

UNIVERZA V NOVI GORICI  
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**STATISTIČNI NADZOR PROCESA V PODJETJU**

**HIDRIA AET D.O.O.**

DIPLOMSKO DELO

**Andrej Leban**

Mentor: viš. pred. mag. Stojan Kokošar

Nova Gorica, 2009



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se vsem sodelavcem v podjetju Hidria AET d.o.o., ki so mi posredovali vse potrebne podatke, ki sem jih potreboval pri nastajanju diplomskega dela. Zahvala gre tudi vodilnim v podjetju, ki so mi omogočili, da sem lahko uporabljal naprave, ki sem jih potreboval pri analizi in preizkusih sposobnosti strojev in procesa s pomočjo statističnega nadzora procesa.

Hvala tudi mentorju mag. Stojanu Kokošarju za pomoč pri pisanju diplomskega dela.



## IZVLEČEK

V diplomskem delu so predstavljene značilnosti statističnega nadzora procesa (v angleščini poznamo kratico SPC – Statistical Process Control) in njegova uporabnost. Predstavljen je tako teoretični del, na osnovi preučevanja literature na tem področju, kot tudi praktični prikaz, kako se statistični nadzor procesa uporablja v praksi. Motiv, zakaj smo izbrali za temo diplomskega dela SPC, je bil predvsem v tem, da smo skozi praktično usposabljanje v sektorju kakovosti hoteli še bolj izpopolniti znanje na tem področju. Glavni cilj diplomskega dela je bil raziskati določen problem skozi postopek statističnega nadzora procesa, raziskati sposobnost procesa in strojev ter ugotoviti stanje kontrolnih kart v podjetju.

Diplomsko delo je nastalo na osnovi izhodišč, ki so opredeljene v internem poslovniku podjetja Hidria AET d.o.o. in z raziskavo stanja v podjetju, na osnovi česar so bili nato oblikovani predlogi za izboljšave. V podjetju smo opravili večmesečno analizo izmeta (slabi izdelki), s katero smo izločili glavne napake, ki nastajajo na izdelkih. Podane so statistične metode, ki se uporabljajo v podjetju, in izračuni koeficientov sposobnosti procesa in strojev. Z njimi smo preverili, ali lahko stroji izdelujejo izdelke v predpisanih tolerančnih mejah ali pa so potrebni popravila. V diplomskem delu so bile uporabljene različne statistične metode. Kontrolne karte, Pareto analiza, sposobnost procesa in sposobnost stroja.

Ugotovljeno je bilo, katere napake nastajajo na izdelkih v procesu proizvodnje ter zakaj je prihajalo do določenih kratkih stikov na svečki in težav z upornostjo. Za to so bili podani tudi predlogi za izboljšave. Prvi predlog za izboljšavo bil je nadgradnja varilnih avtomatov za varjenje uporov in pogostejša kontrola varjenih grelcev, drugi predlog pa je popravilo gnezda na stroju za valjanje navojev. Izboljšave zmanjšajo izmet v proizvodnji in preprečijo nastanek kratkih stikov, zaradi katerih lahko pride do visokih stroškov reklamacij in celo izgube kupca. Ugotovili smo torej, kako skozi analizo izmeta, izračunavanjem koeficientov sposobnosti strojev in procesov ter s kontrolnimi kartami pridemo do izboljšav.

## **ABSTRACT**

The characteristics of statistical process control and its usefulness are discussed in this bachelor thesis. It includes a theoretical part, produced on the basis of available literature sources and also practical part which describes the use of statistical process control in practice. The motive for selecting this topic in this undergraduate thesis was primarily a completed practical training at the quality control department and the subsequent desire to enhance the knowledge in this area by producing an undergraduate thesis. The main aim of this thesis was to investigate a particular problem by using the statistical process control procedure, study the capability of the process and machinery, and determine the status of company control charts.

This bachelor thesis has been produced on the basis of premises defined in the internal rules of the company Hidria AET d.o.o. and by studying the current conditions in the company, on the basis of which suggestions for improvements were put forward. An analysis of rejects (i.e., faulty products) was carried out in the company over the period of several months, based on which the main product defects have been eliminated. Statistical methods used in the company are presented, in addition to calculations of the process and machinery capability coefficients. These were used to check whether the machines can manufacture products within the prescribed tolerance limits and whether some repairs are required. Various statistical methods have been used in this bachelor thesis. Control charts, Pareto analysis and study the capability of process and machinery.

It was established which product defects are caused during the production process, as well as why short circuits occur on the spark plug and why there was a problem with the resistance. Improvements were thus suggested in order to reduce the number of rejects during production and prevent the occurrence of short circuits, which may lead to expensive complaints and even customer loss. The first proposal for improvement was the upgrading of welding machines for welding resistors and frequently checking of heaters, second proposal was the repair of a nest on a machine for rolling threads. In addition, it was established how improvements can be introduced by carrying out a rejects analysis, calculating the process and machinery capability coefficients, and using control charts.

## **KLJUČNE BESEDE**

Statistični nadzor procesa, sposobnost procesa, kontrolne karte, kakovost, Pareto analiza

## **KEY WORDS**

Statistical process control, process capability, control charts, quality, Pareto analysis





## KAZALO

1	UVOD .....	1
2	KAKOVOST IN UVAJANJE STALNIH IZBOLJŠAV .....	3
3	PREDSTAVITEV PODJETJA .....	8
3.1	Zgodovina.....	8
3.2	Raziskave in razvoj.....	8
3.3	Vizija in poslanstvo .....	9
4	STATISTIČNI NADZOR PROCESA.....	11
5	STATISTIČNE METODE.....	14
5.1	Diagram vzrokov in posledic.....	14
5.2	Histogram .....	15
5.3	Diagram raztrosa .....	17
5.4	Grafični prikaz.....	17
5.5	Kontrolne karte .....	18
5.5.1	Atributivne kontrolne karte.....	19
5.5.2	Variabilne kontrolne karte .....	23
5.6	Sposobnost procesa .....	28
5.7	Sposobnost stroja.....	30
6	STANJE V PODJETJU.....	31
6.1	Uporaba kart .....	31
6.2	Primer Pareto analize.....	32

6.3	Izračun sposobnosti procesa .....	37
6.3.1	Sposobnost procesa za operacijo »valjanje navoja« .....	39
6.3.2	Sposobnost procesa za operacijo »krajšanje navoja« .....	41
6.4	Izračun sposobnosti stroja .....	43
6.4.1	Sposobnost stroja za operacijo »valjanje navoja« .....	43
6.4.2	Sposobnost stroja za operacijo »krajšanje navoja« .....	44
6.5	Analiza problema kratkih stikov .....	46
7	REŠITEV PROBLEMOV .....	49
7.1	Rešitev problema 1. Kratek stik .....	49
7.2	Rešitev problema 2. Prenizka upornost .....	49
8	ZAKLJUČEK .....	50
9	LITERATURA .....	51
10	PRILOGA 1 .....	I
	Meritve - premer navoja in dolžina grelca (sposobnost stroja) .....	I
11	PRILOGA 2 .....	III
	Meritve - premer navoja in dolžina grelca (sposobnost procesa) .....	III
12	PRILOGA 3 .....	V
	Meritve - dolžina navoja .....	V
13	PRILOGA 4 .....	VII
	Tabela za izračun kontrolnih mej pri kontrolnih kartah in formule .....	VII

## KAZALO SLIK

Slika 1. Ledena gora stroškov [Plantan, 2005] .....	4
Slika 2. Pot izboljševanja kakovosti [Plantan, 2005].....	4
Slika 3. Dejavniki kakovosti izdelka [Lah, 2008] .....	5
Slika 4. Krog kakovosti [Lah, 2008].....	5
Slika 5. Izdelki podjetja Hidria AET d.o.o. [Interno gradivo Hidria, 2007].....	9
Slika 6. Delež prodaje na posameznih trgih [Interno gradivo Hidria, 2007].....	10
Slika 7. Pareto diagram [Pareto diagram, 2008] .....	12
Slika 8. Stabilnost procesa [Interno gradivo Hidria, 2007] .....	13
Slika 9. Diagram ribja kost [Lah, 2008] .....	15
Slika 10. Vrste porazdelitev [Interno gradivo Hidria, 2007] .....	16
Slika 11. Centriranost procesa [Interno gradivo Hidria, 2007].....	16
Slika 12. Diagram raztrosa [Lah, 2008].....	17
Slika 13. Gantogram [Gantogram, 2008].....	18
Slika 14. Prikaz <i>C</i> -karte .....	20
Slika 15. Prikaz <i>U</i> -karte .....	21
Slika 16. Prikaz <i>NP</i> -karte.....	22
Slika 17. Prikaz <i>P</i> -karte .....	22
Slika 18. Prikaz <i>x</i> (povpečno)- <i>R</i> karte .....	25
Slika 19. Prikaz karte Mediana .....	27
Slika 20. Pre-control karta [Interno gradivo Hidria, 2007].....	28

Slika 21. Gaussova krivulja .....	29
Slika 22. Količina izmeta na LAMI 2 .....	32
Slika 23. Količina izmeta na LAMI 6 .....	33
Slika 24. Število slabih izdelkov .....	33
Slika 25. Analiza izmeta .....	34
Slika 26. Slika notranjosti konice dobre svečke .....	36
Slika 27. Slika notranjosti konice slabe svečke .....	36
Slika 28. Slabo zavarjena svečka .....	36
Slika 29. Dobro zavarjena svečka .....	37
Slika 30. Poškodovana podložka .....	37
Slika 31. Naprava za krajšanje grelcev in valjanje navojev .....	38
Slika 32. Histogram meritev tabele 4 .....	40
Slika 33. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 4 .....	40
Slika 34. Histogram meritev iz tabele 6 .....	42
Slika 35. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 6 .....	42
Slika 36. Histogram za meritve iz tabele 8 .....	43
Slika 37. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 8 .....	44
Slika 38. Histogram za meritve iz tabele 10 .....	45
Slika 39. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 10 .....	45
Slika 40. Število slabih svečk zaradi navedenega problema .....	46
Slika 41. Dobra in slaba svečka .....	47

Slika 42. Notranjost naprave za valjanje navojev.....	47
Slika 43. Gnezdo, ki ne deluje pravilno.....	48
Slika 44. Gaussova krivulja za meritve iz priloge 3.....	48

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1. Meritve časa za popravilo izdelka.....	24
Tabela 2. Število vzorcev glede na število izdelkov.....	38
Tabela 3. Prikaz jemanja vzorcev.....	39
Tabela 4. Meritve (v milimetrih) za operacijo »valjanje navoja«.....	39
Tabela 5. Izračun $C_p$ in $C_{pk}$ za operacijo »valjanje navoja«.....	41
Tabela 6. Meritve (v milimetrih) za operacijo »krajšanje grelca«.....	41
Tabela 7. Izračun $C_p$ in $C_{pk}$ za operacijo »krajšanje navoja«.....	42
Tabela 8. Meritve (v milimetrih) za operacijo »valjanje navoja«.....	43
Tabela 9. Izračun $C_m$ in $C_{mk}$ za operacijo »valjanje navoja«.....	44
Tabela 10. Meritve (v milimetrih) za operacijo »krajšanje grelca«.....	45
Tabela 11. Izračun $C_m$ in $C_{mk}$ za operacijo »krajšanje navoja«.....	46
Tabela 12. Izračun $C_m$ in $C_{mk}$ za operacijo valjanje navoja (dolžina navoja).....	48



## 1 UVOD

Smo v obdobju, v katerem je kakovost izdelkov ključnega pomena za uspešnost poslovanja podjetij. Podjetja, ki proizvajajo kompleksne izdelke, morajo neprenehoma nadzorovati svoj proces proizvodnje, saj kupci (še posebno to velja za avtomobilsko industrijo) zahtevajo 100-odstotno kakovost in dobavitelj vsak slab izdelek drago plača z visoko kaznijo ali pa celo z izgubo kupca. Obvladovati proces proizvodnje v predpisanih tolerancah in dosežati 100-odstotno kakovost izdelkov pa je zelo zahtevna naloga. Za učinkovit nadzor kvalitete mora podjetje neprenehoma statistično nadzirati in spremljati napake na izdelkih ter zagotavljati sposobnost strojev, kar je pogoj za ustrezno kvaliteto izdelkov.

