac než 1,5 milióna spotrebičov ročne, čo predstavuje 61%, je firma Vaillant najsilnejšou a najdôležitejšou značkou z celej skupiny Vaillant Group.

Svoje výrobné závody má situované v mestách:

- **Remscheid** - hlavné sídlo firmy, výroba závesných kotlov a regulačnej techniky
- **Neuss** - centrálny sklad pre všetky produkty zo všetkých výrobných závodov
- **Gelsenkirchen** - výroba kondenzačných závesných kotlov
- **Bergheim** - výroba liatinových stacionárnych kotlov, zásobníkových priamových a nepriamových ohrievačov úžitkovej vody
- **Roding** - výroba komponentov pre závesné kotly a prietokové ohrievače
- **Skalica** - výroba stacionárnych kotlov
- **Trenčianske Stankovce** - výroba spaľovacích modulov a hydroblok

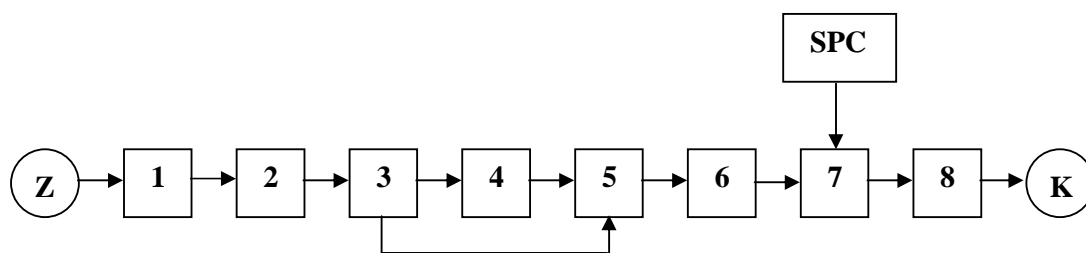
- **Belper** – výroba závesných a stacionárnych kondenzačných kotlov

Zastúpenie firmy Vaillant Industrial Slovakia s.r.o., Ulica Johanna Vaillanta 3000/1, 913 23 Trenčianske Stankovce je so 100% zahraničnou majetkovou účasťou. Spoločnosť bola založená v októbri 2004 ako zastúpenie nemeckej firmy Johann Vaillant GmbH u.Co., Remscheid, Nemecko. Predmetom výroby je manufaktúrna montáž spaľovacích modulov a hydraulických modulov a tvárniaca výroba rúrkových dielcov. Tieto moduly sú súčasťou plynových kotlov značky Vaillant a značiek skupiny Vaillant Group. Spoločnosť zamestnáva približne 510 zamestnancov s počtom 7 – 9 tisíc kusov vyrobených modulov denne na výrobnjej ploche asi 15 000 m².

3.2 Proces výroby a funkcie spaľovacieho modulu Vaillant

Proces výroby spaľovacieho modulu prebieha v nasledovných fázach.

Po prijíme materiálu, skladovaní a výdaji materiálu nasleduje manufaktúrna montáž spaľovacieho modulu, ktorá sa začína predmontážou plynového ventilu a zmiešavacieho ramena plynu. Uvedené diely ako aj zvyšok komponentov sa nasledne privádza na montážne pracoviská, kde prebieha finálna montáž telesa spaľovacieho modulu (Obr.15).



Obr. 15 Proces výroby spaľovacieho modulu

Vysvetlivky:

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 – Príjem materiálu | 5 – Výroba na výrobných linkách |
| 2 – Skladovanie materiálu | 6 – Testovanie a nastavovanie modulu |
| 3 – Výdaj materiálu | 7 – Kontrola a shipping audit |
| 4 – Predmontáž | 8 – Expedícia |

Výrobné linky (Obr.18) sú predmetného usporiadania, pri ktorom sa sleduje tok materiálu a usporiadanie pracovísk v zmysle postupnosti operácií, pri ktorom je možné dosiahnuť najvyšší stupeň organizovanosti výrobného procesu. Sú usporiadané do kruhového tvaru, kde po ich vonkajších stranách je regálovo uskladnený výrobný materiál v zmysle postupu výroby. Pracovníci montáže so svojimi montážnymi vozíkmi postupujú v jednom smere po jednotlivých pracoviskách kde pomocou pneumatických ťahovačiek a momentových kľúčov montujú výrobný materiál do konkrétnej podoby spaľovacieho modulu. Do výrobného procesu vstupujú na predurčených miestach predmontované komponenty zmiešavacieho ramena plynu a plynovej armatúry zhotovované na predmontážnych pracoviskách (Obr.16) a (Obr.17). Po zmontovaní všetkých častí pracovník na vyrobený modul nalepí svoje identifikačné číslo, modul odloží na presne určené miesto pred vzduchový tester (Obr.19) a presunie sa na začiatok výrobnéj linky kde začína vyrábať ďalší modul.

Pracovník testera odoberie modul a vykoná na ňom potrebné úkony. Po ich ukončení a po kontrole modulu opatrí modul čiarovým kódom, skenuje ho a modul pripraví na expedíciu. Modul vykazujúci nezhodu odloží do červeného regála s popisom závady, kde ho prevezme príslušný montážny pracovník a opraví ho.

Prvotné nastavovanie modulu prebieha na montážnej linke na **vzduchovom testery**, kde prietok vzduchu simuluje prietok plynu a aj spalín. Ako prvé je nastavenie zmiešavacieho pomeru plyn / vzduch. $V_{\text{gas}} / V_{\text{flua}} \times 100\%$. Nastavuje sa pri max. otáčkach ventilátora Q_{max} .

Ďalší krok je nastavovanie otáčok a to maximálne otáčky. Q_{max} nastavované tak aby bol dosiahnutý požadovaný maximálny výkon modulu a to podľa špecifikácie. Sleduje sa pri tom prietok plynu / vzduchu, ktorý musí byť (opäť na základe špecifikácii) v medziach tolerancie. Tieto otáčky sa vpisujú do finálneho kódu modulu a následne s týmto údajom bude pracovať riadiaca jednotka kotla.

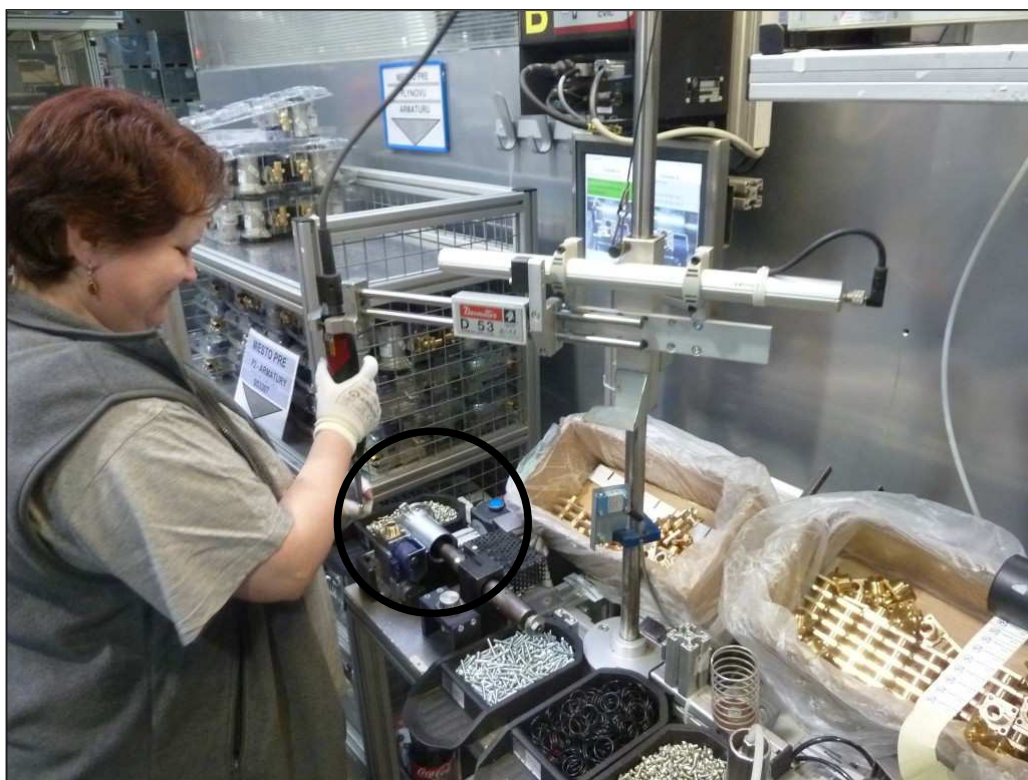
Obdobne sa prednastavia otáčky minimálne Q_{min} .

Podľa špecifikácii a interných nariadení sa na oddelení Shipping audit - výstupnej kontrole, kontroluje min 1% z vyrobenej šarže, respektíve modulu.

Uvedený test je simulovaný na plynovom testery (Obr.20) ako pri riadnej prevádzke kotla. Podľa špecifikácie pre jednotlivé moduly sa kontrolujú hodnoty CO_2 pri maximálnych a minimálnych otáčkach, maximálny a minimálny príkon a ďalej hodnoty CO pri maximálnych a minimálnych otáčkach.

Uvedené hodnoty sa uchovávajú a spracúvajú v softvérovej aplikácii excelového formátu. Ak pri testovaných hodnotách vypadne jedna hodnota mimo tolerančné hranice je nutné pretestovať modul, prípadne otestovať ďalší modul z predmetnej šarže, aby sa overila správnosť merania a následne sa analyzuje, čo je dôvod mimo tolerančného merania. Analýza nezhodného merania je momentálne veľmi zdĺhavý proces.

Ak sa potvrdí hodnota mimo tolerancie, je nutné pozastaviť celú šaržu a prestaviť ju na vzduchovom testery so zmeneným vstupným nastavením. To predstavuje enormné úsilie, nakoľko často krát sa stáva, že na oddelenie Shipping auditu sa dostane na test modul so značným časovým sklzom oproti výrobe, často bývajú moduly z vadnej šarže už naložené v kamiónoch a pripravené k expedícii.



Obr. 16 Proces předmontáže plynového ventilu



Obr. 17 Proces předmontáže zmiešavacieho ramena



Obr. 18 Proces výroby spaľovacieho modulu



Obr. 19 Vzduchový tester na lince



Obr. 20 Tester plynových spařovacích modulů na Shipping audite

3.2.1 Zloženie a funkcia spaľovacieho modulu

Úlohou spaľovacieho modulu v zostave plynového kondenzačného kotla je samotný ohrev výhrevného média – vody. V spaľovacom module plynového kotla prebieha prenos energie spaľovaním z vykurovacieho média – plynu v pracovnom priestore na výhrevné médium. Tento modul vďaka svojej povahe a charakteru činností a rôznorodostí vstupujúcich médií nesie so sebou vysoké požiadavky na kvalitu spracovania a predovšetkým na bezpečnosť.

1. Tepelný výmenník

Dochádza v jeho pracovnom priestore k horeniu a samotnému ohrevu vykurovacieho média

2. Plynová armatúra

Zaisťuje správny pomer plynu a vzduchu vstupujúceho do spaľovacieho priestoru a to celom modulačnom rozsahu otáčok

3. Ventilátor

Ventilátor slúži na pohon vykurovacieho média, vháňa do spaľovacieho priestoru zmes vzduchu a plynu

4. Nasávacía tuba

Slúži na prívod vzduchu do zostavy

5. Zmiešavacie rameno plynu

Vhodným vírením prebieha ideálne premiešanie plynu a vzduchu

6. Zapaľovacia elektróda

Zapaľovacia elektróda – sviečka iniciuje proces horenia iskrou

7. Tanierový kryt spaľovacieho priestoru

Kryt a súbor tesnení bezpečne oddeľujú pracovný priestor atmosférického horáku od okolitého prostredia

8. Kontrolný priezor

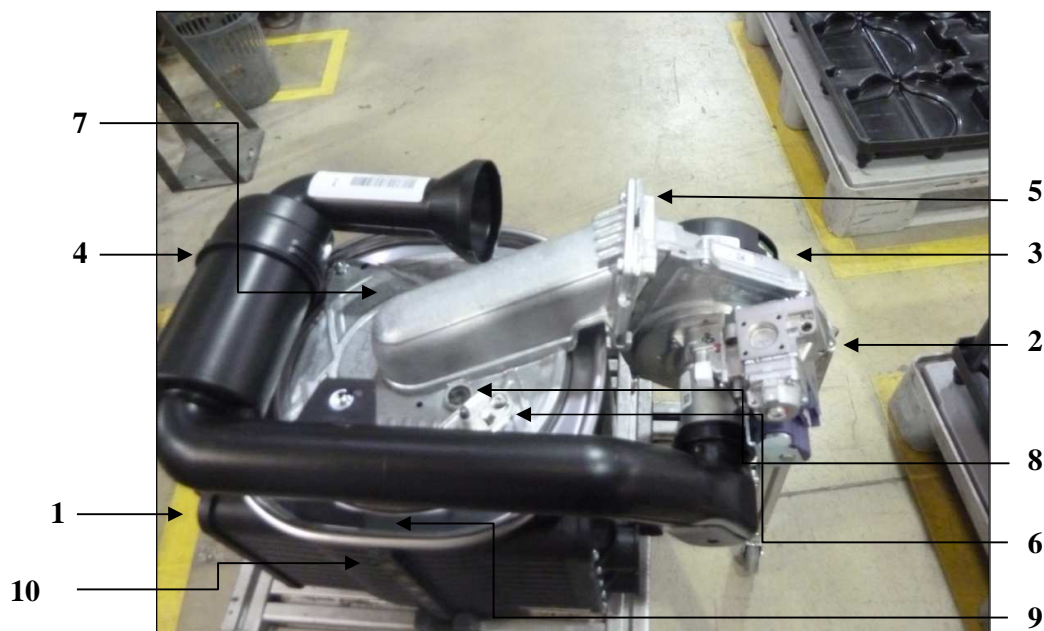
Slúži pre vizuálnu kontrolu horenia

9. Tesnenia spaľovacieho priestoru

Zabraňuje únikom zo spaľovacieho priestoru

10. Horák

Zabezpečuje rovnomernú distribúciu plameňa, aby sa umožnil rovnomerný ohrev primárneho teplovodného výmenníku.