Podjetja morajo biti močno vpeta v proces nenehnih izboljšav. Te niso stvar naključja. Pri tem gre za premišljene odločitve, katerih namen je doseganje cilja 100-odstotne kakovosti izdelkov. V zvezi s tem procesom lahko rečemo, da je v podjetju zelo pomembna stalna prisotnost manjših izboljšav, saj s tem dosežemo vedno višje standarde in zadovoljimo potrebe kupcev. Vse to pa lahko dosežemo z metodami statističnega nadzora procesa, ki obsega veliko različnih metod beleženja procesa ali napak, od raznih diagramov, histogramov, gaussovih krivulj do izračunavanja sposobnosti procesa in strojev. Te statistične metode so učinkovito orodje s katerimi analiziramo in spremljamo proces proizvodnje.

Osnovni cilj celotnega spremljanja procesa je ugotoviti, kateri problemi oziroma napake nam povzročajo največji delež izmeta (slabih izdelkov). Če hočemo število slabih izdelkov zmanjšati, moramo najprej analizirati obstoječe stanje. Prvi cilj, ki ga moramo doseči pri zagotavljanju kakovosti izdelkov je, da lahko v proizvodnem procesu izdelujemo izdelke v predpisanih tolerančnih mejah in da v okviru procesa razpolagamo z ustrezno tehnologijo.

Eden izmed ciljev tega diplomskega dela je v tem, da to tudi preverimo v podjetju. Nadzor procesa se zagotavlja z različnimi kontrolnimi kartami. Naš cilj je ugotoviti stanje kontrolnih kart v podjetju, kako se z njimi ravna, izluščiti pomanjkljivosti v procesu ter predlagati morebitne izboljšave. Raziskali smo tudi sposobnost procesa in strojev ter s tem ugotovili kolikšna je stabilnost proizvodnega procesa v podjetju.

Na osnovi teoretičnih izhodišč in priporočil, ki izhajajo iz internega poslovnika podjetja Hidria AET d.o.o., smo najprej opravili analizo obstoječega stanja in opredelili posamezne probleme. Analiza obstoječega stanja je temeljila na obširnem zapisovanju in analiziranju izmeta. V analizo je bil vključen tudi izračun koeficientov sposobnosti procesa in sposobnosti stroja. Na tej osnovi smo določili postopke za uvedbo izboljšav ter predstavili rezultate, ki smo jih dosegli z navedeno študijo. V diplomskem delu smo podali dva predloga za izboljšavo. Prvi je rešitev problema enega izmed kratkih stikov, ki nastaja pri motornih svečkah. Drugi predlog pa je rešitev problema prevelike ali premajhne upornosti pri motornih svečkah.

V prvi polovici diplomskega dela so opisane predvsem teoretične značilnosti statističnega nadzora procesa, v drugi polovici pa je predstavljeno stanje v podjetju Hidria AET d.o.o. in rešitve problemov, ki so se izkazali med raziskovanjem. V drugem poglavju je razložen pojem kakovosti in stalnih izboljšav. Predstavljeno je dejstvo zakaj so stalne izboljšave pomembne in kako se jih poslužujemo. V tretjem poglavju je predstavljeno podjetje Hidria AET d.o.o. in njeni izdelki, četrto poglavje pa predstavlja osnove in namen statističnega nadzora procesa. V petem poglavju smo predstavili statistične metode, kot so diagram vzrokov in posledic, histogram, diagram raztrosa, grafični prikaz, kontrolne karte, sposobnost procesa in sposobnost stroja. Šesto poglavje predstavlja stanje v podjetju Hidria AET d.o.o., opisana je uporaba kart, primer Pareto analize, izračun sposobnosti procesa in stroja za operaciji »valjanje navoja« in »krajšanje navoja« ter analiza problema kratkih stikov. V sedmem poglavju smo predstavili rešitev problemov kratkega stika in prenizke upornosti, v osmem poglavju pa so predstavljeni zaključek in sklepi diplomskega dela.



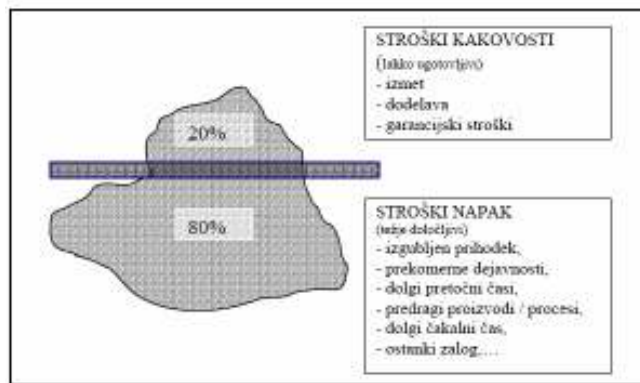
## 2 KAKOVOST IN UVAJANJE STALNIH IZBOLJŠAV

V gospodarstvu so uspešni predvsem tisti, ki trgu ponudijo kakovosten izdelek oziroma storitev. Izdelek je kakovosten takrat, ko zadovolji potrebe kupca. Kakovost določa kupec, ne pa vodstvo podjetja ali marketing. Kakovost mora biti torej načrtovana, nenehno se mora razvijati, predvsem pa je pri tem pomembno neprestano spremljati potrebe kupcev.

»Kakovost je skupek značilnosti in vrednosti nekega izdelka glede na njegovo primernost in izpolnjevanje točno določenih in predpostavljenih potreb« (Šostar, 2000, str. 7). Kakovost se najprej definira zunaj podjetja, nato se pretvori v proces in se ponovno potrdi pri kupcu oziroma uporabniku. Sprejemljiva je tista kakovost, ki ne samo da zadovolji potrebe kupca, pač pa ga tudi navduši. V njej se nahaja tisto, kar kupec potrebuje danes, in tisto, kar bo potreboval v prihodnosti. Kakovost določajo zahteve kupcev, predstavlja pa osnovni pogoj za ohranjanje tržnega deleža ter rast prodaje in zagotavljanje poslovne uspešnosti. Zagotavljanje kakovosti je dolžnost celotnega podjetja in tudi vsakega posameznika. Le tako lahko dosežemo uspešno izvajanje ključnih procesov in s tem manjšo verjetnost napak in poškodb ter celotno izpolnjevanje zahtev poslovnih partnerjev. Kakovost ima svojo ceno, zato je vzdrževanje določene ravni kakovosti vsekakor povezano z določenimi stroški vlaganja.

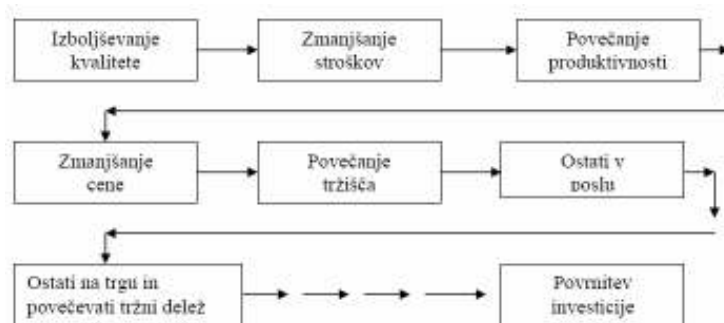
Stroški kakovosti so stroški, ki ne bi nastali, če ne bi bilo težav s kakovostjo. Običajno se delijo na stroške preprečevanja, stroške preverjanja skladnosti proizvodov in storitev z zahtevami kupca ter stroške odpravljanja nastalih napak (Babič 2001, str. 64). Najpomembnejše je, da je celoten sistem vzpostavljen tako, da so stroški napak čim nižji.

Na sliki 1 vidimo ledeno goro, ki prikazuje, da je glavnina stroškov nevidna in da stroški kakovosti predstavljajo le manjši del stroškov. Podjetje mora za uspešno poslovanje obvladovati tako stroške kakovosti, ki so lahko ugotovljivi, kot tudi stroške napak, ki se težje odkrijejo. Ravno zaradi tega morajo biti ti še natančneje nadzorovani.



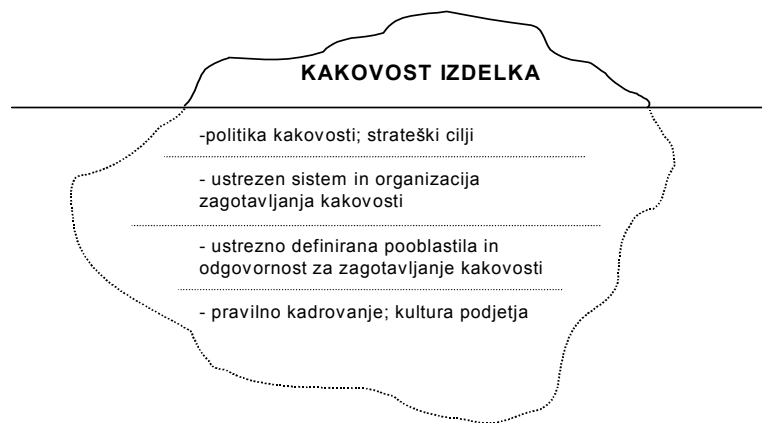
Slika 1. Ledena gora stroškov [Plantan, 2005]

Na sliki 2 je prikazana pot, kako z izboljševanjem kakovosti izboljšamo poslovanje. Izboljšanje kakovosti pripelje do zmanjšanja stroškov. To pomeni, da povečamo produktivnost. Povečana produktivnost poveča naš dobiček ali pa zmanjša ceno izdelkov, kar privede do povečanja našega deleža na trgu. S tem je zagotovljena rast podjetja, posledično pa so s tem povrnjene tudi vse naložbe v izboljšavo kakovosti (Plantan, 2005).



Slika 2. Pot izboljševanja kakovosti [Plantan, 2005]

Kakovost izdelka je samo vrh izvajanja strategije, do katere pridemo, če pravilno upoštevamo vse dejavnike kakovosti izdelka. Kakovost je odvisna od strateških ciljev, ustreznega sistema in organizacije zagotavljanja kakovosti, pravilnega kadrovanja itn. Kakovost nekega izdelka je odvisna od veliko dejavnikov, ki so sicer nevidni. (Plantan, 2005). Na sliki 3 so prikazani dejavniki kakovosti izdelka.



Slika 3. Dejavniki kakovosti izdelka [Lah, 2008]

Na sliki 4 je prikazan krog kakovosti, ki nam prikazuje, da morajo odgovornost za kakovost prevzeti vse službe v podjetju. Služba kontrole kakovosti pa mora prevzeti vlogo koordinatorja dejavnosti za zagotavljanje kakovosti v celem krogu kakovosti.

V službi kontrole kakovosti veliko število kontrolorjev ne odpravi problemov. Kakovost je namreč treba zagotavljati tako, da odkrivamo in odpravljamo vzroke napak, ki se nam stalno ponavljajo. Le tako lahko dolgoročno zmanjšujemo stroške. Sektor kakovosti je v sodobnem času doživel velik napredek. Nekdaj je opravljal zgolj nadzorne dejavnosti, postopoma pa se je razvil v pomemben nadzorni organ celotnega proizvodnega oziroma poslovnega sistema. Danes podjetja kakovost obravnavajo kot pomemben del svoje strategije.



Slika 4. Krog kakovosti [Lah, 2008]

Za uspešno politiko celovitega zagotavljanja kakovosti je potrebno spremeniti organizacijsko kulturo, vpeljati interni odnos med kupcem in dobaviteljem, uvesti avtokontrolo, izpeljati načrtovanje kakovosti, preverjanje kakovosti in vodenje kakovosti v vsakem segmentu kroga kakovosti, nenehno izboljševati rezultat kakovosti ter vpeljati ustrezne predpise in standarde kakovosti.

Če želi podjetje dosegati vrhunsko kakovost, mora neprestano uvajati izboljšave. To je mogoče doseči le na sistematičen način, kar zahteva izdelavo postopkov za obvladovanje sprememb. Izboljšave niso stvar naključja, ampak so premišljene odločitve, katerih namen je doseganje kakovosti.

Koncept uvajanja stalnih izboljšav poslovanja (angleško »continuous improvement«, japonsko »kaizen«) pomeni vzpostavitev sistema nenehnega izboljševanja procesov v podjetju, ki motivira zaposlene in skrbi za učinkovito porabo prvin procesa. Pristop zagovarja idejo, da je bolj kot neka velika inovacija v podjetju pomembnejša stalnost manjših izboljšav. Gre za neprekinjen proces in ne za določene dejavnosti, ki jih uporabljamo po potrebi, ko se pojavijo težave. Pomembna značilnost koncepta stalnih izboljšav je tudi ta, da mora celoten koncept voditi do uspešnega poslovanja podjetja ter k zadovoljnem kupcu kot drugemu pomembnemu cilju tega koncepta.

Proces stalnih izboljšav je postopek, s katerim izboljšujemo manjše stvari ter s tem dosežemo vedno višje standarde. Bistvo tega koncepta je torej razumevanje potreb in zahtev kupcev ter procesov v podjetju in ugotavljanje vzrokov razhajanja med njimi. Omenjene vrzeli je treba preučiti in preizkusiti rešitve za njihovo odpravljanje.

Izboljšave lahko dosežemo tudi prek cikličnega nenehnega pojavljanja naslednjih faz: načrtovanje, izvedba, preverjanje in ukrepanje. Ta postopek imenujemo analiza PDCA, ki izvira iz angleških besed »Plan«, »Do«, »Check« in »Act«. V fazi načrtovanja analiziramo obstoječe stanje, opredelimo probleme ter postavimo cilje, s katerimi bomo odpravili ali zmanjšali ugotovljene probleme. Glede na ugotovljena pričakovanja kupcev moramo opredeliti zadolžitve posameznikov in postaviti merljive cilje glede na izboljševanje kakovosti. V fazi izvedbe naredimo poskusno realizacijo načrtovanega. Vse morebitne izboljšave se merijo, rezultati pa se dokumentirajo. V fazi nadzora preverimo ali so doseženi zastavljeni cilji in ali so se pojavili kakšni novi

problemi. V fazi ukrepanja postanejo izboljšave del vsakodnevnih dejavnosti. Ciklično ponavljanje celotnega cikla PDCA preprečuje, da se začnejo ponavljati stari problemi.

Pomembna značilnost stalnih izboljšav je, da so dosežene spremembe razmeroma majhne in postopne. Pri izboljšavah in sprememba so tudi udeleženi vsi zaposleni v podjetju. Pri tem ne gre za korenito prenovu procesov, ampak za izboljševanje že obstoječih. Poudarek ni na celovitem procesnem gledanju, ampak predvsem na izboljševanju kakovosti in zniževanju stroškov poslovnih učinkov v določenih delih poslovnega procesa. Po nekajletnem procesu pa lahko seveda pride tudi do korenitih sprememb v procesu.

Prednost koncepta nenehnih izboljšav je v tem, da ne predstavlja visokih stroškov ne novih zaposlenih. Zato ga lahko uporabljajo vsa podjetja, saj lahko podjetju kot celoti samo koristi. Koncept nenehnih izboljšav poslovanja omogoča podjetju, da dosega visoko kakovost. Vzroke vsake napake se analizira in na tej osnovi se zagotavlja, da se podobne napake ne bodo več ponavljale. S tem se tudi zagotavlja nenehno izboljševanje poslovanja podjetja.

Koncept nenehnih izboljšav se kaže v izboljšanju procesov v proizvodnji, izboljšanju delovanja strojev, zmanjšanju izmeta in povečanju motivacije zaposlenih. Koncept stalnega izboljševanja je usmerjen torej v proces in ne v njegov rezultat.

### **3 PREDSTAVITEV PODJETJA**

#### **3.1 Zgodovina**

Družba Hidria AET d.o.o. je bila ustanovljena leta 1955 z namenom razvijanja in izdelovanja avtomobilskih svečk. V 60. letih so proizvodni program avtomobilskih svečk razširili na keramične komponente. V zgodnjih 70. letih so pričeli s proizvodnjo ogrevalnih svečk za dizelske motorje, opravljeni so bili tudi prvi izvozi v takratne razvite države. Leta 1974 se je podjetje pridružilo delovni organizaciji ISKRA. Leta 1978 je začelo proizvajati magnetne vžigalnike za male bencinske motorje pod licenco družbe Bosch. Leta 1992 se je podjetje preusmerilo v naslednje programe:

- magnetni vžigalniki (za male bencinske motorje),
- dizel program (za dizelske motorje) in
- tehnična keramika (za široko industrijsko uporabo).

Leta 1994 je podjetje pridobilo certifikat kakovosti ISO 9001. Leta 1998 sta postali korporaciji Hidria in Rotomatika njegova večinska lastnika. Od takrat je družba vključena v mednarodno korporacijo Hidria iz Idrije. Glavnina proizvodnje in razvoja poteka v Idriji, na Godoviču, v Tolminu, Kranju in na Jesenicah, podjetje pa je prisotno v vseh delih sveta. Poleg avtomobilske industrije je močan poudarek tudi na klimatizaciji in ročnih orodjih. Leta 2001 je podjetje pridobilo certifikat kakovosti VDA. Leta 2002 je pridobilo okoljevarstveni certifikat ISO 14001, leta 2003 pa certifikat kakovosti ISO/TS 16949. Glavni načrti za prihodnost so povezani s povečevanjem rasti prek izvoza, ki že sedaj predstavlja več kot 90 % prodaje v 38 državah po svetu.

#### **3.2 Raziskave in razvoj**

V Hidrii AET d.o.o. aktivnost razvoja in raziskav poteka v naslednjih profitnih centrih: Dizel program, PE Mehatronika, PE Grelne tehnologije, PE Tehnološki center in RTC (razvojno-tehnološki center). Ko bo razvojno-tehnološki center v polnem delovanju, bo glavnina razvoja prenesena vanj. Slika 5 prikazuje izdelke podjetja.



Slika 5. Izdelki podjetja Hidria AET d.o.o. [Interno gradivo Hidria, 2007]

Družba si prizadeva postati tretji evropski proizvajalec svečk za hladen vžig dizelskih motorjev. Na podlagi znanja, ki temelji na dolgoletnih izkušnjah, in v skladu s postavljenimi cilji družba razvija novo proizvodno linijo za elektroniko. Razvoj elektronike bo zasnovan kot podpora obstoječim linijam, vendar bo deloval tudi kot razvojno-tehnološki center elektronike na ravni celotne korporacije Hidria. Leta 2006 so začeli graditi nov razvojno-tehnološki center za vžigne sisteme in elektroniko, v katerem bodo nadaljevali razvijanje nove generacije motornih čepnih svečk za dizelske motorje in kompleksnejših elektronskih krmilnikov, integrirane zaganjalnike za male bencinske motorje, nove sisteme za gretje zraka v dizelskih avtomobilih, komercialnih vozilih in tovornjakih ter vžigne sisteme za oljne in plinske gorilnike na področju ogrevalne tehnike.

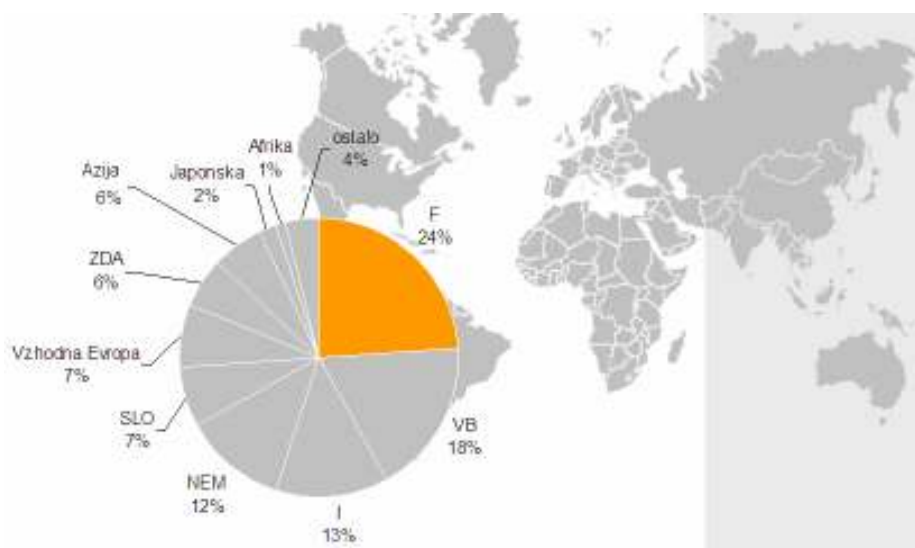
### 3.3 Vizija in poslanstvo

Osnovna vizija družbe je biti prvi na svetu v prodaji različnih vžignih sistemov za male bencinske motorje, dizelske motorje in belo tehniko po celem svetu s podporo

visoko usposobljenih strokovnih kadrov po potrjenih standardih ISO 9001, ISO 14001 in VDA 6.1.

Poslanstvo družbe je nenehno izboljševanje sistema kakovosti in upoštevanje evropskega modela odličnosti poslovanja. Glavni cilj je zadovoljstvo vseh, ki so povezani z družbo: kupcev, poslovnih partnerjev, dobaviteljev, zaposlenih, lokalne skupnosti in lastnikov.

Blagovna znamka Hidria AET je usmerjena na globalni trg in je danes poznana v 38 državah po vsem svetu ter uveljavljena na francoskem, italijanskem, britanskem, avstrijskem, nemškem in ameriškem tržišču. Izdelki proizvodnih programov so poznani tudi na trgih bivše Jugoslavije, na Češkem, Finskem, v Turčiji, Litvi, Iranu in Alžiriji. S proizvodi svojega dizel programa, natančneje s čepnimi svečkami za gretje hladilne tekočine, družba pokriva kar 95 % potreb celotnega francoskega tržišča avtomobilskih korporacij Peugeot, Citroen in Renault. Korporacija Ford pa za pokrivanje svojih potreb pri družbi Hidria AET d.o.o. prek družbe Visteon kupi kar 100 % vseh omenjenih svečk. Na sliki 6 je grafični prikaz deleža prodaje na posameznih trgih. Podatke o podjetju Hidria AET d.o.o. smo pridobili v internem gradivu prej navedene družbe (Interno gradivo Hidria, 2007).



Slika 6. Delež prodaje na posameznih trgih [Interno gradivo Hidria, 2007]



## 4 STATISTIČNI NADZOR PROCESA

Kakovosti izdelka sledimo skozi njegovo celotno življenjsko dobo, od zamisli in razvoja do izdelave. Statistični nadzor procesa v angleščini Statistical process control (SPC) je še posebej uporaben v procesu izdelave izdelka oziroma proizvodnje, ko imamo na razpolago največ podatkov. Zelo pomembna lastnost SPC-ja je, da ni omejen samo na primerjavo izdelka s predpisano dokumentacijo, ampak lahko vodi tudi v izboljšave na izdelku, ki so znotraj predpisanih toleranc in mer. V daljšem obdobju so učinki SPC-ja predvsem v stalnem izboljševanju kakovosti in nižanju stroškov. Najprej se s SPC-jem merijo predvsem karakteristike izdelka in procesa. Pri izdelku merimo dimenzije in različne lastnosti materialov, pri procesu pa hitrosti in sposobnosti strojev. Vse te informacije so osnova za začetek izboljševanja procesa in zmanjšanje izmeta oziroma slabih kosov. S tem preprečimo proizvodnjo izdelkov, ki ne ustrezajo zahtevam kupca. Po vsem tem lahko logično sklepamo, da gre pri SPC-ju za odločanje na podlagi mnogih informacij in dejstev in ne na podlagi intuitivne presoje.

Glede na ugotovitve korporacije Chrysler lahko razčlenimo namen SPC-ja: **STATISTIČNO** pomeni predvsem zbiranje in razvrstitev numeričnih podatkov. Prikaže delo z numeričnimi in merjenimi podatki kot nasprotje subjektivni informaciji. **NADZOR** pomeni preverjanje ukrepov z namenom uskladitve s predpisanim standardom. **PROCES** pa predstavlja ponavljajočo se operacijo oziroma skupek operacij, pri katerih se uporabljajo določeni materiali v industriji (DaimlerChrysler Corporation, 2005).