Obr. 21 Spaľovací modul



Obr. 22 Spařovací modul v zostave plynového kotla

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

4 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Cieľom diplomovej práce vykonanej v spoločnosti Vaillant Industrial Slovakia s.r.o. bolo zefektívniť systém zberu a vyhodnocovania nameraných dát na výstupnej kontrole hotových výrobkov – spaľovacích modulov – aplikovaním SPC metód. Skrátiť reakčný čas potrebný pre identifikáciu nezhody, transparente preukázať vývoj meraných hodnôt a pripraviť podklad pre analýzu nezhodného merania. Zároveň aplikovaním akčných limitov s vhodným nastavením SPC programu upozorniť testovacích inžinierov na možnosť vzniku problému v najbližšej dobe. Ich včasným zásahom nastavenia vzduchových testerov tak zabrániť vzniku nekvality a tým i zvýšeným nákladom na opätovné prestavenie výrobkov vo výrobe a na Shipping audite.

4.1 Nevýhody stávajúceho riešenia

Existujúci systém merania a vyhodnocovania výsledkov meraní so sebou niesol určité bremená, nedokonalosti, ktoré nespĺňali požiadavky zvyšujúcej sa výroby a to predovšetkým z pohľadu veku systému. Preto sa prišlo k spusteniu projektu pod hlavičkou six sigma projektov, ktorý mal stávajúci systém nahradiť modernejším riešením, spĺňajúcim požiadavky naň kladené.

Aktuálny systém s názvom WET – Pruefung, test mokrou skúškou (Obr.23), bol dedičstvom prvej časti transferovanej výroby spaľovacích modulov. Zakladal sa na excelovskej platforme s manuálnym vpisovaním dát. Hlavná nevýhoda daného systému však spočívala v jeho náročnosti pri analýze pôvodu nezhodného merania.

Pokiaľ bola na oddelení Shipping auditu, výstupnej kontroly, identifikovaná nezhodná hodnota merania voči špecifikácii daného modulu, spustil sa zdĺhavý a pracný proces (Obr. 24). Operátor Shipping auditu kontaktoval príslušného testovacieho inžiniera s hlásením o nezhodnej hodnote. Testovací inžinier túto hodnotu verifikoval so špecifikáciou a po potvrdení nezhody inicioval proces pátrania po príčine a nápravných opatrení. Postupnosť krokov pri tomto procese bola nasledovná:

Vylúčila sa chyba operátora na oddelení Shipping auditu, odkonzultovali sa všetky predošlé kroky merania a záznamu meraných hodnôt. Predmetný modul sa opakovane premeral a pripravila sa vzorka vo vopred stanovenom počte modulov z predmetnej šarže. Testovací inžinier po prihlásení do systému stiahol aktuálnu verziu stávajúceho súboru so záznamom o nezhodnom meraní a nezhodnej hodnote merania. Po vyfiltrovaní si príslušných dát

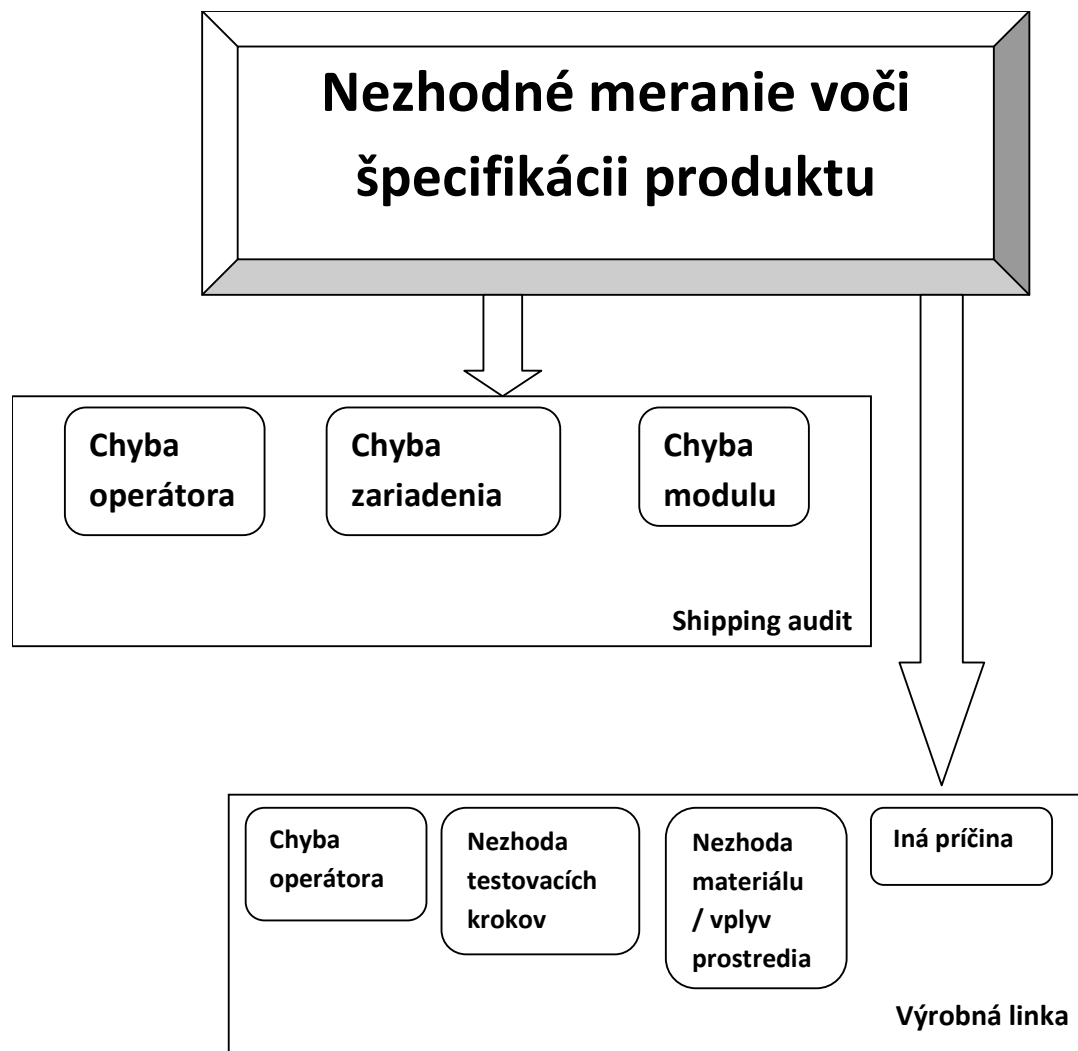
v súbore bol schopný manuálne a graficky si znázorniť priebeh meranej hodnoty veličiny. Následne pátral, či je možná príčina problému v testere na oddelení Shipping auditu, alebo či priebeh predošlých hodnôt modulov mohol naznačiť blížiaci sa problém. Žiaľ všetky uvedené akcie predstavovali neustálu potrebu sťahovania nových a nových dát a manuálne spracovanie na požadovanú výstupnú formu, umožňujúcu jednoznačnú verifikáciu. Sledovanie trendov vývoja nameraných hodnôt bol v stávajúcom systéme priam nadľudský výkon. Následne, ak všetky doterajšie akcie nepriniesli odpoveď, presunul pozornosť na vzduchový tester výrobnéj linky a na vývoj udalostí. Na základe jedinečného sériového čísla (Obr.25) vedel presne určiť tester, na ktorom sa daný modul vyrobil. Po pripojení sa na predmetný vzduchový tester bol schopný importovať si potrebné údaje o priebehu nastavenia a uskutočniť kontrolu príslušných „test results“ – testovacích výsledkov. Skontroloval priebeh nastavenia a testu konkrétneho modulu, podmienky, za akých daný test prebiehal, poprípade skontroloval výsledky ostatných modulov, aj z rozdielnych šarží, nastavovaných a testovaných na danom testere.

WET-Pruefung.xls [Read-Only] [Compatibility Mode] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1																										
2	Ok	11:54	00200367781609410081152352737	5273	1523	20036778	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	46,50	28,7	24,00	989,00	16,33	15,78	7,98			
3	Ok	14:35	00200367781609410081152352737	5273	1523	20036778	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,1	30,6	23,6	990,00	51,48	49,59	25,10	8,9	110	
4	Ok	17:03	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,80	30,00	22,40	1000,00	16,88	16,36	24,77	10,09	101	
5	Ok	17:47	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	45,00	30,00	22,20	999,00	16,79	16,27	24,64	10,17	108	
6	Ok	18:19	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,70	29,70	22,10	1000,00	16,89	16,37	24,78	10,13	108	
7	Ok	18:44	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,80	30,30	22,20	1001,00	16,98	16,45	24,91	10,1	101,3	
8	Ok	19:10	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	44,10	31,30	22,20	1000,00	16,95	16,39	24,87	10,1	105,5	
9	Ok	19:35	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,60	31,60	21,60	1001,00	17,14	16,57	25,14	10,12	105,3	
10	Ok	19:58	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	30,10	21,80	1001,00	17,28	16,75	25,35	10,13	107,5	
11	Ok	20:23	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,70	30,60	21,60	1001,00	16,97	16,44	24,90	10,16	114,1	
12	Ok	20:48	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,70	31,40	21,90	1002,00	16,86	16,31	24,73	10,14	104,9	
13	Ok	21:08	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,80	31,50	22,10	1003,00	16,67	16,13	24,45	10,11	100,9	
14	Ok	21:31	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	31,10	22,20	1003,00	16,87	16,34	24,75	10,11	103,8	
15	Ok	21:54	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,70	31,50	22,00	1003,00	16,66	16,13	24,45	10,13	103,2	
16	Ok	11:13	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	45,00	28,70	24,20	999,00	17,23	16,72	25,27	10,14	111	
17	Ok	11:37	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,30	28,50	24,20	997,00	17,19	16,68	25,22	10,09	105	
18	Ok	12:01	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	28,10	23,90	999,00	17,02	16,54	24,97	10,13	108,4	
19	Ok	12:26	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	28,50	23,90	998,00	16,90	16,40	24,80	10,11	105,8	
20	Ok	12:50	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,10	28,40	24,10	998,00	17,30	16,79	25,38	10,1	106,7	
21	Ok	13:13	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	29,20	23,90	997,00	16,97	16,45	24,90	10,1	107,6	
22	Ok	14:29	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	25,40	23,50	996,00	17,07	16,64	25,05	10,11	100,6	
23	Ok	14:53	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,70	27,90	23,40	996,00	16,91	16,41	24,80	10,1	99,8	
24	Ok	15:18	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,60	29,90	23,40	997,00	17,16	16,60	25,17	10,12	104,9	
25	Ok	15:41	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	31,40	23,50	995,00	17,29	16,68	25,37	10,15	106,6	
26	Ok	16:05	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	32,20	23,30	997,00	17,19	16,57	25,21	10,15	100,6	
27	Ok	16:32	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	31,90	23,20	996,00	16,99	16,38	24,92	10,15	110,6	
28	Ok	16:55	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,40	31,90	23,20	995,00	17,28	16,65	25,35	10,1	112,5	
29	Ok	17:22	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,60	33,00	23,20	996,00	17,16	16,51	25,17	10,13	108,8	
30	Ok	17:49	0020036821	3682	200	20036821	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	43,50	32,60	23,30	997,00	17,18	16,55	25,20	10,1	101,1	

Obr. 23 WET – Pruefung

Wet Pruefung – systém zberu dát meraní, v stĺpcoch sú rozložené kroky testovania, v riadkoch je číslo modulu a výsledok daného kroku.



Obr. 24 Priebeh šetrenia príčiny nameranej nezhodnej hodnoty

Všetko uvedené úsilie si však vyžadovalo množstvo času na vyriešenie problémov. Za daný čas však výroba pokračovala v produkcii v krajnom prípade sa mohlo stať, že sa **vyrobali moduly s rovnakou závadou**, čo znamenalo výrazný ekonomický dopad. Taktiež nebol nastavený vhodný systém varovania a mohlo sa stať, že výrobky predmetnej – nezhodnej šarže sa dostali do exportu k nášmu zákazníkovi.

Práca testovacieho inžiniera teda spočívala v šetrení a pátraní po možných príčinách nezhodného merania zisteného na kontrolnom meraní na oddelení Shipping auditu.