SPC uporabljajo predvsem v podjetjih, kjer so izboljšave stalno prisotne v praksi. Tradicionalni izbor procesa je temeljil zgolj na zahtevi dobre kakovosti. Pri SPC-ju pa je poudarek na zahtevi stabilnosti procesa. To pa je izredno težko zagotoviti, saj so vsi procesi podvrženi motnjam, ki povzročajo nestabilnost izdelka ali procesa. Poznamo dve vrsti motenj: običajne in posebne. Običajne motnje nastanejo zaradi naravnih razlogov, ki se pojavijo naključno, in so med potekom procesa vedno prisotne. Povzročajo nihanje procesa oziroma izdelka, ki je napovedljivo in je lastnost procesa. Posebne motnje pa povzročajo nihanje procesa in izdelka, ki se ga ne da napovedati. Pojavijo se zaradi vzrokov, ki niso sestavni del procesa, kot je na primer delavec,

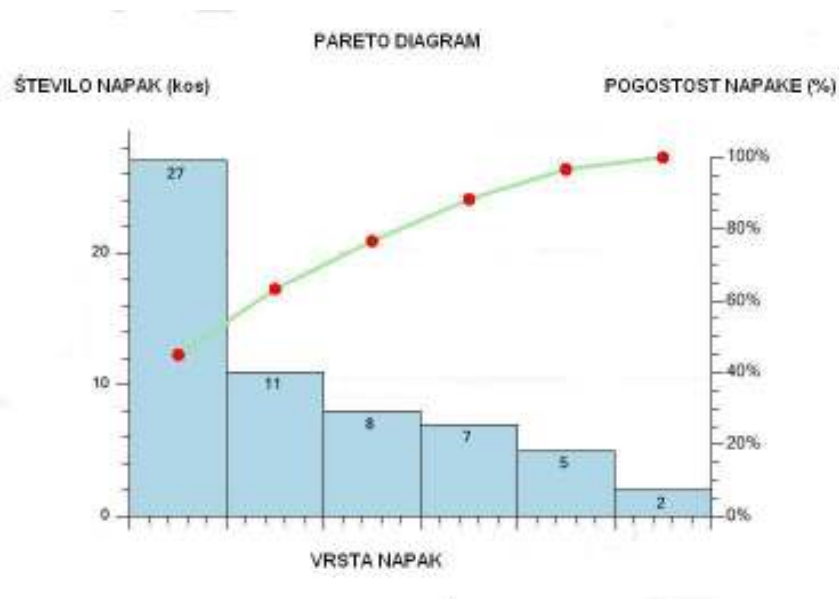
nepravilna operacija v procesu in neustrezen material. Te motnje lahko ponazorimo v diagramu vzrokov in posledic na sliki 16.

Do stanja statističnega nadzora pridemo z analizo in odpravo motnje, kar omogoča, da proces pripeljemo do napovedljivega stanja. Proces postane stabilen, kar lahko vidimo na sliki 15. V tem stanju se lahko običajne motnje zmanjšajo. Če se pojavijo nove posebne motnje, ki spravijo proces izven nadzora, jih moramo odpraviti, preden se ponovno ukvarjamo z običajnimi motnjami.

Pri izboljšanju kakovosti z nadzorom procesa je bistvena podpora vodstva. Ta mora zagotoviti politiko in dovzetno okolje, predvsem pa mora zagotoviti vse potrebne vire.

#### KAJ JE PREDMET MERJENJA?

Oceniti je treba, katere karakteristike vplivajo na kakovost izdelka in učinkovitost procesa. Ocena mora razvrstiti sedanje napake in mogoče napake glede na pomembnost. Karakteristike procesa, ki jih je možnost izboljšati, bodo postale očitne in jih je potrebno nadzirati. Pri ocenjevanju lahko uporabimo enostavno metodo, poznano pod imenom *Pareto analiza*. Pri tej analizi ugotavljamo predmet raziskave in časovni interval opazovanja. Nato določimo način ugotavljanja podatkov, podatke nato zbiramo, na koncu pa združimo v Pareto diagram.



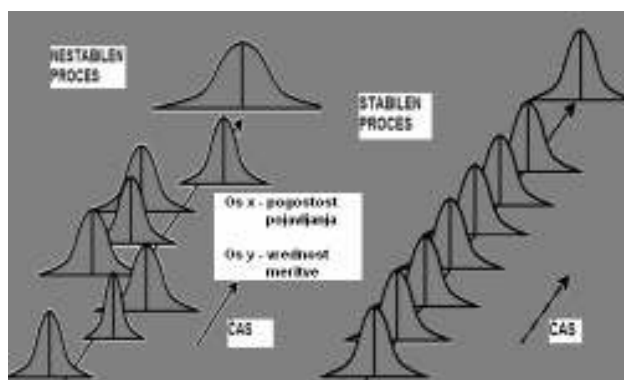
Slika 7. Pareto diagram [Pareto diagram, 2008]

*Pareto diagram* predstavlja preprost postopek, s pomočjo katerega dokažemo, da vsi dogodki ali vplivi niso enakomerno porazdeljeni s stališča pomembnosti. Prikazan je na sliki 7. Krivulja v diagramu prikazuje, kolikšen delež med vsemi napakami ima določena napaka. Krivulja je vezana na desno os x, ki ima za enoto odstotke. Na podlagi izkušenj je namreč ugotovljeno, da manjši del karakteristik tvori večino vpliva na kakovost. Vzroki so razporejeni od najpomembnejšega do najmanj pomembnega.

Ugotovljeni problemi predstavljajo možnosti za izboljšanje, ki ga lahko dosežemo z uporabo SPC. Ugotovitve vsebujejo obstoječe probleme, pri katerih so jasne slabe lastnosti oziroma izmet, in tudi morebitni problemi, ki predstavljajo področja tveganja in so znani iz izkušenj ali napovedi. Pareto analiza je uporabna, če upoštevamo vse med seboj povezane dejavnike, torej pogostost in strošek napak.

#### STABILNOST IN NESTABILNOST PROCESA

Stabilnost in nestabilnost procesa je prikazana na sliki 8. Proces je stabilen, nadzorovan oziroma statistično kontroliran, če variabilnosti v procesu povzročajo le naključni vzroki. Proces je nestabilen, nenadzorovan oziroma izven statistične kontrole, če v procesu nastopajo tudi specifični, določljivi vzroki variabilnosti. Podatke o stabilnosti procesa smo pridobili v internem gradivu družbe Hidria AET d.o.o. (Interno gradivo Hidria, 2007). Na levi strani slike 8, kjer je prikazan nestabilen proces vidimo, da je raztros meritev velik in neenakomeren. Pri takem procesu ne moremo napovedati v kakšnem razponu bodo meritve procesa skozi čas. Proces nam uhaja iz prepisanih tolerančnih mej. Na desni strani slike 8 pa je proces stabilen, kjer imamo vse meritve znotraj tolerančnih mej. Pri takem procesu slabih izdelkov skorajda ni.



Slika 8. Stabilnost procesa [Interno gradivo Hidria, 2007]

## 5 STATISTIČNE METODE

S pomočjo statističnih metod lahko zberemo in uredimo množico podatkov za prikaz realnega stanja. Statistične metode temeljijo na verjetnosti in so v pomoč pri zagotavljanju kakovosti v vseh fazah kroga kakovosti. Ne odpravljajo napak, ampak služijo le za hitrejšo in objektivnejšo odkrivanje in spoznavanje problemov. Vendar jih v prakso ni smiselno uvajati, če ni za njimi sistema za odpravljanje problemov. Metode je namreč treba podrediti cilju izboljšav.

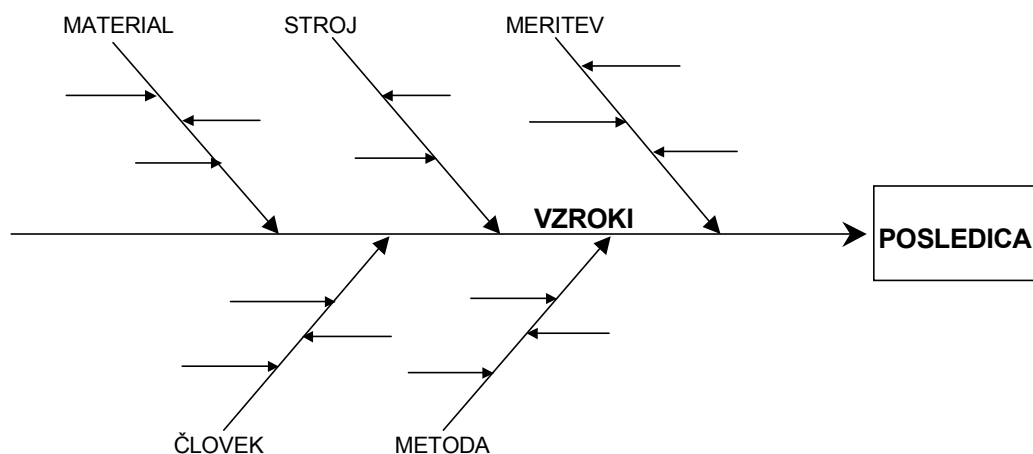
Za ugotavljanje kakovosti, lažje odkrivanje vzrokov napak ter analizo vzrokov in posledic se je v svetu uveljavilo več statističnih metod:

Pareto diagram, ki je opisan v predhodnem poglavju, diagram vzrokov in posledic, histogrami, diagram raztrosa, grafični prikaz, kontrolne karte, sposobnost procesa in sposobnost stroja.

### 5.1 Diagram vzrokov in posledic

Razvil ga je japonski znanstvenik Kaoru Ishikawa, ki velja za začetnika preverjanja kakovosti in enega izmed vodilnih v svetu na tem področju. Živel je v času industrijske revolucije, ko je obvladovanje kakovosti postajalo vse pomembnejše. Trdil je, da mora biti obvladovanje kakovosti sestavni del industrije. Obvladovanje kakovosti je opredelil kot razvijanje, načrtovanje, proizvodnje in servisiranje kakovostnega proizvoda, ki je najbolj ekonomičen, najuporabnejši in vedno zadovoljuje potrošnika. Da bi dosegli ta cilj, mora pri organizaciji in obvladovanju kakovosti sodelovati celotno vodstvo, vsi sektorji v organizaciji in vsi zaposleni (Ishikawa, 1989).

Izhodni rezultat ali rezultat procesa (posledica) se lahko pripiše vrsti vzročnih dejavnikov (vzrokov): s sistemskim pristopom delimo vzročne dejavnike na glavne, nanje pa lahko vpliva vrsta stranskih vzrokov. Najpogosteje uporabljamo 5 glavnih vzročnih dejavnikov, vsak od teh pa ima lahko več vzrokov, ki se nanizajo v prikaz v obliki ribje kosti. Tak diagram imenujemo tudi »diagram ribja kost«, ki je prikazan na sliki 9. V angleščini je znan pod imenom »fishbone diagram«.



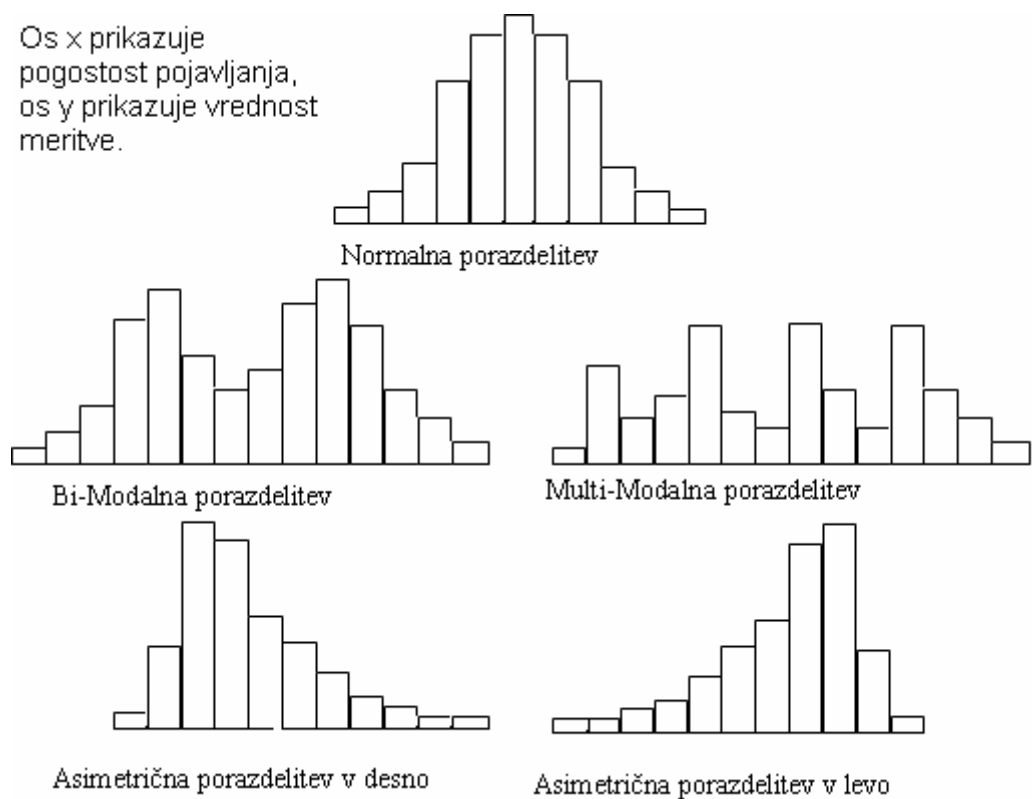
Slika 9. Diagram ribja kost [Lah, 2008]

Elementi procesa so lahko ljudje, oprema, material, metode in okolje. Vse to vpliva na vse ali pa le nekatere faze procesa. Izkušnje vseh teh dejavnikov je treba združiti in predstaviti na razumljiv način. Zato je diagram vzrokov in posledic v ta namen lepo uporaben, saj k analizi pripomore z vizualno predstavitevjo, ki omogoča grafični opis procesa in lahko pomaga prepoznati mogoče motnje procesa ali vire nihanja izdelka. Besede, napisane na koncu vej, so vzroki, ki jih pri obvladovanju kakovosti imenujemo vzročni dejavniki. Zbirko teh vzročnih dejavnikov imenujemo proces. Proces pa ne vključuje le proizvodnje, ampak tudi nabavo, prodajo, načrtovanje, osebje in administracijo. Na desni strani so prikazane posledice, ki se pri obvladovanju kakovosti imenujejo kakovostne karakteristike. Doseganje teh je cilj poslovno-organizacijskega sistema.

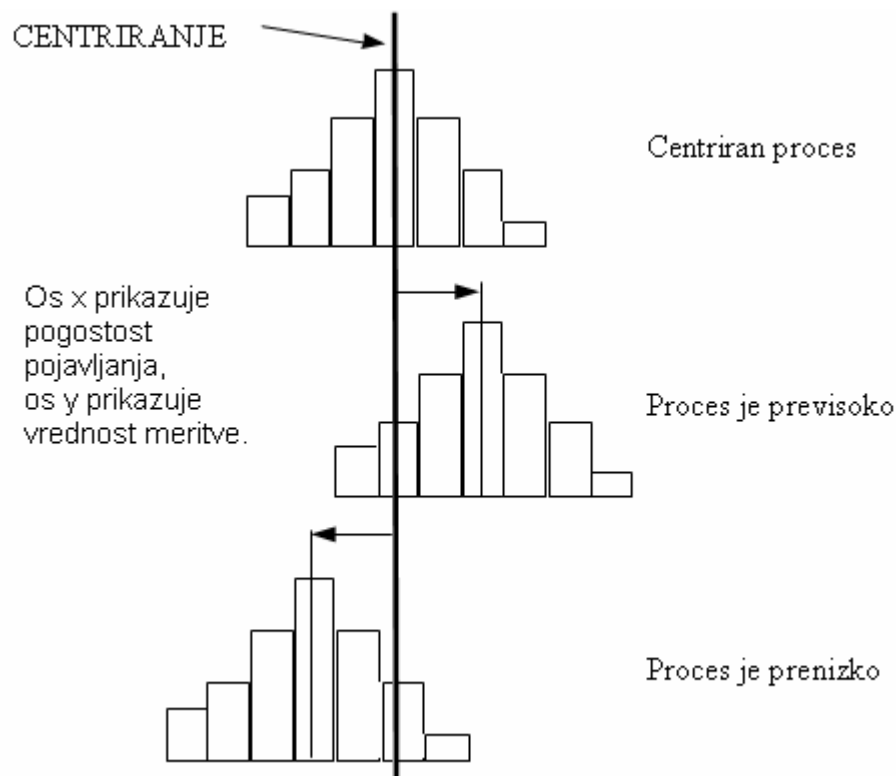
## 5.2 Histogram

Histogram je način prikazovanja vzorcev nihanja. Prikazuje razpršenost rezultatov ene same kakovostne karakteristike okoli določene povprečne vrednosti. Iz oblike histograma vidimo, ali je raztros majhen ali velik. Če je majhen, govorimo o urejenem procesu oziroma če je velik, o neurejenem procesu. Na sliki 10 so prikazane vrste porazdelitev histograma, na sliki 11 pa kako je lahko proces centriran.

Os x prikazuje pogostost pojavljanja, os y prikazuje vrednost meritve.



Slika 10. Vrste porazdelitev [Interno gradivo Hidria, 2007]



Slika 11. Centriranost procesa [Interno gradivo Hidria, 2007]

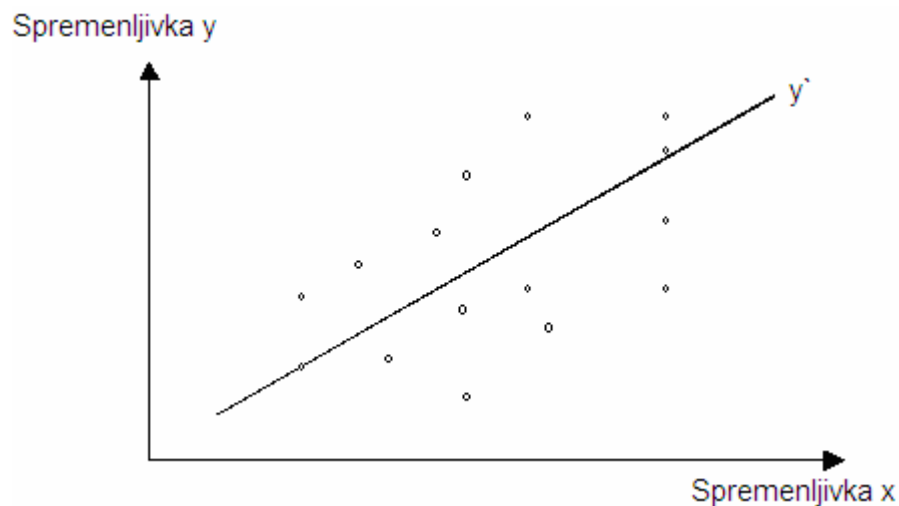
### 5.3 Diagram raztrosa

Diagram raztrosa, ki ga prikazuje slika 12, imenujemo tudi analiza korelacije, je metoda za ugotavljanje medsebojnih odnosov in odvisnosti spremenljivk procesa. Z njim ugotavljamo, ali obstaja odvisnost med spremenljivkama. Zanima nas tudi, kakšna je oblika te odvisnosti in kako pomemben je vpliv spremenljivk med seboj. Točke na grafu predstavljajo posamezne meritve, premica pa predstavlja korelacijo med spremenljivkama  $x$  in  $y$ . Kadar lahko množico točk nadomestimo s premico, pravimo, da je korelacija med spremenljivkama velika. Kadar je množica točk preveč razpršena, premice ne moremo začrtati. Takrat korelacije med spremenljivkama ni.

Regressijsko premico izračunamo z enačbo:

$$y' = kx + n$$

Za približni izračun regresijske premice izberemo na grafu dve točki in nato izračunamo  $k$  kot  $\Delta y - \Delta x$ . Kolikor želimo natančnejši izračun moramo točke z grafa vnesti v program (npr.: Microsoft Excel), kjer nato dobimo pravilno enačbo regresijske premice.

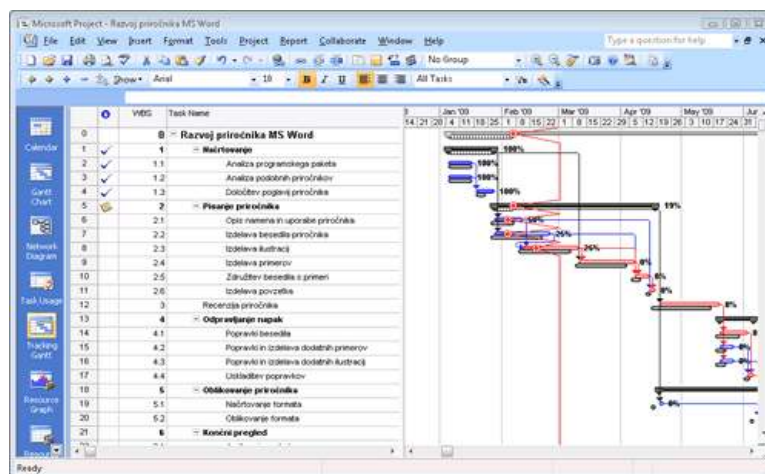


Slika 12. Diagram raztrosa [Lah, 2008]

### 5.4 Grafični prikaz

Nadzor procesa lahko grafično prikažemo na več načinov. Z gantogramom, mrežnim diagramom in s sinoptičnim prikazom. Gantogram, ki je prikazan na sliki 13 je

organizacijski pripomoček, ki razločno prikaže pregled delovanja nekega procesa. Faze procesa so lepo ločene in prikazane v zaporedju. Pokaže nam tudi, kako dolgo neka faza poteka. Gantogram na sliki 13 je bil narejen v programskem orodju Microsoft Project.



Slika 13. Gantogram [Gantogram, 2008]

## 5.5 Kontrolne karte

Kontrolne karte omogočajo hitro odkrivanje sprememb v procesu proizvodnje. S spremljanjem stabilnosti odkrijemo, katere napake lahko odpravi delavec in kaj mora narediti lastnik procesa.

Kakšni so učinki kontrolnih kart?

Podpirajo izvedbo čimbolj konstantnega in predvidljivega procesa, s čim nižjimi stroški in z največjo možno kakovostjo. Omogočajo določiti posebnosti pogostih vzrokov sprememb, tako da lahko lokaliziramo dejanja na sistemu, ki ga nameravamo izboljšati. So učinkovito orodje za razumevanje sprememb v procesu in pripomorejo k učinkovitemu statističnemu nadzoru. Operaterjem nudijo tesne in oprijemljive informacije o tem, kdaj je treba ukrepati in kdaj ne. Ko je proces v statističnem nadzoru, kontrolne karte pomagajo narediti proces predvidljiv, ugotavljajo v korporaciji Chrysler (DaimlerChrysler Corporation, 2005).

Izboljšava procesa s pomočjo kontrolnih kart je postopek s ponavljajočimi se osnovnimi fazami zbiranja, nadzora in analize. Najprej zbiramo podatke po nekih



predvidenih načrtih, nato pa jih uporabimo za izračun kontrolnih mej, ki so osnova interpretacije podatkov za statistični nadzor. Ko je določen podatek v statističnem nadzoru, lahko to pozneje interpretiramo tudi kot sposobnost procesa.

S kontrolnimi kartami izboljšujemo proces na naslednji način:

- ANALIZA PROCESA. Na tej stopnji ugotavljamo, kako naj bi proces potekal, kaj gre lahko narobe in kako proces v resnici poteka. Izmerimo različne vrste podatkov, ki jih zapišemo v kontrolne karte;

-VZDRŽEVANJE PROCESA. Nadziramo izvajanje procesa in odkrivamo posebna odstopanja. Podatke zapisujemo v kontrolne karte, jih primerjamo s kontrolnimi mejami in s tem ugotovimo, kakšna je stabilnost procesa;

-IZBOLJŠAVA PROCESA. Odpravljamo odstopanja, ki se pojavljajo v procesu. Opazujemo spremembe v procesu in ugotavljamo izboljšave. Pomembno je, da je proces analiziran in da vodstvo podpira izboljšave.

Poznamo dve vrsti podatkov: atributivne, pri katerih je karakteristika izdelka ovrednotena z izbiro dobro/slabo, da/ne in spremenljive, pri katerih se karakteristike izdelka merijo; na primer dolžina, velikost, teža, višina, hitrost.

Za atributivne podatke uporabljamo ATRIBUTIVNE KONTROLNE KARTE, za spremenljive pa VARIABILNE KONTROLNE KARTE.

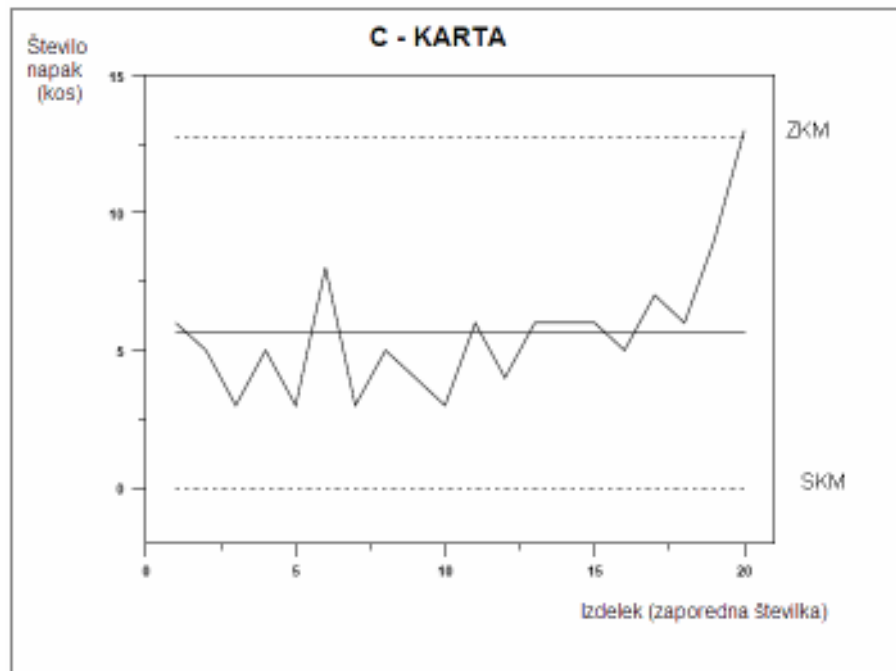
### **5.5.1 Atributivne kontrolne karte**

VRSTE: Podatke smo pridobili v internem gradivu družbe Hidria AET d.o.o. (Interno gradivo Hidria, 2007).