Article number										Rig No.	Year	CW	Serial number	MIN FAN SPEED	MAX FAN SPEED	CS												
-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27	-28	-29
0	0	2	0	0	7	0	4	1	0	1	9	1	0	0	8	0	0	0	5	1	4	0	5	5	8	5	5	2

Obr. 25 Vzor sériového čísla spaľovacieho modulu

Article number - typ výrobku

Rig No. – číslo testera

Year – posledné dvojčísle roku výroby

CW – týždeň výroby v danom roku

Serial number – sériové číslo výrobku

MIN FAN SPEED – minimálne otáčky ventilátoru

MAX FAN SPEED – maximálne otáčky ventilátoru

CS – kontrolné číslo

Nedokonalosť systému nastolila požiadavky na nové riešenie:

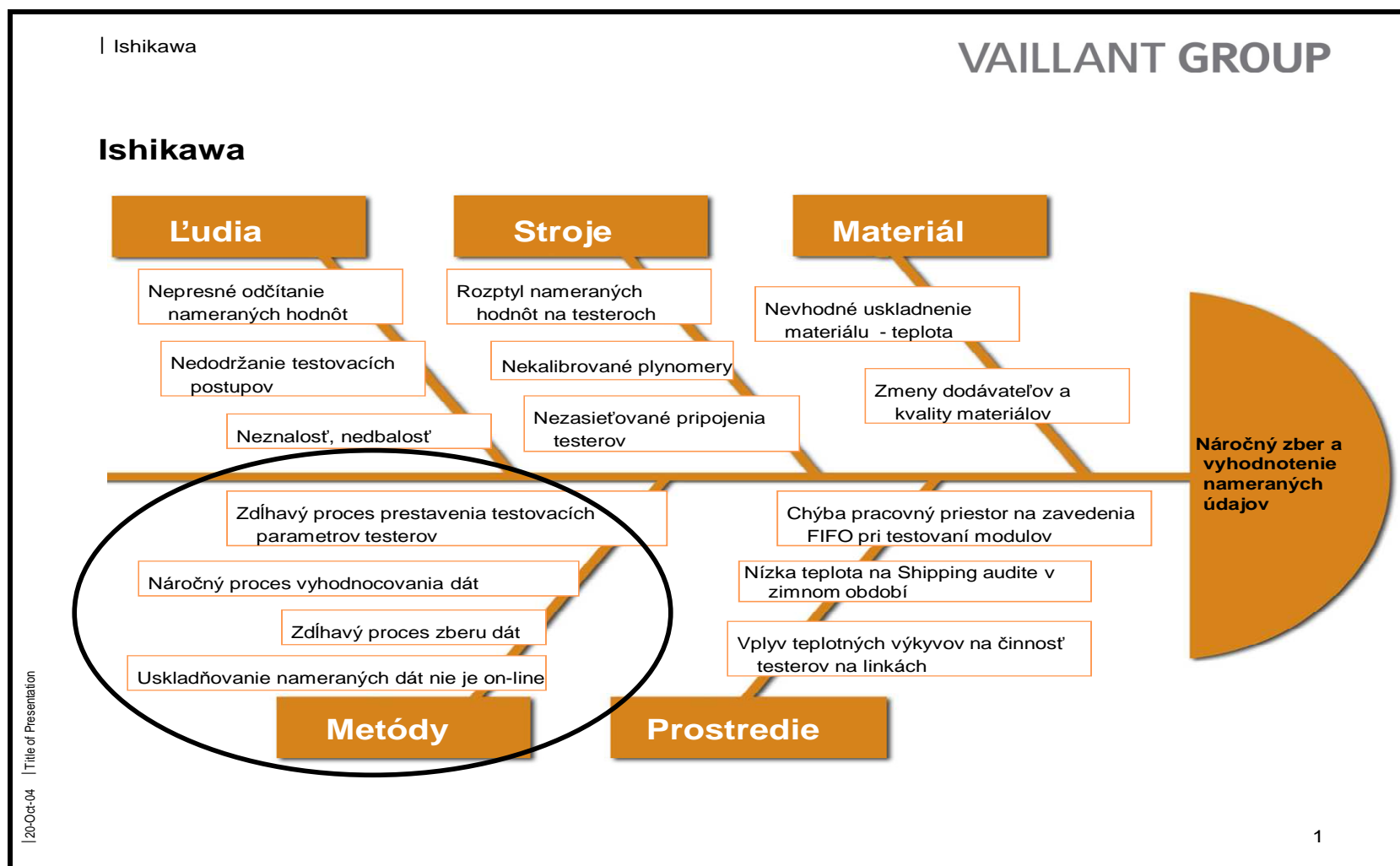
4.2 Ciele

Najväčší problém bol definovaný v zdĺhavom systéme vhodnej interpretácie výsledkov meraní požadovaných hodnôt a ich grafickom zobrazení a nemožnosti efektívneho vyhodnocovania nameraných parametrov s ohľadom na tendenciu trendov. Uvedený problém nám tak určil hlavný cieľ celého projektu a to :

- **Zefektívniť** a dostatočne sofistikovať **zber a vyhodnocovanie** nameraných **dát**, za použitia záznamu nameraných hodnôt.
- **Použitím SPC metód a sledovaním trendov** procesu znížiť počet mimo tolerančných meraní a počet testov na výstupnej kontrole.

Počas analýzy existujúceho systému vyvstali ďalšie možné príčiny, ktorých vyriešenie prispelo k splneniu primárneho cieľa (Obr. 26)ako sú napríklad:

- Nedodržanie testovacích postupov,
- Nesprávne odčítavanie nameraných hodnôt,
- Nekalibrované plynometry na testeroch,
- Nevhodná manipulácia so vstupným materiálom,
- Vplyv klimatických podmienok na prácu technologických zariadení,
- A predovšetkým komplikovaná manipulácia s nameranými údajmi.



Obr. 26 Grafické zobrazenie možných príčin

Brainstormingom bolo určené ako hlavná príčina - **metódy**. Na tento faktor sa predovšetkým zameralo naše úsilie. Bolo treba vyriešiť uskladňovanie zozbieraných a nameraných údajov, pripraviť systém, ktorý by včas a transparentne interpretoval namerané údaje podľa našich potrieb. Sieťovo pospájať technologické zariadenia a tým urýchliť proces odovzdávania informácii.

5 REALIZÁCIA

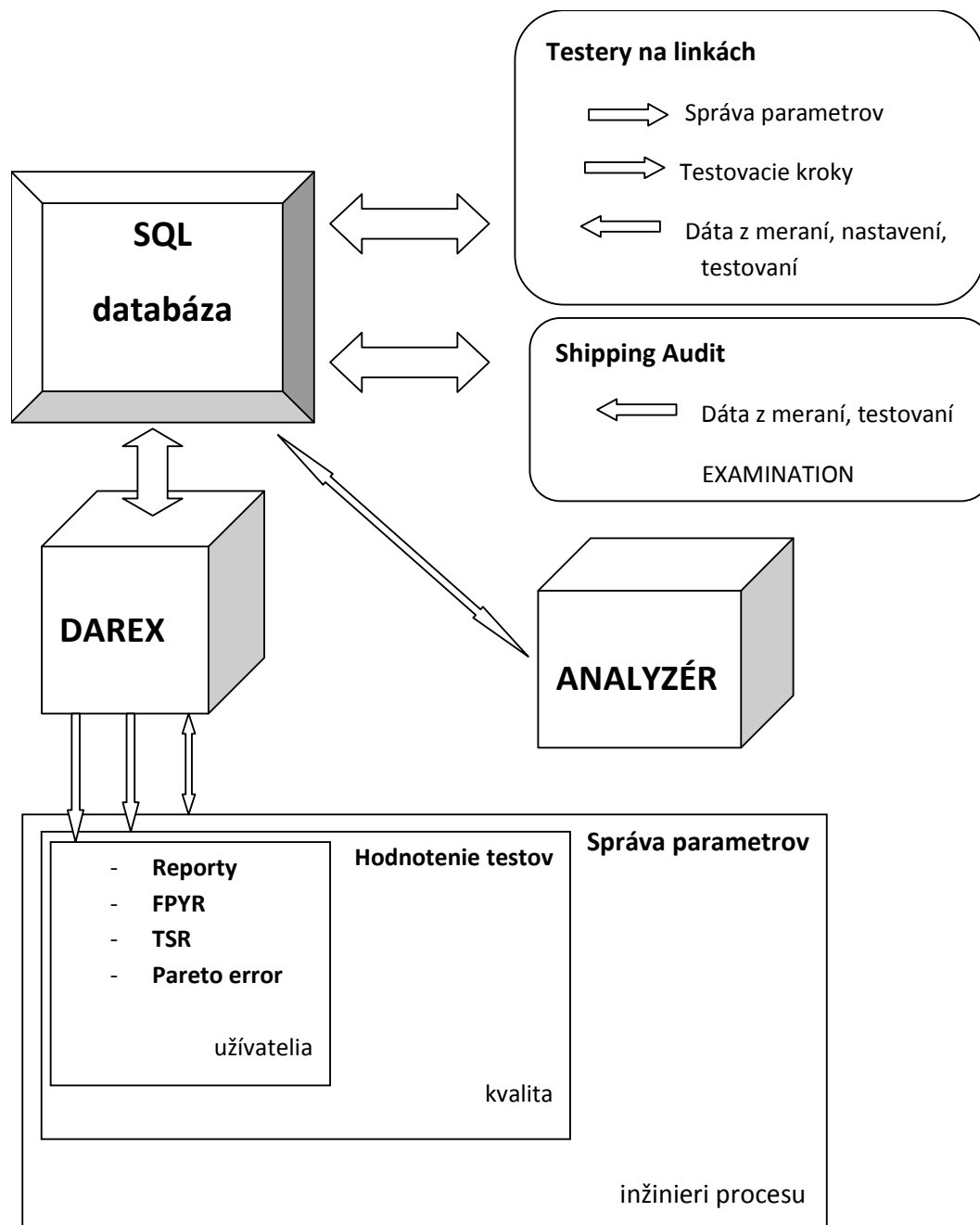
5.1 Dizajn architektúry procesu

Stanovenie požiadaviek na dizajn projektu (Obr.27), bolo vytvárané s maximálnym dôrazom na splnenie daných požiadaviek, dosiahnutia cieľov. Ako základ bol použitý systém Darex – softvérový nástroj (Obr.29), prevzatý z materskej firmy. Systém Darex slúži ako nástroj spracovania dát. Nám však jeho ponúkané možnosti nie celkom vyhovovali, preto sa pristúpilo k návrhu nového uceleného systému zberu, úschovy, spracovania a vyhodnotenia dát. Na dizajne procesov sa podieľali všetky zúčastnené zložky a to oddelenie výrobných a testovacích inžinierov, oddelenie výroby spaľovacích modulov a v poslednom rade oddelenie kvality.

Tvorba nového softvérového rozhrania bola zverená externej spoločnosti Insys Trenčín. Náš závod nedisponuje v súčasnosti možnosťami tvorby programov podobného rozsahu vlastnými zdrojmi. S menovanou firmou sme už mali v predchádzajúcom období kladné skúsenosti a taktiež pracovníci spoločnosti Insys poznali a boli im dobre známe naše produkty a procesy.

Dôraz bol kladený hlavne na tvorbu **databázy pre ukladanie dát z meraní a testovaní**, ktorá dostala názov - **Examination**.

Ďalej sme sa zamerali pri tvorbe na náš najväčší problém a to na vhodne a aktuálne **vyhodnocovanie dát**. Podľa našich požiadaviek bol vytvorený program s názvom – **Analýzér**.



Obr. 27 Dizajn architektúry procesu

5.2 Stanovenie požiadaviek

Pri špecifikácii pre zostrojenie nového systému sa vychádzalo zo súboru meraných dát (Obr.28), ako základu pre spracovanie, z obmedzených možností softvéru Darex a z potreby výstupov – čo bolo potrebné vidieť. Našou majoritnou požiadavkou, kam sme smerovali hlavné úsilie bola potreba mať k dispozícii zariadenie, ktoré by na jednej obra-

zovke naraz zaznamenalo priebeh hlavných sledovaných hodnôt - Q_{cMax} , Q_{cMin} , CO_{2max} a CO_{2min} a to formou regulačných diagramov – **diagramov okamžitých nameraných hodnôt**. Ako merná jednotka bola zadefinovaná – jeden modul / jeden test. Bolo potrebné zoradiť údaje v databáze podľa určitých pravidiel. Ďalšou významnou požiadavkou bola možnosť rôzneho **filtrovania údajov**. Predovšetkým : dátum – časové obdobie, tester linka / Shipping audit a sériové číslo. Uvedené filtrovanie malo vplyv na sledovanie vývoja trendov.

test - prehľad									
výrobné číslo	0020074101912150001140558552								
tester	vsk-dsk12004								
dátum výroby	15.4.2012 20:21								
výsledok	OK								
výsledky	all results								
dátum testu	16.4.2012 14:00								
#	test	popis	hodnota	LSL	USL	m.u.	status	step	
1	Test Start	Start testu	16.4.2013 14:00	-	-	-	OK	1	
2	BC	cele znenie bar kodu	0020074101912150001140558552	-	-	-	OK	2	
3	Type_BC	typove cislo modulu	2007410	-	-	-	OK	3	
4	Prípravný proces	Prípravny proces na testovanie	OK	-	-	-	OK	4	
5	MaxFanSpeedSetup	Nastavenie otacok	5293	-	-	rpm	OK	5	
6	GasPressure	Tlak plynu	24	-	-	mbar	OK	6	
7	Leak_test	test tesnosti	OK	-	-	-	OK	7	
8	GCMaX	Meranie spotreby plynu	44,863	-	-	l/min	OK	8	
9	ChQcMax	Kontrola QC_Max	25,487	24,2	26,6	kW	OK	9	
10	StT_Max	Casove razitko	14:01:15	-	-	-	OK	10	
11	CO2MaxTest	CO2Max Test	8,97	-	8,6	9,4 %	OK	11	
12	CoMaxTest	CoMaxTest	93,3	-	20	200 vpm	OK	12	
13	Air_humidity_max	vzdušná vlhkosť pri maximalnom výkone	10	-	-	%	OK	13	
14	MinFanSpeedSetup	Nastavit na minimalne otacky	858	-	-	rpm	OK	14	
15	GCMIn	Meranie spotreby plynu	5,722	-	-	l/min	OK	15	
16	ChQcMin	CheckQc_Min	3,256	-	2,8	3,8 kW	OK	16	
17	StT_Min	Casove razitko	14:55:18	-	-	-	OK	17	
18	CO2MinTest	CO2Min Test	8,6	-	7,7	9,5 %	OK	18	
19	COMinTest	COMin Test	2,9	-	0	30 vpm	OK	19	
20	Offset	Offsetovy tlak	0	-	-	Pa	OK	20	
21	Check_offset_screw	kontrola offset skrutky	0	-	-	Pa	OK	21	
22	Air_humidity_min	vydušná vlhkosť pri minimálnom výkone	20	-	-	%	OK	22	
23	Disadaptation	Odpojenie	OK	-	-	-	OK	23	
24	Appliance_BC_Articlenumber	pozadovana (duplicitna) hodnota	20070410	-	-	-	OK	24	
25	End_Test_Time	cas ukoncenia testu - pozadovana duplicita	14:57:35	-	-	-	OK	25	
26	TestResult	Vysledok testovania - pozadovany duplicitny	OK	-	-	-	OK	26	
27	Result	Vysledok merania	test bol uspesne dokonceny	-	-	-	OK	27	

Obr. 28 Výsledky testu

V danom prehľade výsledkov testu konkrétneho modulu môžeme vidieť základné testovacie parametre. Vo vyznačenom riadku vidíme názov a popis testovaného parametru, nasleduje nameraná hodnota, ďalej vidíme hodnoty dolnej a hornej špecifikácie, mernú jednotku a výsledok testu.