Zanje je značilno, da imajo samo dve vrednosti (dober/slab, gre/ne gre). Uporabne so za nemerljive lastnosti. Nemerljiva lastnost pomeni, da določeno lastnost izdelka ne moremo izmeriti. Na primer: navoj na izdelku je poškodovan. To lahko ugotovimo s kontrolno navojno matico, ki ima možnost samo, da gre na navoj ali pa ne gre na navoj. Zapišemo torej samo ugotovitev gre/ne gre. Atributivne kontrolne karte ne predstavljajo dodatnega dela, saj pri njih podatke samo vpišemo. Prikazujejo samo en podatek.

- C-karta

Prikazana je na sliki 14. Prikazuje število (»counts«) napak na en kos izdelka. Pri tem mora biti vzorec vedno enak. Vzorec so lahko posamezni izdelki ali konstantne skupine izdelkov.



Slika 14. Prikaz C-karte

$$ZKM = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$SKM = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

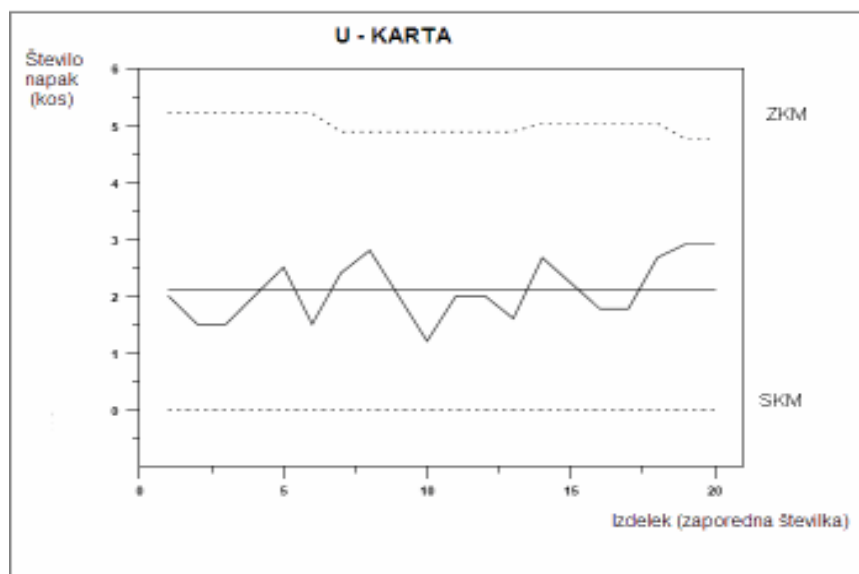
$ZKM$  = zgornja kontrolna meja

$SKM$  = spodnja kontrolna meja

V formuli znak  $\bar{c}$  predstavlja število napak. Najnižja možna  $SKM$  je 0.

- U-karta

Prikazana je na sliki 15. Prikazuje število napak na en kos izdelka. Vzorec se spreminja.  $U$  predstavlja »units«, enoto v napakah.



Slika 15. Prikaz *U*-karte

$$ZKM = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{A}}$$

$$SKM = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{A}}$$

V formuli znak  $\bar{u}$  predstavlja celotno število napak glede na celotno območje,  $A$  je ustrezno območje na dano skupino izdelkov. To pomeni, da lahko kontrolne meje varirajo glede na skupino izdelkov. Najnižja možna  $SKM$  je 0.

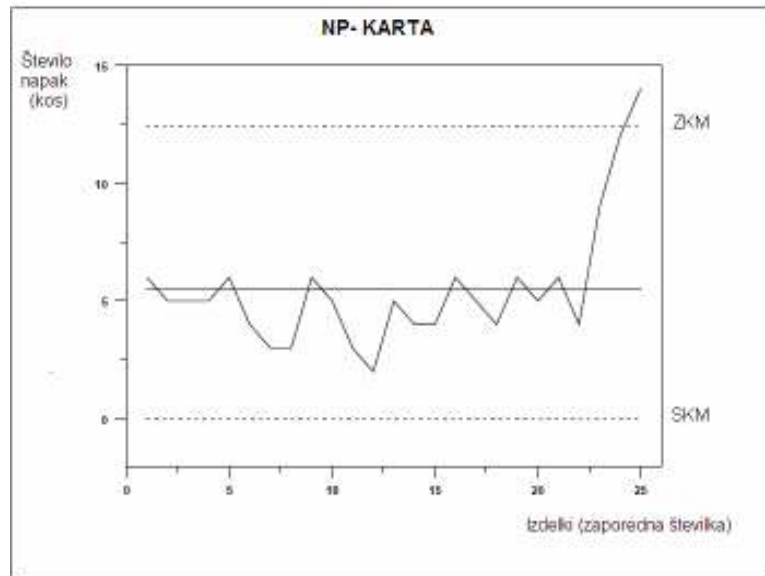
- NP-karta

Prikazuje spremembe v številu slabih enot v merjenem procesu. Vzorec mora biti velik in vedno enak. Prikazana je na sliki 16.

$$ZKM = np + \sqrt{np(1-p)}$$

$$SKM = np - \sqrt{np(1-p)}$$

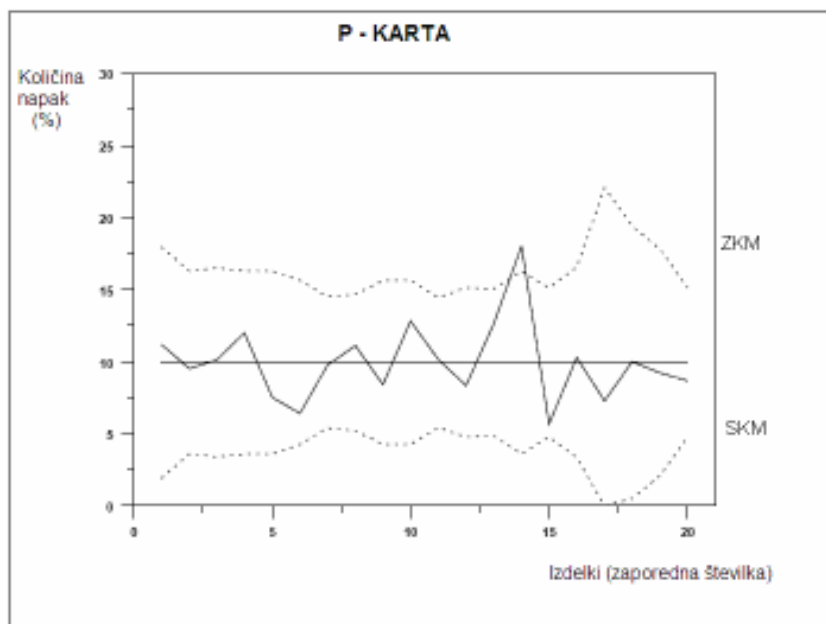
V formuli znak  $n$  predstavlja število vseh izdelkov (enot), znak  $p$  predstavlja delež napak med vsemi enotami. Najnižja možna  $SKM$  je 0.



Slika 16. Prikaz NP-karte

- P-karta

Prikazuje spremembe v deležu («proportion») slabih enot v merjenem procesu. Vzorec je velik, količina pa se spreminja. P-karta prikazuje nenormalna odstopanja. Namen P-kart je v posredovanju informacij vodstvu in tehnologom o izboljšanju kakovosti in vrednotenju dela operaterjev. Pomagajo tudi določati mesta za  $x$  (povprečno)-R karte. Prikazana je na sliki 17.



Slika 17. Prikaz P-karte

$$ZKM = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$SKM = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

V formuli znak  $\bar{p}$  predstavlja celotno število napak glede na celotno število enot, znak  $n$  predstavlja število enot v določeni skupini izdelkov. Kontrolne meje lahko varirajo glede na število enot izdelkov. Najnižja možna  $SKM$  je 0.

### 5.5.2 Variabilne kontrolne karte

Variabilne kontrolne karte temeljijo na meritvah. Te vrste kart dajejo več informacij, iz njih pa lahko vidimo spremembe od kosa do kosa in povprečno vrednost procesa. Poznamo več vrst variabilnih kontrolnih kart: Podatke smo pridobili v internem gradivu družbe Hidria AET d.o.o. (Interno gradivo Hidria, 2007).

#### - Karta $x$ (povprečno)- $R$

Značilnost te kontrolne karte je v tem, da ne zahteva zapletenega računanja pred risanjem karte in med njim. Čeprav so kontrolne meje manj natančne kot v primeru kontrolnih kart  $x$  (povprečno)- $s$ , so v večini primerov sprejemljive. Karte  $x$  (povprečno)- $R$  se konstruirajo iz meritev posamezne karakteristike, ki jo proučujemo. Podatke zbiramo v majhnih vzorcih (pet zaporednih izdelkov), ki jih vpisujemo periodično. Ko kontrolno karto prvič uporabimo, moramo jemati vzorce pogosteje. Pozneje, ko je proces pod nadzorom, se jemanje vzorcev zmanjša. Jemati moramo toliko vzorcev, da lahko vzdržujemo nadzor. Za dobro oceno približka razširjenosti procesa je potrebnih najmanj 25 vzorcev, pri tem pa mora biti vsak obvezno sestavljen iz pet zaporedno izdelanih kosov.

#### *Primer $x$ (povprečno)- $R$ kontrolne karte*

Za primer  $x$  (povprečno)- $R$  karte smo prikazali koliko časa se porabi za popravilo določenega izdelka. Merjenje je potekalo 10 dni. Za vzorec smo uporabili 5 kosov na dan. Meritve časa so prikazane v tabeli 1.

Tabela 1. Meritve časa za popravilo izdelka

	Delovni dnevi prvega tedna						Delovni dnevi drugega tedna				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Rezultati meritev v minutah	4	3	4	5	1		8	12	2	3	4
	5	5	4	6	8		6	10	11	13	4
	2	7	3	12	4		3	6	6	2	1
	4	6	4	2	3		12	2	5	6	6
	1	4	7	8	4		11	9	3	4	6
<b>SKUPAJ</b>	16	25	22	33	20		40	39	27	28	21
<b>POVPREČJE (<math>\bar{\bar{x}}</math>)</b>	3,2	5	4,4	6,6	4		8	7,8	5,4	5,6	4,2
<b>RAZTROS (<math>R</math>)</b>	4	4	4	10	7		9	10	9	11	5

$\bar{x}$  = povprečje

$\bar{\bar{x}}$  = povprečje povprečij

$\bar{R}$  = povprečje raztrosov

$ZKM$  – zgornja kontrolna meja

$SKM$  – spodnja kontrolna meja

$CL$  – centralna linija

$\bar{x}$  = vsota posameznih vrednosti v vzorcu / število kosov v vzorcu

$R$  = največja vrednost – najmanjša vrednost

$$\bar{\bar{x}} = (3,2 + 5 + 4,4 + 6,6 + 4 + 8 + 7,8 + 5,4 + 5,6 + 4,2) / 10 = 5,42$$

$$\bar{R} = (4 + 4 + 4 + 10 + 7 + 9 + 10 + 9 + 11 + 5) / 10 = 7,3$$

Kako izračunamo kontrolne meje za  $x$  (povprečno) kontrolno karto?

$$ZKM = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$SKM = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$CL = \bar{\bar{x}}$$

Kako izračunamo kontrolne meje za  $R$  kontrolno karto?