5.3 Tvorba systému

Po základnom návrhu systému, dodaní vstupov a predložení požiadaviek na finálny produkt – proces, prebehla tvorba systému.

5.3.1 Databáza SQL

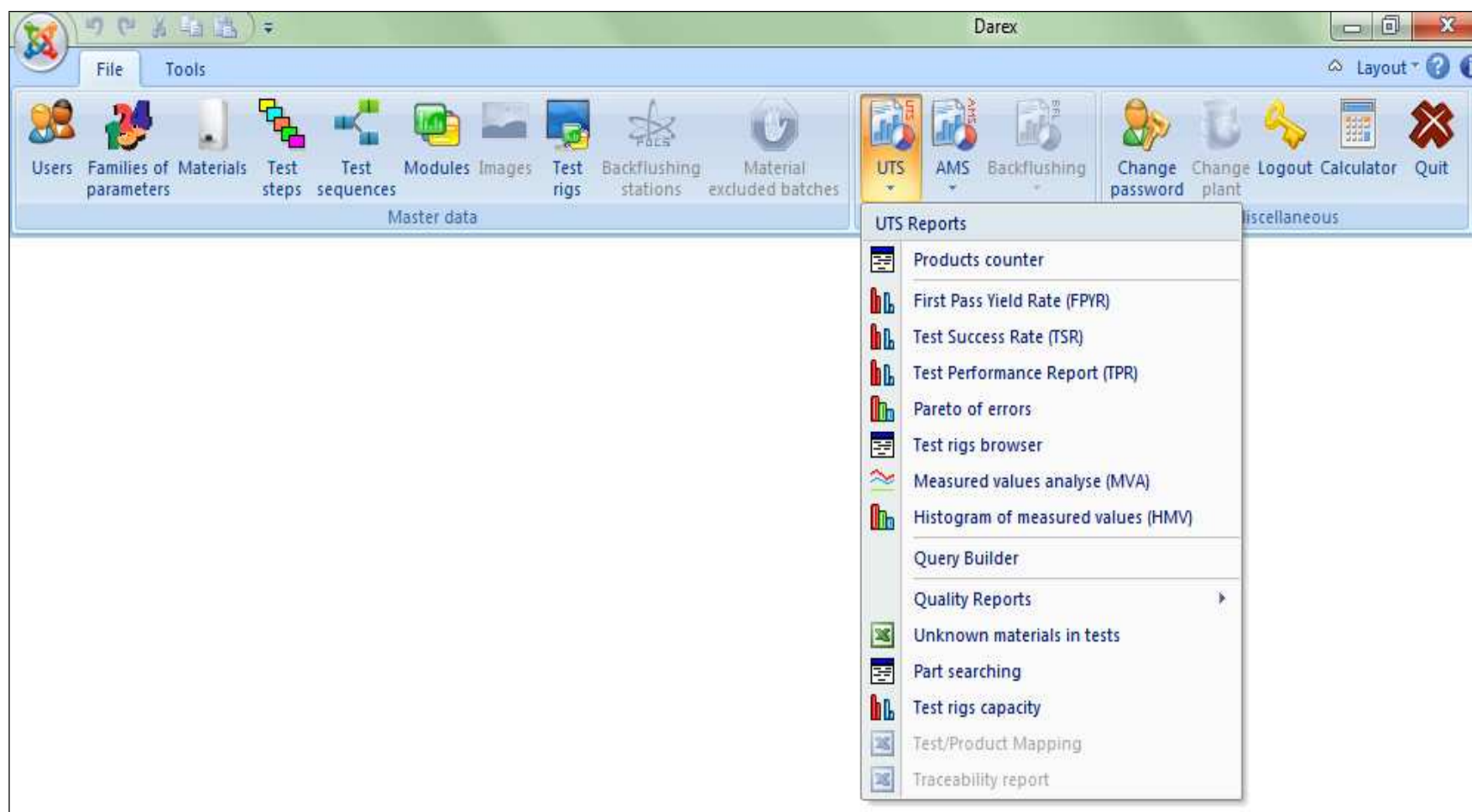
Interná databáza SQL slúži v procese na zber a uchovávanie dát z nastavovaní, meraní, testovaní zo všetkých testerov. To znamená, že sú v nej uchovávané dáta zo vzduchových testerov na výrobných linkách, ale aj z testerov oddelenia Shipping auditu. V tejto databáze sa uchovávajú všetky ukončené merania a testovania. Sú v nej uložené všetky správy parametrov ku všetkým modulom, testovacie kroky pre všetky testery na výrobných linkách (13 testerov) a na oddelení Shipping auditu (4 testery). Vďaka výhode on-line činnosti databázy sme schopní operovať s nahromadenými údajmi a efektívne ich využívať. Pre príklad, pokiaľ bolo v minulosti potrebné zmeniť v jednotlivom testere testovacie parametre, ako následok zmeny, alebo nezhodného merania, bolo treba ísť fyzicky ku danému testeru, stiahnuť z neho testovacie parametre, ktoré boli v textovom súbore. Vrátiť sa späť a v kancelárii prestaviť potrebný údaj / parameter. Následne bolo treba zmenený textový súbor opäť nainštalovať do daného testera. Pokiaľ bolo potrebné takto prestaviť viacero testerov, postup sa musel opakovať. Uvedený čas bol tester nefunkčný a vznikali značné prestoje s veľkým ekonomickým dopadom.

Momentálny stav nám ale umožňuje, okrem iného, po vyhodnotení nezhody prostredníctvom aplikácie Analyzér, okamžite spraviť korekcie testovacích parametrov a to on-line cez Darex a na všetky testery v jednom kroku – z pohodlia kancelárie. Vytvorením databázy a uložením vhodných údajov (ako napríklad všetkých testovacích parametrov) sa podstatne zefektívnilo a urýchlilo nápravné opatrenie.

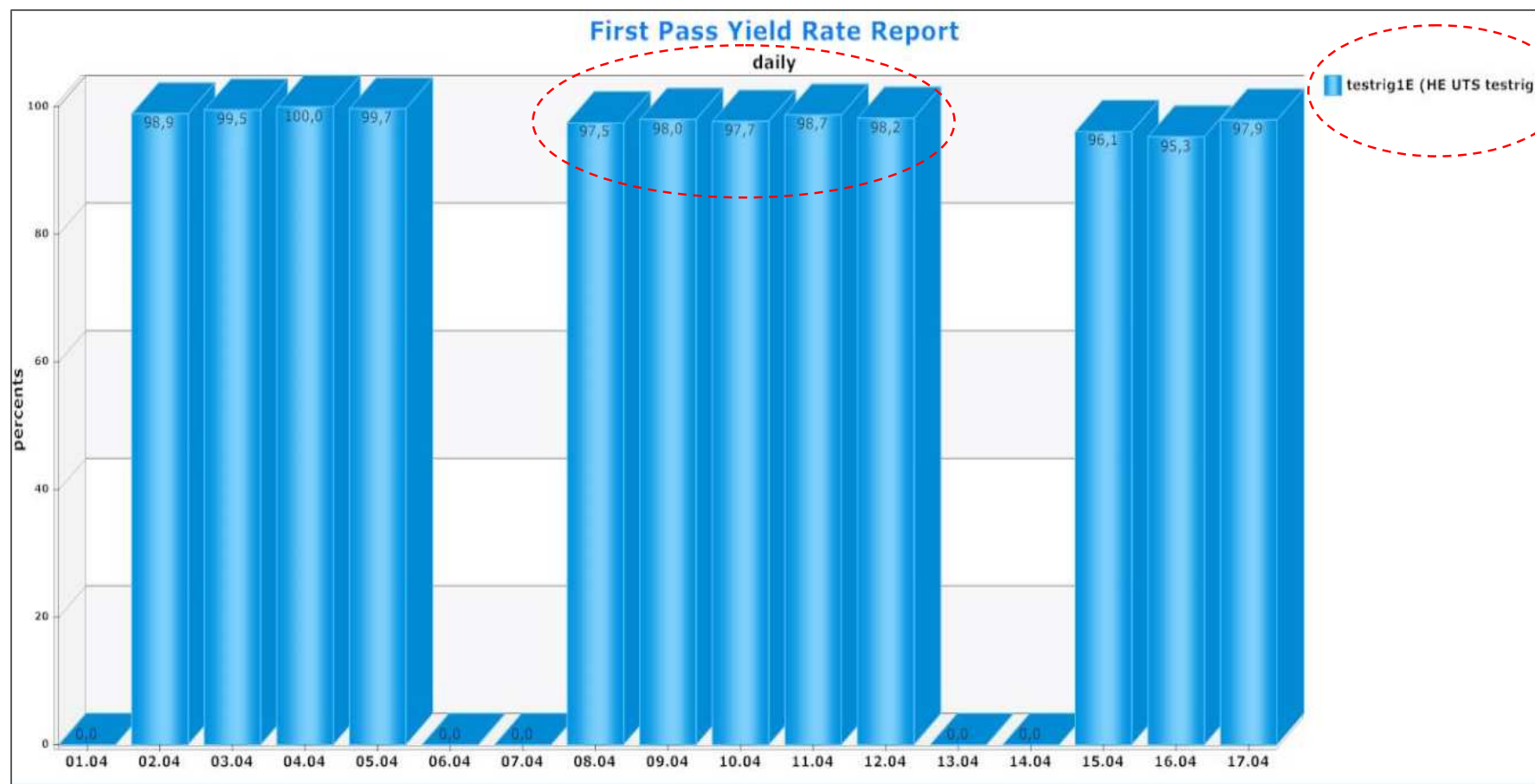
5.3.2 Darex

Darex je softvérová aplikácia prevzatá z materského závodu v Nemecku (Obr.29). Slúži ako nástroj pre správu a vyhodnocovanie dát uložených v databáze SQL. Nemá však vhodnú aplikáciu pre vyhodnocovanie meraných parametrov testermi Shipping auditu. Má široké rozhranie vstupu pre jednotlivé oddelenia. Využíva ho napríklad oddelenie kvality, výroby a inžinieringu pre potreby svojich reportov. Veľkú úlohu zohráva pri správe testovacích parametrov a prenasťavovaní hodnôt testerov. Medzi najčastejšie používané výstupy Darexu sa radia FPYR – First pass yield rate – Počet prvoúspešných testov (Obr. 30), TSR

– Test success rate – Pomer úspěšných testov (Obr. 31), Pareto of errors – Paretový přehľad chýb (Obr.32).