$$ZKM = \bar{R}D_4$$

$$SKM = \bar{R}D_3$$

$$CL = \bar{R}$$

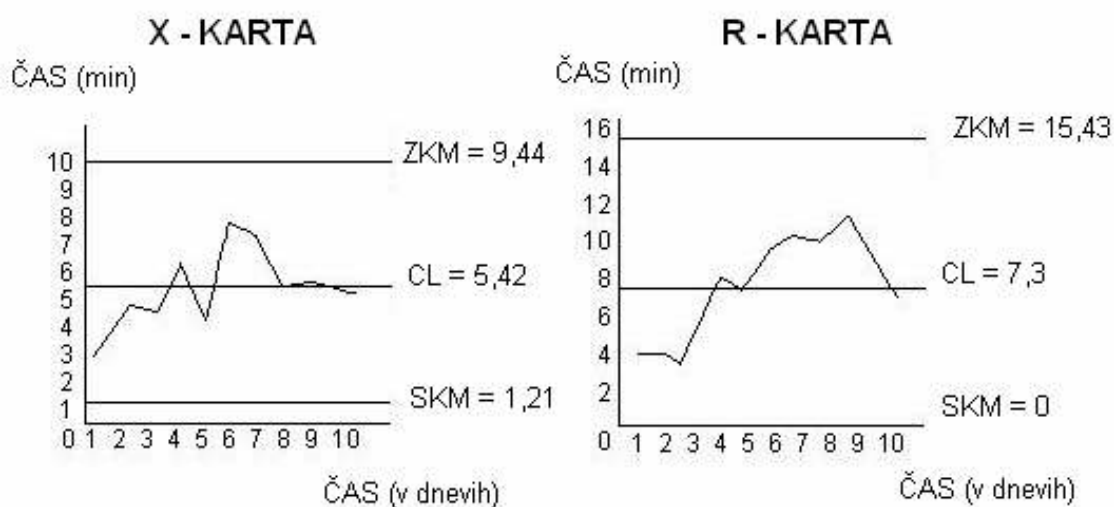
$$ZKM \text{ (povprečje)} = 5.42 + (0.577 * 7.3) = 9.63$$

$$SKM \text{ (povprečje)} = 5.42 - (0.577 * 7.3) = 1.21$$

$$ZKM \text{ (raztros)} = 2.114 * 7.3 = 15.43$$

$$SKM \text{ (raztros)} = 0 * 7.3 = 0$$

Spremenljivke  $A_2, D_4, D_3$  so prikazane v tabeli (Tabela za izračun kontrolnih mej in formule, 2009) v Prilogi 4. Spremenljivke so namreč odvisne od števila meritev. Na sliki 18 vidimo končni prikaz, kako zgleda  $\bar{x}$  (povprečno)- $R$  kontrolna karta za prikaz porabe minut za popravilo določenega izdelka.



Slika 18. Prikaz  $\bar{x}$  (povprečno)- $R$  karte

- Karta  $x$  (povprečno) - $s$

Ta vrsta kontrolne karte je enaka karti  $x$  (povprečno)- $R$ . Razlika je le v tem, da namesto raztrosa ( $R$ ) rišemo standardno deviacijo ( $s$ ). Ta je učinkovitejši pokazatelj, še posebno pri večjih vzorcih. Je pa standardna deviacija manj občutljiva pri ugotavljanju posebnih motenj, pri katerih posamezna vrednost v vzorcu zelo odstopa od ostalih. Ta karta je najbolj uporabna v robotiziranih procesih, kjer lahko vse izračune vnaprej programiramo in avtomatsko izvajamo.

Formule, ki jih potrebujemo za izračun kontrolnih mej:

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

-za  $x$  (povprečno) kontrolno karto:

$$ZKM = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s}$$

$$ZKM = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

-za  $x$  (povprečno) kontrolno karto:

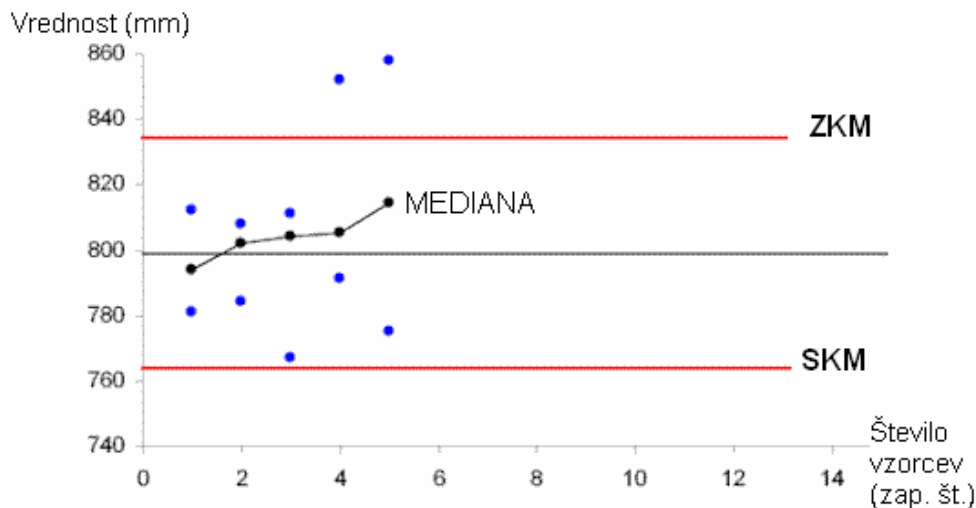
$$ZKM = B_4 \bar{s}$$

$$ZKM = B_3 \bar{s}$$

- Karta mediana

Mediana je alternativno merilo položaja glede na srednjo vrednost. Vrednost mediane vzorca števil je definirana kot najbolj centralna ali sredinska vrednost, ko so števila postavljena v naraščajočem ali padajočem vrstnem redu. V lihem številčnem vzorcu dobi mediana vrednost srednjega števila, v sodem številčnem vzorcu pa leži mediana na sredini med dvema srednjima številoma. Karta Mediana je prikazana na sliki 19.





Slika 19. Prikaz karte Mediana

$$ZKM = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

$$SKM = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

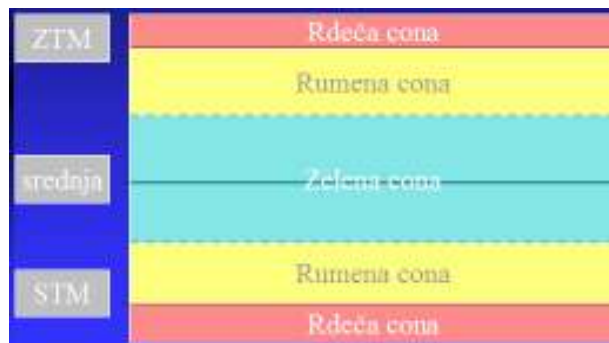
Tabela, kjer dobimo podatek koliko je  $A_2$  je v prilogi 4. Spremenljivka  $A_2$  je odvisna od števila vzorcev.

Prednosti kontrolnih kart mediane so v tem, ker so preproste za uporabo in ne zahtevajo stalnih dnevnih izračunov. Ker mediane in posamezne podatke rišemo, razširjenost podatkov preprosto vidimo. Na tej osnovi se oblikuje tudi slika procesa. Slabost pa je predvsem v tem, da dobimo le približek srednje vrednosti procesa. Kot rezultat dobimo tudi širše kontrolne meje, ki lahko omogočajo manj učinkovit nadzor procesa.

#### - Karta X-R moving (gibljiva karta)

Ta kontrolna karta se uporablja povsod, kjer imamo samo eno meritev naenkrat. Rišemo povprečje zadnjih treh meritev in razliko med najvišjim in najnižjim rezultatom zadnjih treh meritev. Po končani seriji oziroma kadar operater linije to želi, se izračunata indeksa stabilnosti procesa  $C_p$  in  $C_{pk}$  za nazaj. Če sta indeksa nižja od predpisanih mej, je treba proces izboljšati.

## - Karta pre-control



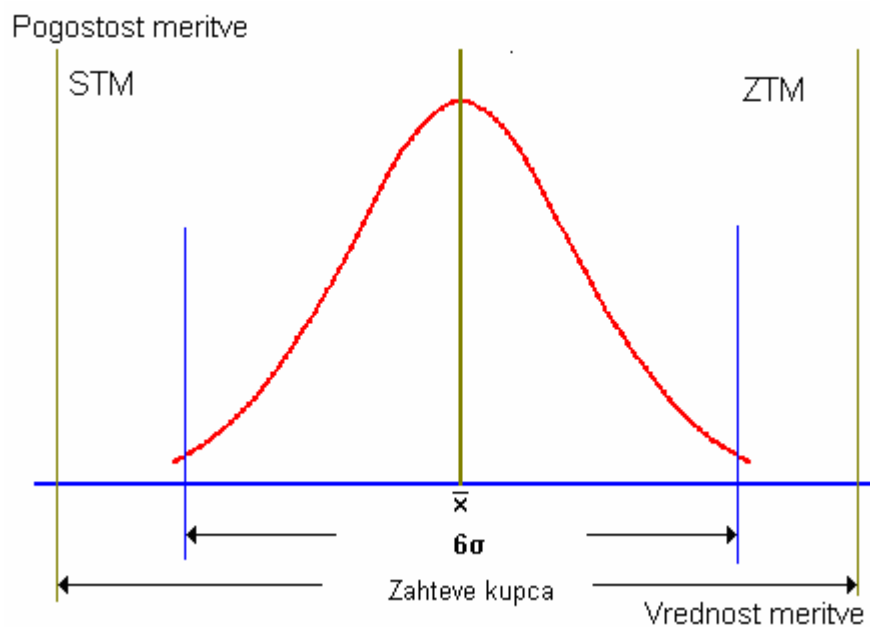
Slika 20. Pre-control karta [Interno gradivo Hidria, 2007]

Kontrolna karta na sliki 20 velja za karakteristike, ki imajo zahtevo  $C_p, C_{pk} > 1$ . Je preprosta in predstavlja zelo dobro metodo, ki operaterjem omogoča nadzorovati proces, da ne bi prišlo do izdelave slabih izdelkov. Zanj ne potrebujemo velikega števila vzetih vzorcev za izračun kontrolnih mej. Pri kontrolni karti pre-control mora prvih pet vzorcev kosov pasti v zeleno cono. Vedno se jemlje po dva vzorca. Če sta dve točki v zeleni coni nadaljujemo proces. Proces nadaljujemo tudi če je ena točka v zeleni coni in ena v rumeni. Če sta dve točki v rumeni coni (vendar na isti strani), pustimo proces v delovanju, moramo pa ponoviti vzorčenje. Če sta dve točki v rumeni coni (ločeno, na različnih straneh), moramo ustaviti proces in analizirati problem. Če je ena točka v rdeči coni, proces ustavimo in analiziramo problem. Po vsaki zaustavitvi in ponovitvi mora pet kosov spet biti v zeleni coni. Pogostost jemanja izdelkov določimo tako, da delimo čas med dvema zaporednima zaustavitvama izdelave s 6.

### 5.6 Sposobnost procesa

Sposobnost procesa je primerjava procesa z določenimi zahtevami, ko ga ocenjujemo v nekem časovnem obdobju za proces v statističnem nadzoru. V vseh procesih je treba vzdrževati izdelke znotraj določenih zahtev. Sposobnost je merilo zmoglosti, doseči ta cilj, in se običajno izrazi v obliki indeksa. Potencialno stabilnost lahko ocenimo, ko prevzemamo stroj ali ko preverjamo natančnost procesa. Podatke smo pridobili v internem gradivu družbe Hidria AET d.o.o. (Interno gradivo Hidria, 2007).

Za prikaz sposobnosti procesa uporabljamo indeks sposobnosti. Določimo ga na podlagi podatkov, uporabljenih za pripravo kontrolnih kart procesa. Omogoča nam, da napovemo dolgoročne lastnosti procesa, ki so pod vplivom običajnih motenj. Indeks sposobnosti procesa označimo s  $C_p$  in  $C_{pk}$ , za krajše obdobje, ki se nanaša na sposobnost stroja pa  $C_m$  in  $C_{mk}$ . Proces je sposoben, kadar je porazdelitev posameznih meritev v območju  $6\sigma$ . Kolikšna morata biti koeficienta, lahko vsako podjetje predpiše po svoje. Običajno morata biti večja od 1,33, v avtomobilski industriji pa večja od 1,66. Sposobnost je smiselno ocenjevati le v stabilnem procesu. V povezavi s sposobnostjo procesa je tudi delež izmeta. Slabša kot je sposobnost procesa, večji je izmet in seveda obratno.