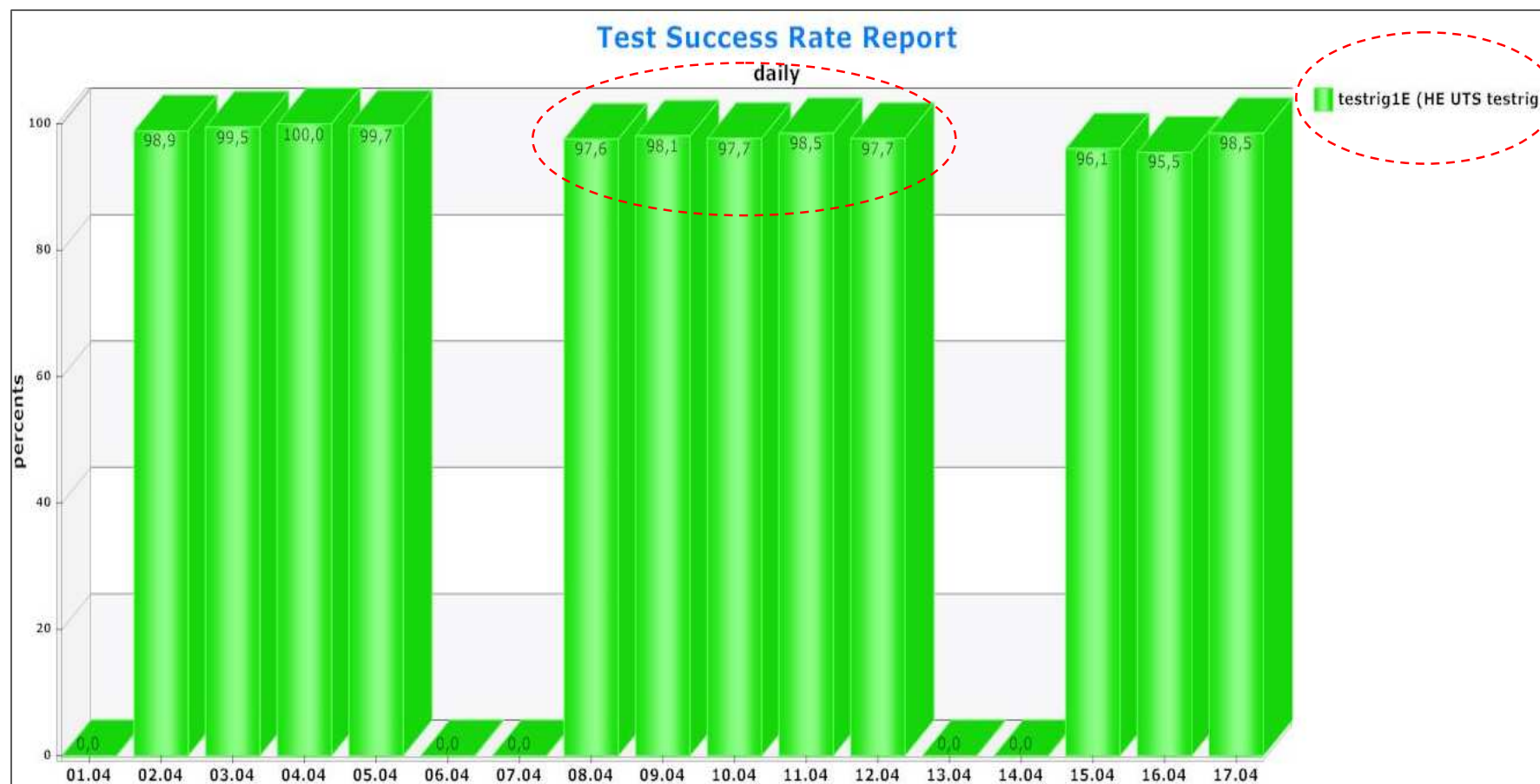


Obr. 29 Příklad Darexu a jeho nástrojov



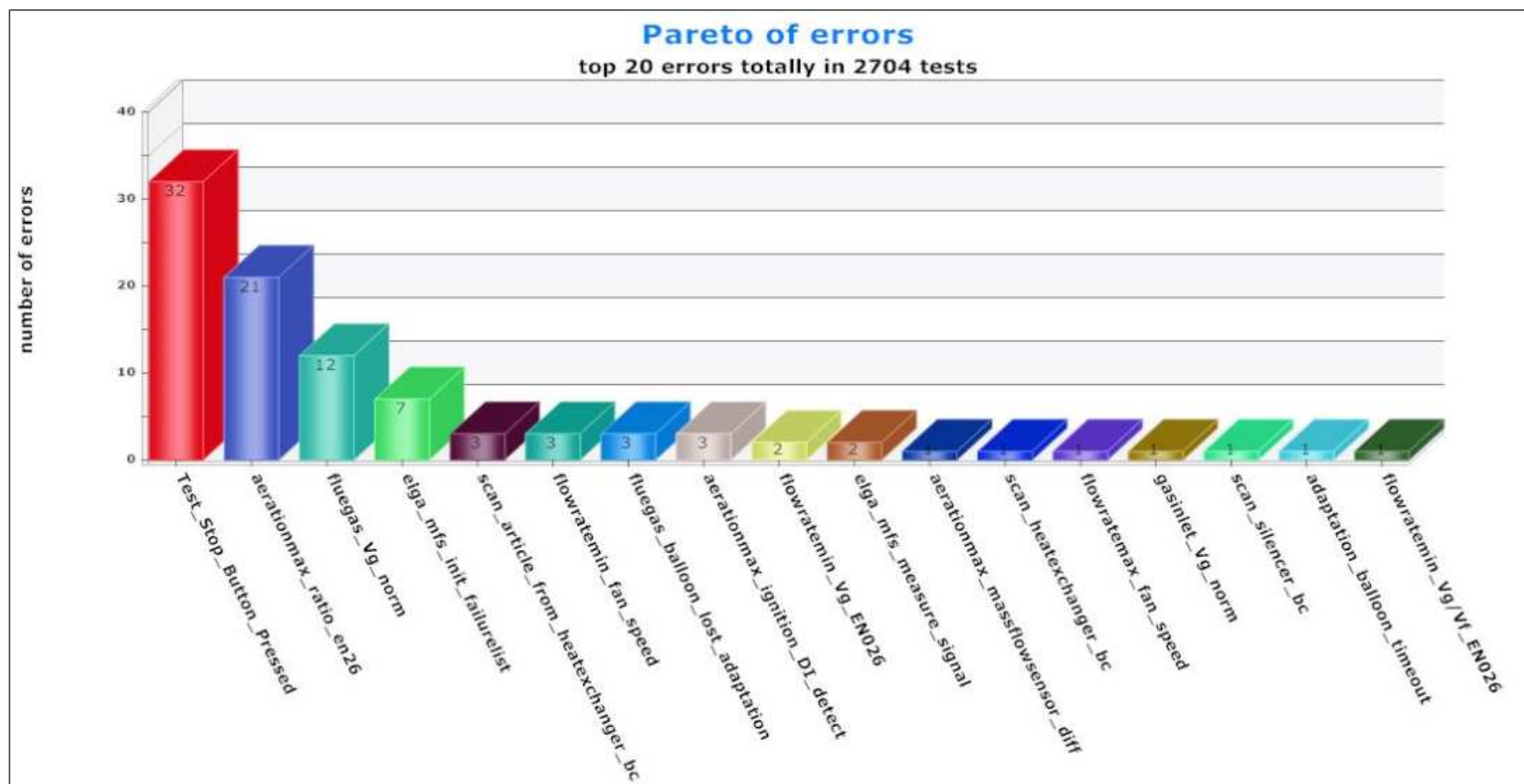
Obr. 30 Příklad FPYR – výstup Darex

Uvedený výstup představuje grafické znázornění počtu prvoúspěšných testů produktu na vzduchovém testere č. 1E. Na osi „x“ je vyvedený datum, na osi „y“ je početnost v %. Číselná hodnota v slípcích grafu představuje poměr prvoúspěšných testů na daném testere v danom dni.



Obr. 31 Příklad TSR – výstup Darex

Uvedený výstup představuje grafické znázornění poměru úspěšných testů k počtu všech testů na testere č. 1E. Na osi „x“ je vyvedený datum, na osi „y“ je poměr prvoúspěšných testů, kvantifikovaný číselným / procentuálním údajem na vrchu sloupce.



Obr. 32 Příklad Pareto of errors – výstup Darex

Pareto diagram – přehled početností výskytu chýb ovlivňujících výsledky testů. Na osi „x“ je přehled detekovaných chýb, na osi „y“ je stupnice výskytů predmetných chýb.

5.3.3 Databáza meraných hodnôt Examination

Examination je účelovo vytvorená databáza údajov, ktorá slúži na správne testovanie modulu, postupnosť krokov testovania, uchováva záznam testu a správu parametrov. Sú v nej ďalej uložené potrebné špecifikácie modulov, uchováva prehľad o všetkých záznamoch testovaní Shipping auditu – ukladajú sa aj neúplné merania, testy, nedokončené merania. Je to databáza výlučne pre oddelenie Shipping auditu, neukladajú sa v nej údaje meraní a nastavovaní testerov z výrobných liniek.

Databáza Examination poskytuje taktiež prehľad o operátoroch Shipping auditu, hodnotenia operátorov, analýzu práce a omylov operátorov, hodnotenie spoľahlivosti. Taktiež je zdrojom dát testov a históriou príčin meraní nezhodných hodnôt.

5.3.4 Softvér štatistického vyhodnocovania kvality produkcie Analyzér

Tvorbe Analyzéra bola venovaná maximálna pozornosť, nakoľko sa považoval za pilier daného projektu optimalizácie. Analyzér je aplikácia účelovo vytvorená a používaná zatiaľ výhradne naším závodom.

Základnou úlohou Analyzéra (Obr.34), je okamžité spracovanie a vyhodnocovanie meraných dát a to grafickou formou - **diagramami nameraných hodnôt**, ktorá sleduje požiadavky kladené na začiatku projektu. Uvedená vlastnosť chýbala v Darexe.

Informácie a vstup údajov čerpá Analyzér z databázy SQL. Dôvod, prečo Analyzér nepracuje s databázou Examination je ten, že v databáze Examination sú uchovávané aj údaje s neúplných meraní, pokusov a testov. Ak by Analyzér pracoval aj s uvedenými údajmi, tieto by negatívne ovplyvnili výsledok meraní.

Výsledky meraných hodnôt, ktoré sú predmetom ďalšieho šetrenia, sú interpretované spoločne na jednej obrazovke v štyroch oddelených grafoch a to pre lepšiu výpovednú schopnosť. Ďalšie aplikované požiadavky pre účinné riadenie procesu kontroly kvality boli:

- **Možnosť filtrovať časové obdobie.** Táto funkcia Analyzéra umožňuje sledovať tendenciu a trendy vývoja meraných veličín.
- **Možnosť filtrovania testerov.** Funkcia umožňuje sledovať vývoj dát len na určitom testere.
- **Možnosť filtrovať produkt.** Vďaka sériovému číslu môžeme vyfiltrovať nezhodný modul. Priebeh jeho nastavovaní a testov, ale taktiež môžeme

filtrovať podľa modelu výrobku históriu a priebeh testov a nastavení ostatných modulov toho istého druhu.

Regulačné medze pre zhotovovanie regulačných diagramov **sú dané a platné špecifikáciou** jednotlivých produktov.

Interným rozhodnutím boli do grafov implementované akčné limity, ktorých hodnota je väčšinou o 1% nižšia ako sú regulačné medze. Hodnoty atakujúce a presahujúce akčný limit okamžite spúšťajú reakčné opatrenia, ako napríklad prestavenie hodnôt na vzduchovom testere – opäť v závislosti na vyhodnotení daného problému. Rozpätie medzi akčným limitom a regulačnou medzou nám poskytuje dostatočný priestor na korigovanie hodnôt blížiacich sa k tolerančným hraniciam bez ohrozenia kvality produkcie.

Vyhodnocovanie meraných údajov, tendencií trendov v grafickom zobrazení zatiaľ **prebieha manuálne** a to prostredníctvom oddelenia testovacích inžinierov, podľa špecifických zásad. Momentálne sme nedokázali vhodne implementovať úplne automatický systém vyhodnocovania a hlavne úpravy parametrov vzduchových testerov po detekcii nezhodného merania so špecifikáciou. Hlavnou príčinou je stála možnosť vstupu chyby zapríčinennej ľudským faktorom do procesu počas testovania. Automatický systém by túto odchýlku nedokázal vhodne skorigovať. Naopak, človek znalý procesov a postupov vie uvedenú chybu / tendenciu trendu skorigovať efektívnejšie. Priestor na vstup ľudskej chyby je hlavne pri testovaní na Shipping audite, kde operátor odčítavajúci hodnoty prístrojov ich nesprávne interpretuje a vpíše do testovacieho protokolu (Obr.33) – zdroju údajov pre Examination. Pokiaľ v budúcnosti dokážeme aplikovať určité detekčné rozhranie, ktoré v stanovený čas zaeviduje do protokolu správne odčítané a namerané hodnoty, spravíme prvý krok k plnej automatizácii procesu.

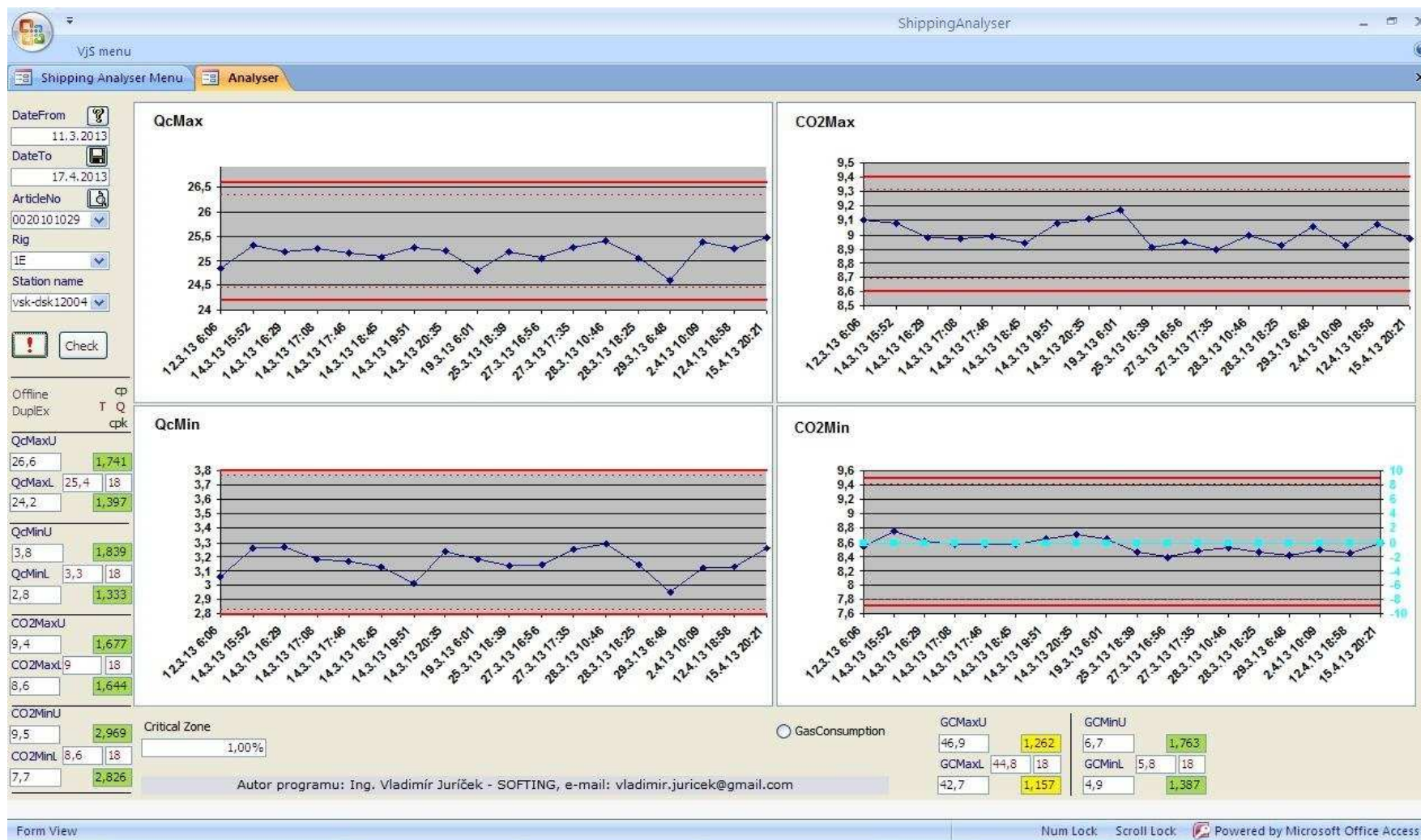
Step	Názov	Hodnota	Hodnoten
1	Start_Test_Time	13:44:32	
2	Start_Test_date_time	17.4.2013 13:44	
3	Adaptation	OK	
4	Appliance_BC	00200704181913	
5	bfcode	bf145390518	
6	Appliance_Type_BC	0020070418	
7	PreparationProcess	OK	
8	MaxFanSpeedSetup	6044	
10	GasPressure	24	
11	TemperatureFlow	8060	
12	BurningTime	0:00:00	
13	Leak_test	OK	
14	MaxTargetFanSpeedOut	5900	
20	SetNormGas	g20	
21	SwitchingTime	0:00:00	
22	GasConsumptionMax	63,653	
23	Pgas_Max	45,1	
24	Tgas_Max	23,5	
25	Tamb_Max	24,2	
26	Pamb_Max	1001	
27	CheckQcMax	35,697	OK
28	StepTime_Max	13:55:49	
29	CO2MaxTest	8,95	OK

Obr. 33 Príklad testovacej procedúry – databáza Examination

Analyzér je schopný pracovať v režime on-line, ale aj v režime off-line. Režim off-line sa využíva prevažne pri práci z archívu nameraných dát, kde by každá aktualizácia vykonávajúca sa v režime on-line zbytočne navrhovala čas práce.

V danom okamihu sa automatizácia procesu rozšírila o varovnú informáciu pre všetky zúčastnené zložky procesu o nezhodnej hodnote merania. Po detekcii nezahody systém automaticky vygeneruje výstražný email, ktorý operátor verifikuje a odpošle predefinovaným adresátom z výroby, inžinieringu, plánovania, logistiky, manažmentu a v neposednom rade kvality.

Po detekcii nezahody príslušný testovací inžinier postupuje podľa vopred určených krokov a to tak, aby odhalil príčinu nezahody so špecifikáciou modulu a v prípade nutnosti korigoval nastavovacie parametre na vzduchovom testere.



Obr. 34 Príklad zobrazenia výsledkov softvérom Analyzér

The screenshot shows a software interface for data analysis. It features several filter sections and a data table. Red dashed circles highlight specific input fields and data values. Arrows point from text labels to these highlighted areas.

Filters:

- DateFrom:** 11.3.2013
- DateTo:** 17.4.2013
- ArticleNo:** 0020101029
- Rig:** 1E
- Station name:** vsk-dsk12004

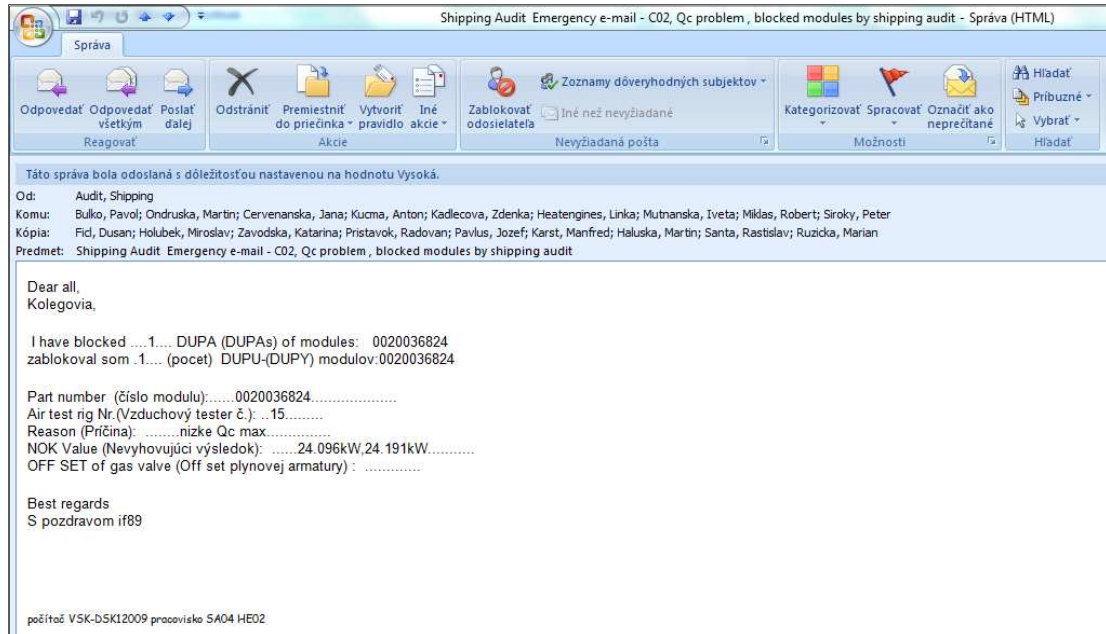
Data Table:

Parameter	Value	Unit	Count
QcMaxU	26,6	1,741	
QcMaxL	25,4	18	
QcMinU	3,8	1,839	
QcMinL	3,3	18	
CO2MaxU	9,4	1,677	
CO2MaxL	9	18	
CO2MinU	8,6	1,644	
CO2MinL	8,6	18	
CO2MinU	9,5	2,969	
CO2MinL	7,7	2,826	

Labels and Annotations:

- Volba rozsahu datumu:** Points to DateFrom and DateTo fields.
- Volba artikla, druh modulu:** Points to ArticleNo field.
- Výber testera:** Points to Rig field.
- QcMax – tolerančné hranice a stredná hodnota:** Points to QcMaxU and QcMaxL rows.
- QcMin – tolerančné hranice a stredná hodnota:** Points to QcMinU and QcMinL rows.
- CO2Max – tolerančné hranice a stredná hodnota:** Points to CO2MaxU and CO2MaxL rows.
- CO2Min – tolerančné hranice a stredná hodnota:** Points to CO2MinU and CO2MinL rows.

Obr. 35 Analyzér – voľba filtrov a numerický prehľad nameraných dát

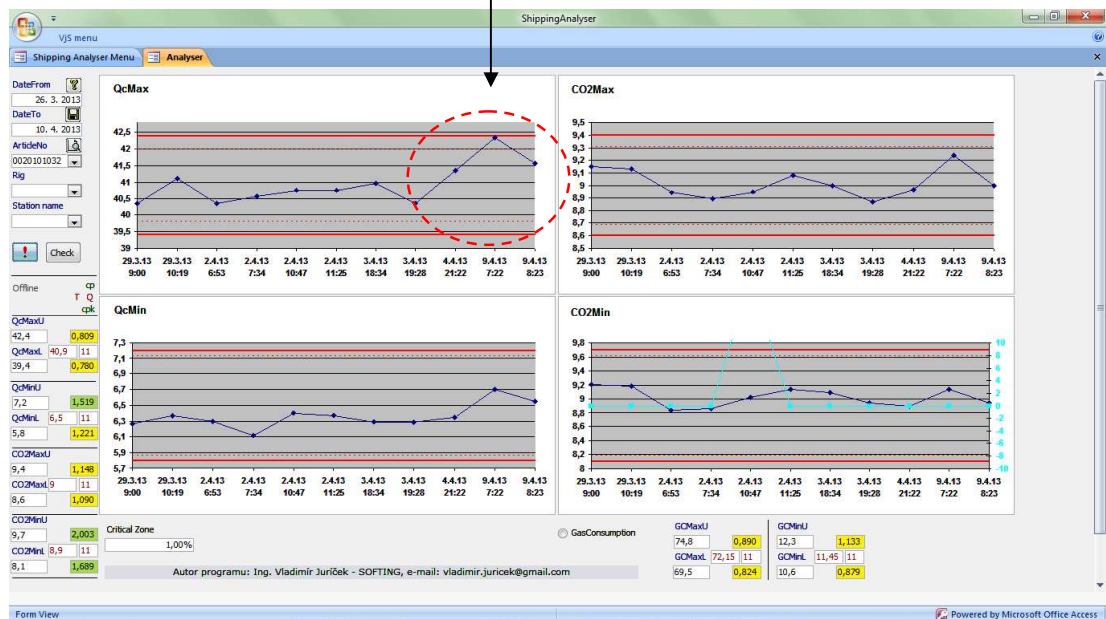


Obr. 36 Príklad varovného emailu

5.4 Príklady využitia vyhodnocovania údajov regulačnými diagramami

Príklady využitia regulačných diagramov v inžinierskej praxi pri sledovaní meraných hodnôt a tendencii trendov vývoja meraných hodnôt.

Charakteristický znak – Q_{cMax} atakuje akčný limit.



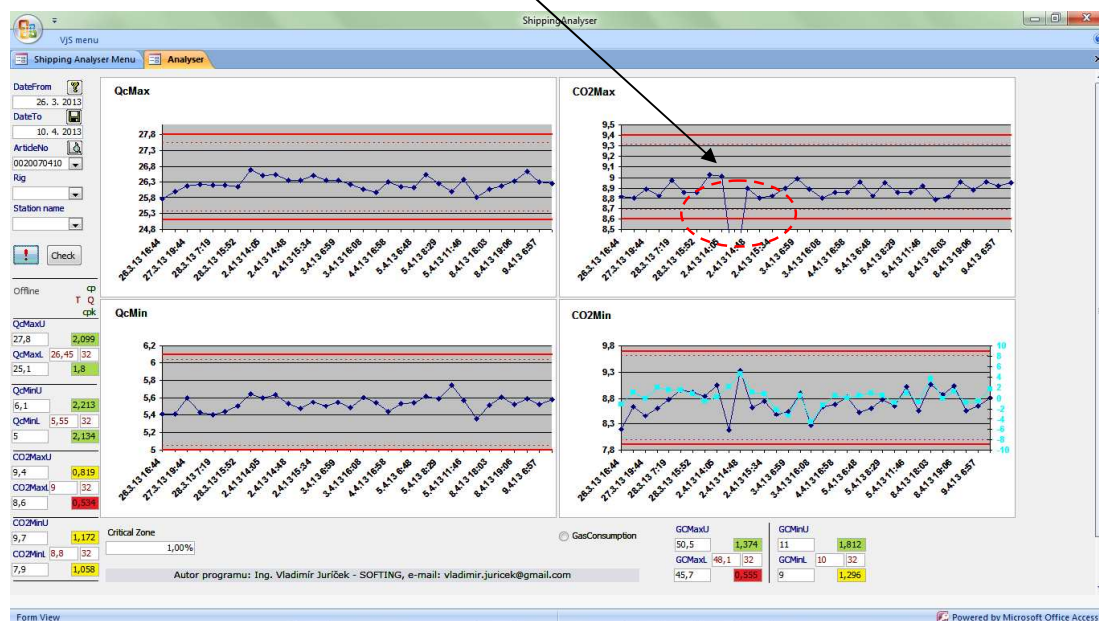
Detekcia problému: Q_{cMax} stúpa k akčnému limitu.

Analýza problému: Zistiť, či operátor neurobil chybu – negatívne.

Test sa opakoval, opäť výsledok atakujúci akčný limit.

Nápravné opatrenie: Úprava parametrov vzduchového testera.

Charakteristický znak – CO_{2Max} mimo tolerančnej hranice.

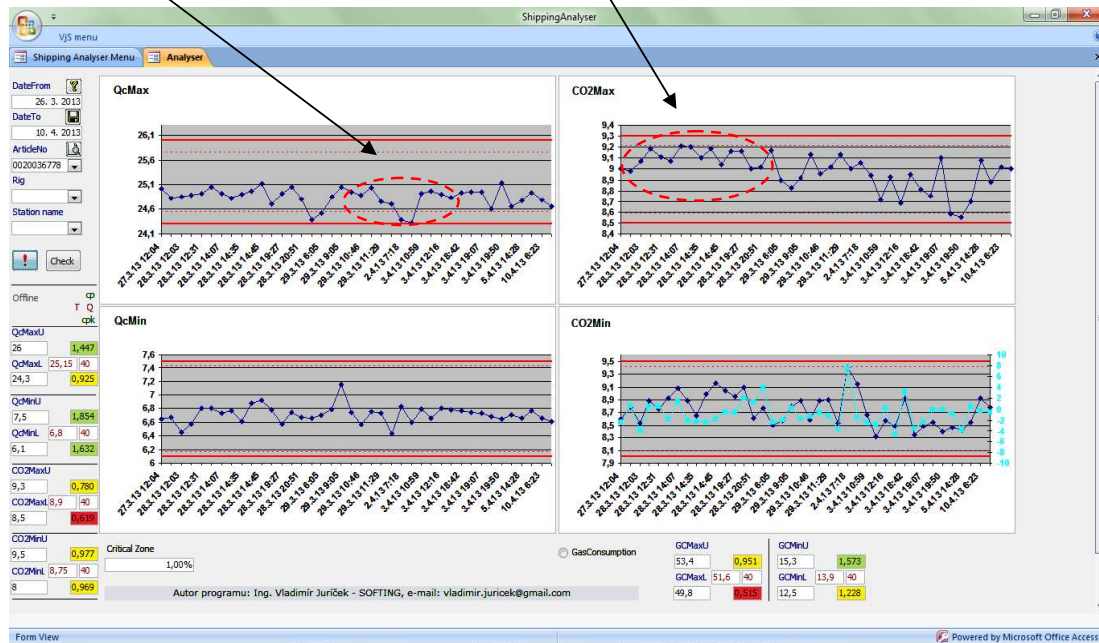


Detekcia problému: CO_{2Max} mimo tolerančnej hranice.