Slika 21. Gaussova krivulja

$ZTM$  = zgornja tolerančna meja

$STM$  = spodnja tolerančna meja

$\sigma$  = standardna deviacija

$\bar{x}$  = srednja vrednost

$x_i$  = i-ti vzorec meritve

$n$  = število vzorcev (meritev)

Iz slike 21 je razvidno katero območje je območje  $6\sigma$ . Če so meritve v tem območju, je naš proces zelo dober in lahko zagotovimo, da delamo samo s 3,4 napakami na 1.000.000 izdelkov oziroma poskusov. Območje med zgornjo in spodnjo tolerančno mejo pa je območje, iz katerega ne sme izpasti nobena meritev.

Koeficient sposobnosti procesa :  $C_p = \frac{ZTM - STM}{6\sigma}$

Koeficient sposobnosti procesa:  $C_{pk} = \min\left\{\frac{ZTM - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - STM}{3\sigma}\right\}$

Varianca:  $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i - \bar{x})}{n-1}$

Srednja vrednost:  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

Indeks  $C_p$  upošteva samo raztros neke izbrane dimenzije, ki jo dosežemo z obdelavo na opazovanem stroju. Indeks  $C_{pk}$  pa poleg raztrosa proizvodnega procesa dodatno upošteva še položaj srednje vrednosti porazdelitve meritev v tolerančnem območju. Če je  $C_{pk}$  manjši od  $C_p$ , to pomeni, da leži srednja vrednost razporeditve izven sredin tolerance. Rezultati, ki jih dobimo, so lahko pozitivni ali pa tudi negativni. Če so rezultati dobri, na procesu ne delamo nobenih posegov, če pa so negativni, je treba stroj tehnično pregledati. V navodilih družbe Chrysler ugotavljajo, da so za raztros lahko krivi slučajni vplivi (delavec, orodje, metoda) ali pa sistemski vplivi (nastavitve, spremembe lastnosti materiala, sprememba vplivov okolice), (Chrysler Corporation, 1995).

## 5.7 Sposobnost stroja

Sposobnost stroja je merilo, ki nam kaže, kako natančno je v našem procesu delovanje naprav oziroma strojev. Glavni namen izračunavanja je ugotoviti, kakšno je nihanje

izdelka, ki je odvisno od samega stroja. Priročnik korporacije Chrysler priporoča naslednji postopek merjenja: najprej zapišemo vse tehnološke podatke in nastavitve ter vsako spremembo med izdelavo 50 kosov, nato izmerimo 50 zaporednih kosov, izračunamo indekse sposobnosti in analiziramo rezultate. Stroj je za redno delo sposoben, če sta indeksa  $C_m$  in  $C_{mk}$  večja od 1,66 s čimer se izognemo vplivom okolja ali obrabi orodja. Sposobnost stroja večinoma preverjamo ob prevzemu stroja ter po daljših zaustavitvah in popravilih. Pozneje pa merjenje periodično ponavljamo, največkrat enkrat letno. Če sta indeksa manjša od predpisanih vrednosti, moramo analizirati vzroke za takšno stanje in ugotoviti pravi vzrok. Določijo se korektivni ukrepi, ki jih je potrebno izvesti. Čez določen čas ponovno izračunamo indeksa sposobnosti stroja (DaimlerChrysler Corporation, 2005).

## **6 STANJE V PODJETJU**

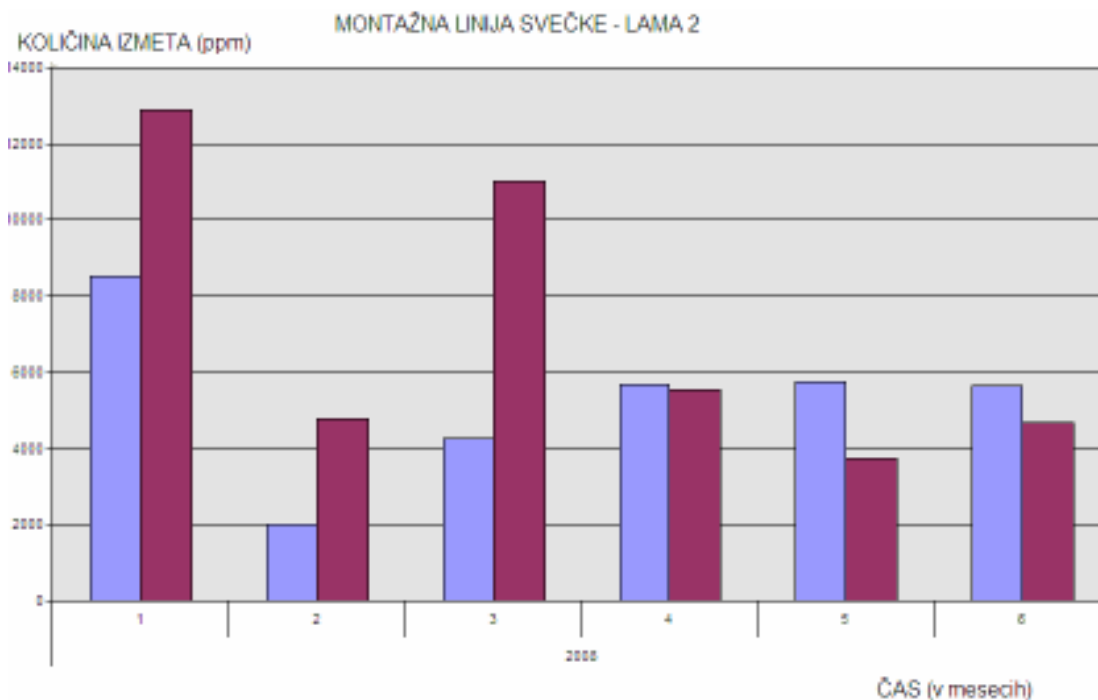
### **6.1 Uporaba kart**

V podjetju Hidria AET d.o.o. se *P*-karte zelo uspešno uporabljajo. Na voljo so *P*-karte za vse kode izdelkov. To je omogočeno z vsakodnevnem pregledovanjem in analiziranjem izmeta. V vsakem trenutku lahko ugotovimo, kako visok je ppm (število slabih izdelkov na milijon izdelanih) za posamezno vrsto izdelka ter katere napake so najpogostejše. *P*-karte izpišemo iz programa Microsoft Access, saj se ves izmet in napake obdelujejo računalniško. Na ta način ugotovimo, katere linije oziroma kateri izdelki so najbolj problematični in zahtevajo čimprejšnjo odpravo napak. V uporabi so tudi karte  $\bar{x}$  (povprečno)-*R*, ki se na nekaterih napravah beležijo avtomatsko. Ostale vrste kontrolnih kart so manj v uporabi, saj je večinoma vse osredotočeno na *P*-karte, s katerimi se problemi ugotavljajo in postopoma rešujejo. Mnenja smo, da je uporaba obstoječih kontrolnih kart v podjetju zadovoljiva in uvajanje dodatnih kart ni ekonomsko upravičeno. V podjetju se na nekaterih napravah delajo tudi prevzemi izdelkov. To pomeni, da delavec na določeni napravi enkrat, dvakrat ali večkrat dnevno (odvisno od specifikacije izdelka) preveri različne dimenzije in karakteristike izdelka. S tem lahko stalno nadzira ali določena naprava proizvaja dobre izdelke. Prevzemi se tudi beležijo, kar omogoča, da v določenem obdobju lahko ugotovimo, kakšna je bila kakovost izdelkov. Če je bil prevzem na določenem stroju zelo slab je

potrebno takoj popraviti nastavitve na stroju ali popraviti napako, zaradi katere prihaja do slabih izdelkov.

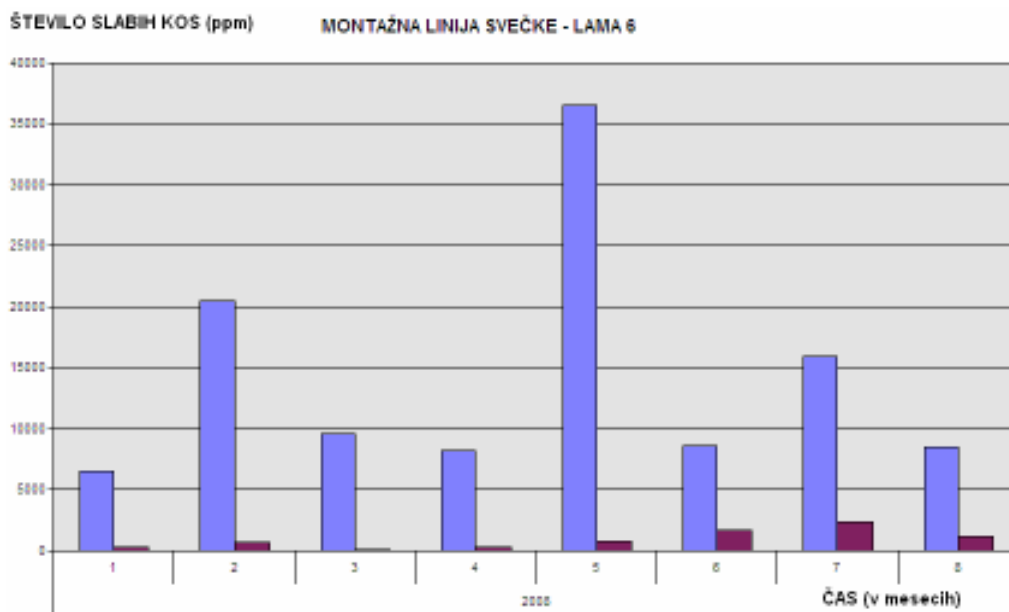
## 6.2 Primer Pareto analize

Opravljen je bil v prvi polovici leta 2008 v podjetju Hidria AET d.o.o. Izvedeno je bilo obširno beleženje izmeta na proizvodnih linijah.



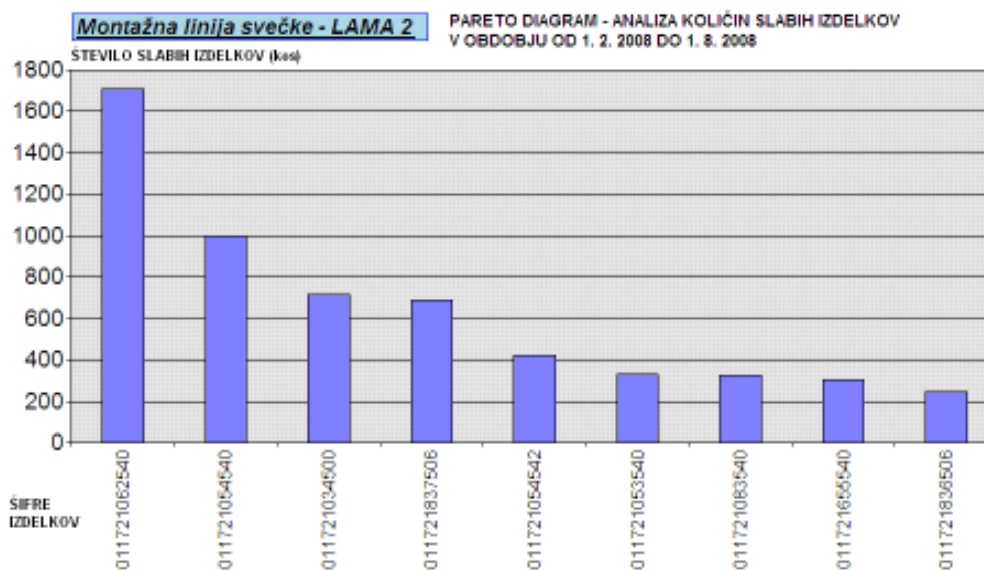
Slika 22. Količina izmeta na LAMI 2

Slika 22 prikazuje število slabih kosov na milijon izdelanih na eni izmed montažnih linij v prvi polovici leta 2008. Izmet izdelkov in popravila smo beležili več mesecev. Popravila pomenijo, da so bili izdelki v resnici dobri, čeprav so jih kamere na montažnih linijah izvrgele kot izmet. Vse slabe izdelke se namreč da še enkrat skozi montažno linijo, da se preveri ali je izdelek res slab ali pa je v redu. Bistvo beleženja popravil je v tem, da ugotovimo, katerim karakteristikam na strojih je potrebno popraviti tolerančne meje in s tem zmanjšati število izločenih dobrih izdelkov. Na osi x so prikazani meseci, na osi y pa število slabih kosov na milijon izdelanih. Na sliki 31 vidimo, da je bilo na montažni liniji LAMA 2 največ izmeta oziroma slabih izdelkov v mesecu januarju, prav tako tudi popravil. Najmanj pa v mesecu februarju, kjer je bilo 2000 ppm-ov, kar pomeni, da bi na milijon izdelanih izdelkov bilo 2000 slabih.