Analýza problému: Zistiť chybu operátora, vykonaný retest modulu na inom testere s uspokojivým výsledkom. Následne na predmetnom testere testovaný ďalší modul, opäť s negatívnym výsledkom. Príčinou problému bola technická závada na testere – prasknutá hadička prívodu spalín do analyzátoru spalín.

Nápravné opatrenia: Oprava testera.

Charakteristický znak – nevystředené hodnoty CO_{2Max} a opakovaný pokles Q_{cMax} na hranici tolerančné medze.

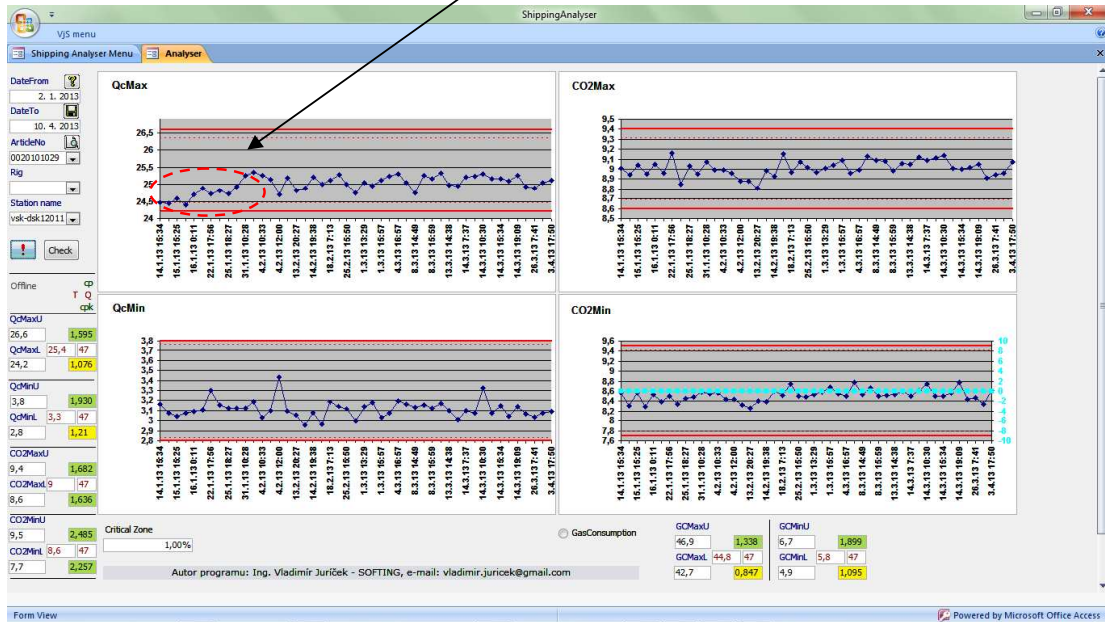


Detekcia problému: Q_{cMax} druhý pokles na hranici tolerančných hodnôt, nevystredené hodnoty CO_{2Max} .

Analýza problému: Vylúčenie chyby operátora, prevedenie retestu, porovnanie údajov z iných testerov.

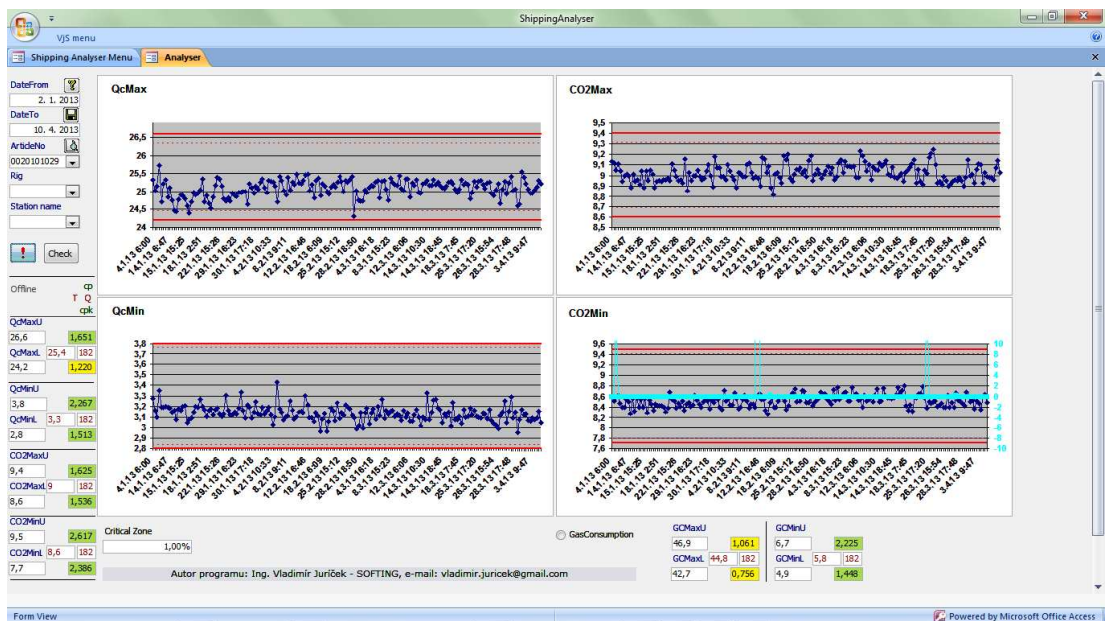
Nápravné opatrenia: Úpravy parametrov vzduchového testera pre zaistenie správnych hodnôt Q_{cMax} . Úprava parametrov vzduchového testera pre postupné centrovanie hodnôt CO_{2Max} .

Charakteristický znak – po postupnom nastavení hodnôt testerov, dlhodobo stabilný modul.



Uvedený príklad zobrazuje dlhodobo stabilný modul bez väčších problémov. Bola potrebná len minimálna korekcia pre nastavenia hodnôt na stred špecifikácie.

Charakteristický znak – dlhodobo stabilný modul.



Dlhodobo stabilný modul bez potreby korekcií a uprav nastavení.

5.5 Prínosy projektu

Ciele projektu boli zamerané na odstránenie definovaných príčin enormne dlhého vyhodnocovania nameraných údajov a zavedenie kontroly procesu testovania a nastavovania parametrov spaľovacích modulov.

Činnosti pre úspešné zvládnutie boli realizované internými zdrojmi, ale aj externou spoločnosťou. Hlavné príčiny boli eliminované nasledovnými akciami:

Stroje.

Potvrdenie príčiny rozptylu hodnôt testerov na oddelení Shipping auditu bolo prvým veľkým úspechom Analyzéra a sledovania tendencií trendov meraných hodnôt. Vierohodne sa podarilo preukázať diametrálne odlišné namerané hodnoty rovnakého modulu testovaného na rozdielnych testeroch. Dané nezrovnalosti a rozptyl testerov boli zapríčinené nekorekciou plynomerov. Po ich následnom kalibrovaní a zistení skutočného prietoku plynu – štandardná odchýlka voči etalónovej odchýlke – bola realizovaná korekcia danej odchýlky. Následným implementovaním daného korekčného faktoru pre jednotlivý tester v databáze Examination, sa merané prietoky plynov upravovali pomocou uvedeného korekčného faktoru a získavali sme objektívnejšie hodnoty. Pred kalibráciou plynomerov bol rozdiel medzi „najlepším a najhorším“ v prepočte až 1.5kW. Pre porovnanie, modul s nominálnym príkonom 30kW má podľa špecifikácii povolenú odchýlku 2.2kW.

Zosieťovaním všetkých zúčastnených komponentov sa dosiahlo časová úspora vyhodnotenia meraných dát a významne sa zefektívnila činnosť potrebná k prestavovaniu testovacích parametrov.

Prostredie.

Bol preukázateľne dokázaný negatívny vplyv klimatických odchýlok na prácu vzduchového testera na montážnych linkách. Boli sme nútený zmeniť layout rozloženia výrobných liniek tak, aby sme testery umiestnili na miesta s menším negatívnym klimatickým dopadom a to predovšetkým prudkým zmenám teploty. Všeobecne platilo – dostať tester čo možno najďalej od brán. Ak uvedené riešenie nebolo možné vykonať, respektíve ak jeho efekt nebol dostatočný, boli inštalované špeciálne zásteny, ktoré daný tester izolovali od okolitého prostredia.

Zároveň bolo posilnené vykurovanie Shipping auditu v zimnom období, aby sa zaistila optimálna a stabilná teplota na oddelení.

V oblasti vstupu modulov do oddelenia Shipping auditu bol zmenený layout a to tak, aby bolo možné implementovať manuálne navádzacie zariadenie pre zaistenie FIFO.

Metódy.

Problém vhodného uloženia, spracovania a interpretácie dát za účelom ich ďalšieho spracovania sa podarilo vyriešiť implementovaním nového dizajnu systému s podporou všetkých vyššie spomenutých častí.

Hlavný podiel na vyriešení situácie má softvér Analyzér. Poskytuje dobrý základ pre vhodnú a včasnú detekciu nezhody produktu so špecifikáciou. Požadovaným filtrovaním sme schopní sledovať **trendy** vývoja meraných hodnôt a následne upraviť parametre vzduchových testerov ešte pred tým, ako by sme dospeli k nameraniu nezhodnej hodnoty. V neposlednom rade sme vďaka kontrole procesu mohli znížiť percento pretestovaných Modulov na Shipping audite, čo značne zefektívnilo našu prácu a z ekonomického hľadiska prispelo k zníženiu nákladov. Zámer projektu bol splnený. Znížili sme percento testovaných modulov na Shipping audite z 5%, respektíve 3% (dane špecifikáciou, náročnosťou modulu a skúsenosťami z vývinu meraní) na 1% testovania modulov. To nám umožnilo znížiť náklady na zaistenie kvality produkcie.

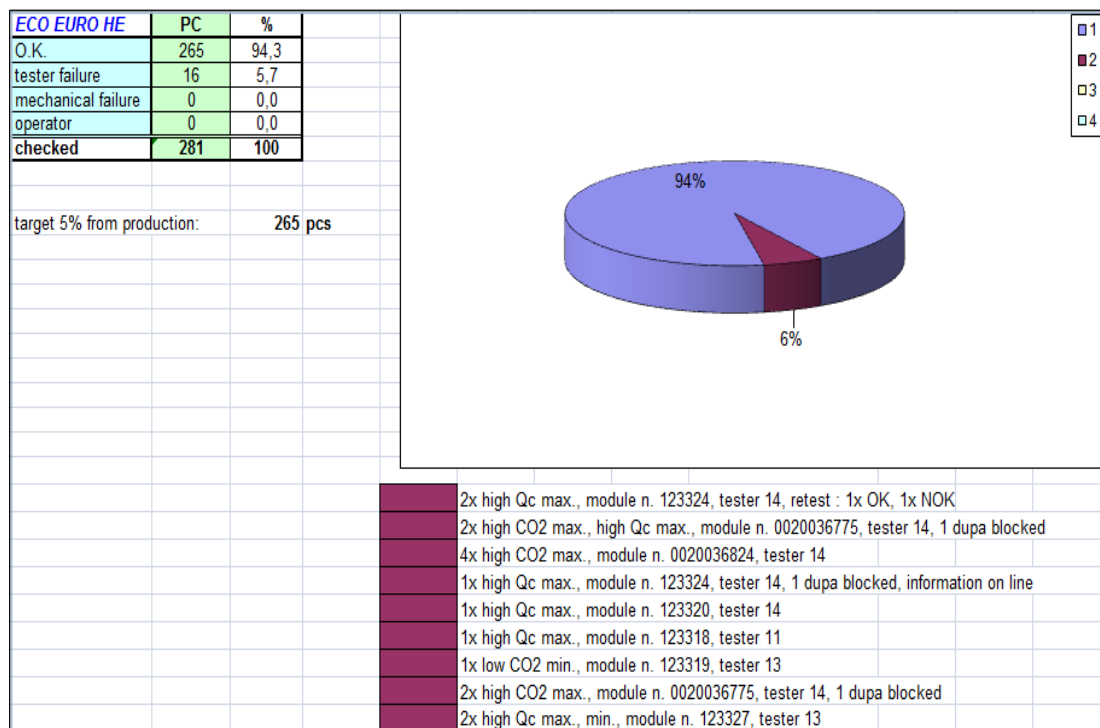
Ľudia.

Pre elimináciu vstupu možných chýb zapríčinených ľudským faktorom do systému merania boli pripravené a zrealizované školenia a tréningy operátorov. Taktiež sa pristúpilo k individuálnemu hodnoteniu operátorov, na základe ich efektivity a chybovosti práce. Údaje pre tento systém nám poskytuje databáza Examination. Ďalej sú v uvedenej databáze aplikované presné postupy a formuláre testovania a merania pre jednotlivé moduly, ktoré je potrebné dodržať.

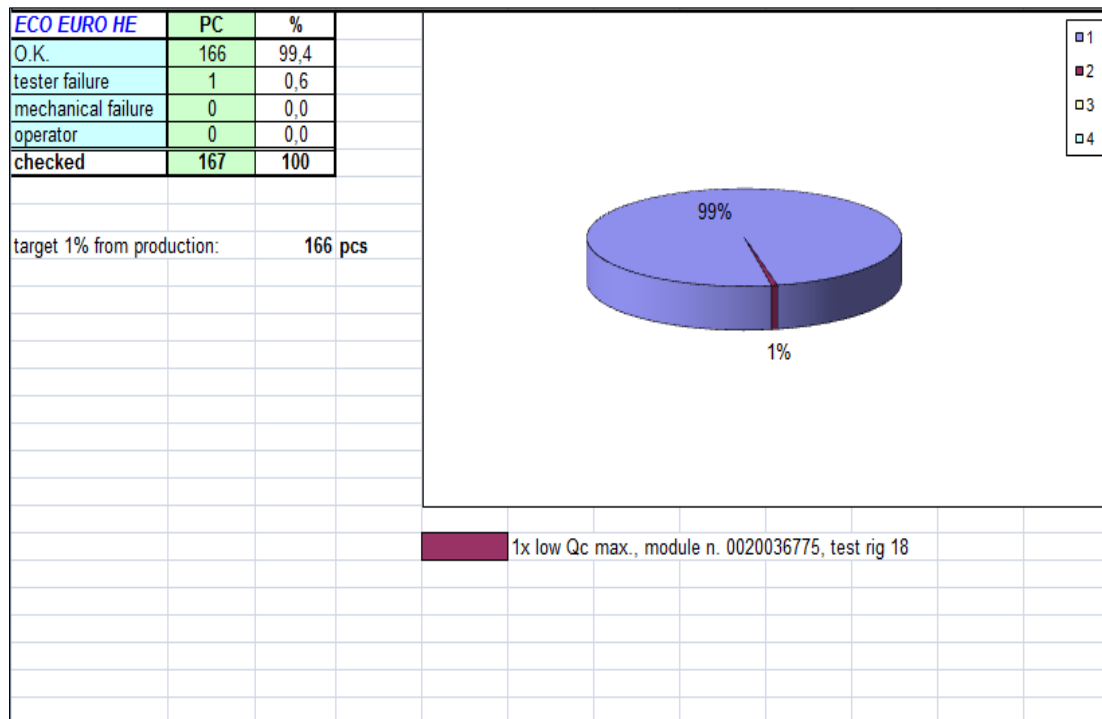
Materiál.

Pre uskladňovanie materiálu boli stanovené špecifikácie, ktoré určovali spôsoby a miesta uskladňovania materiálov, ktorých nevhodná teplota pri dodaní do výrobného procesu mala za následok vychýlenie nastavovaných parametrov.

Pozitívny dopad projektu sa prejavil na množstve nameraných nezhodných hodnôt mimo tolerančných hraníc. Systém pod štatistickou kontrolou vykazuje preukázateľne menej nameraných hodnôt mimo tolerancie a to predovšetkým vďaka preventívnym reakciám po detekcii hodnôt v akčných medziach a po správne interpretovaných vývojoch pozorovaných trendov.



Obr. 37 Príklad nameraných nezhôd pred zavedením systému SPC, Január 2012, linka Eco Euro



Obr. 38 Príklad nameraných nezhôd po zavedení systému SPC, Január 2013, linka Eco Euro

Uvedený systém má vysokú mieru udržateľnosti za predpokladu dodržania stanovených postupov operátormi zúčastnenými na všetkých operáciách. Pokiaľ by sa nám v budúcnosti podarilo plne zautomatizovať nový proces, bola by miera udržateľnosti na podstatne vyššej úrovni.

6 ZÁVER

Za posledné desaťročie sa v manažérstve kvality veľa zmenilo a tieto zmeny prebiehajú stále rýchlejšie. Dôvodom sú zmeny celkovej hospodárskej a politickej situácie vo vyspelých krajinách, ktoré sa odzrkadľujú najmä:

- v zmene trhu výrobcu na trh kupujúceho,
- v rozložení zabezpečovania kvality na celý životný cyklus výrobku,
- v internacionalizácii trhov a zjednocovaní požiadaviek,
- vo využití faktora času na ovplyvnenie trhu.

Kvalita a jej manažérske zabezpečenie už dávno prestali byť doménou iba špičkových organizácií a snaha o prežitie núti viac a viac organizácie zaoberať sa systémom manažérstva kvality a zaviesť ho do praxe. Uvedené skutočnosti spôsobili extrémnu orientáciu organizácií na budovanie systémov kvality. [7]

Splnenie cieľov.

Úlohou diplomovej práce s názvom „ Aplikovanie štatistických metód pri nastavovaní CO₂ na spaľovacích moduloch kondenzačných kotlov “ realizovanej v spoločnosti Vaillant Industrial Slovakia s.r.o. bolo aplikovanie a využitie štatistických metód riadenia kvality. Daná práca skúmala v spoločnosti faktory vplyvajúce na proces zberu, ukladania a vyhodnocovania nameraných dát pri nastavovaní meraných veličín a ich vzájomnú interferenciu. Cieľom predkladanej diplomovej práce bolo zhrnutie poznatkov o základných štatistických metódach, ich praktickej aplikácii, grafickom zobrazení výsledkov a ich interpretácii. Prínosom práce je zhodnotenie využitia štatistických metód a to aplikáciou najvhodnejšieho riešenia.

Hlavný cieľ projektu – aplikácia metód pre štatistické riadenie procesu bol úspešne splnený. Softvér Analyzér ponúka potrebné transparentné vyhodnotenie nameraných údajov, ktoré umožňuje testovacím inžinierom pozorovať chovanie sa meraných veličín a vďaka optimálne nastaveným hodnotám im dáva priestor na včasnú reakciu.

Samotné regulačné diagramy aplikované v procese kontroly slúžia na štatistickú reguláciu procesu nastavovania parametrov spaľovacích modulov plynových kondenzačných kotlov.

Z výsledkou diplomovej práce je teda zrejmé, že vhodné pozorovanie a regulovanie procesu má zásadný dopad na kvalitu produktu. Sekundárnym efektom je vďaka zníženiu nákladov na nekvalitu ekonomický prínos obdobných riešení.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] STN EN ISO 9000:2000 : Systémy manažerstva kvality – Základy a slovník.
- [2] FABIAN, F. – HORÁLEK, V. – CHMELÍK, V. – CHODOUNSKÝ, J. – KRÁL, J. – KŘEPELA, J. – MICHÁLEK, J. : Statistické metody řízení jakosti. Praha : Česká společnost pro jakost, 2007. 400 s. ISBN 80-238-1818-X
- [3] CHAJDIAK, J. : Štatistické riadenie kvality. Bratislava : Statis, 1998. 174 s. ISBN 80-85659-12-3
- [4] NENADÁL, J. – NOSKIEVIČOVÁ, D. – PETŘÍKOVÁ, R. – PLURA, J. – TOŠENOVSKÝ, J.: Moderní systémy řízení jakosti. Praha : Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-85943-63-8
- [5] Diagram příčin a následkov JANOŠCOVÁ, R. : Příklad analýzy příčin v PALSTAT CAQ. [doc] Trenčín: Fakulta mechatroniky TnUAD, 2007. s.15. Aktualizované 5-11-2007[cit2007-11-24].Dostupné na internete: <http://www.infosys.tnuni.sk/moodle/file.php/83/Cvicenie_Ishikawa.doc>
- [6] TKÁČ, M.: Štatistické riadenie kvality. Ekonóm. Bratislava 2001. ISBN 80-2250145-X
- [7] KUREKOVÁ, E. – PALENČÁR, R.: Modul 28: Systémy manažerstva merania. [pdf]. Bratislava: Ing. Juriga, 2005. s. 27. Aktualizované 13-6-2005 [cit 2007-11-12]. Dostupné na internete: <http://www.kam.sjf.stuba.sk/KATEDRA/publikacie/leonardo/ucebnica/28s.pdf>
- [8] STN ISO 8258, Shewhartové regulačné diagramy
- [9] LINCZÉNY, A., NOVÁKOVÁ, R.: Manažerstvo kvality. Slovenská technická univerzita v Bratislave MTF STU. Bratislava: 2001. ISBN 80-8227-586-7
- [10] JANOŠCOVÁ, R. : Výber regulačného diagramu. [ppt] Trenčín: Fakulta mechatroniky TnUAD, 2007. s.6. Aktualizované 22-10-2007 [cit 2007-11-17]. Dostupné na internete: <http://www.infosys.tnuni.sk/moodle/file.php/83/Vyber_RD.ppt>
- [11] ČSN ISO 8258:1994 : Shewhartove regulačné diagramy.
- [12] HALAJ, M. : Chyby a neistoty merania. [pdf] Bratislava: Strojnícka fakulta STU, 2004. s.27. Aktualizované 14-12-2004 [cit 2007-12-2]. Dostupné na internete: <<http://www.kam.sjf.stuba.sk/KATEDRA/vyuka/pt4/VM-prednaska6-neistota.pdf> >
- [13] Interná dokumentácia firmy Vaillant group, Green Belt MINITAB Ubungen
- [14] MATEIDES, A. a kolektív : Manažerstvo kvality: História, koncepty, meódy. Bratislava : Ing. Miroslav Mračko - EPOS, 2006. ISBN 8080576564

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

ISO	International Organization for Standardization
MSA	Measurement System Analysis, analýza meracieho systému
SMK	Systém manažérstva kvality
SPC	Statistical Process Control, štatistická regulácia procesu
SQC	Statistical Quality Control, štatistické riadenie kvality
STN	Slovenská technická norma
CL	Central Line, centrálna priamka
UCL	Upper Control Limit, horná regulačná medza
LCL	Lower Control Limit, dolná regulačná medza
USL	Upper Specification Limit, horná tolerančná medza
LSL	Lower Specification Limit, dolná tolerančná medza
SQL	Structured Query Language, štrukturovaný vyhľadávací jazyk
FPYR	First Pass Yield Rate, počet prvoúspešných testov
TSR	Test Success Rate, pomer úspešných testov
WET-Pruefung	Mokrú škúška
Q_{cMax}	Maximálny výkon
Q_{cMin}	Minimálny výkon
CO ₂	Oxid uhličitý
CO	Oxid uhoľnatý
Test Results	Výsledky testu
Examination	Databáza výsledkov meraní
Analyzér	Program vyhodnocovania výsledkov
FIFO	First In, First Out, prvý dnu, prvý von

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Vývojový diagram.....	18
Obr. 2 Histogram.....	23
Obr. 3 Ishikawov diagram	25
Obr. 4 Paretov diagram a Lorentzova krivka.....	27
Obr. 5 Výber regulačného diagramu.....	32
Obr. 6 Náčrt regulačného diagramu.....	33
Obr. 7 Regulačný diagram R	36
Obr. 8 Revidovaný regulačný diagram R.....	36
Obr. 9 Regulačný diagram x.....	37
Obr. 10 Revidovaný regulačný diagram x.....	37
Obr. 11 Rozdelenie regulačného pásma.....	38
Obr. 12 Hodnoty indexu C_p.....	42
Obr. 13 Vplyv neistoty merania na hodnotenie kvality výrobku [7].....	46
Obr. 14 Schéma vplyvov pôsobiacich na výsledok merania [7].....	47
Obr. 15 Proces výroby spaľovacieho modulu.....	52
Obr. 16 Proces predmontáže plynového ventilu.....	54
Obr. 17 Proces predmontáže zmiešavacieho ramena.....	55
Obr. 18 Proces výroby spaľovacieho modulu.....	55
Obr. 19 Vzduchový tester na linke	56
Obr. 20 Tester plynových spaľovacích modulov na Shipping audite.....	56
Obr. 21 Spaľovací modul	58
Obr. 22 Spaľovací modul v zostave plynového kotla	59
Obr. 23 WET – Pruefung.....	63
Obr. 24 Priebeh šetrenia príčiny nameranej nezhodnej hodnoty.....	64
Obr. 25 Vzor sériového čísla spaľovacieho modulu	65
Obr. 26 Grafické zobrazenie možných príčin	67
Obr. 27 Dizajn architektúry procesu.....	70
Obr. 29 Príklad Darexu a jeho nástrojov	75
Obr. 30 Príklad FPYR – výstup Dare.....	76
Obr. 31 Príklad TSR – výstup Darex.....	77
Obr. 32 Príklad Pareto of errors – výstup Darex.....	78
Obr. 33 Príklad testovacej procedúry – databáza Examination.....	81

Obr. 34 Príklad zobrazenia výsledkov softvérom Analyzér	82
Obr. 35 Analyzér – voľba filtrov a numerický prehľad nameraných dát.....	83
Obr. 36 Príklad varovného emailu	84
Obr. 37 Príklad nameraných nezhôd pred zavedením systému SPC, Január 2012, linka Eco Euro	90
Obr. 38 Príklad nameraných nezhôd po zavedení systému SPC, Január 2013, linka Eco Euro.....	91

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Kontrolná tabuľka rozdelenia procesu	17
Tab. 2 Tvary histogramov a možné vymedziteľné príčiny ich odchýlok.....	20
Tab. 3 Histogram a spôsobilosť procesu	21
Tab. 4 Tabuľka absolútnej početnosti	23
Tab. 5 Tabuľka početností pre zostrojenie Paretovho diagramu	27
Tab. 6 Základné typy korelačných diagramov	30
Tab. 7 Vzťahy na výpočet medzi Shewhartových regulačných diagramov	34
Tab. 8 Testy regulačných diagramov na odhalenie vymedziteľných príčin.....	39
Tab. 9 Opis testov posúdenia regulačných diagramov.....	40
Tab. 10 Tabuľka rozdelenia pravdepodobnosti	49

ZOZNAM PRÍLOH

ŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY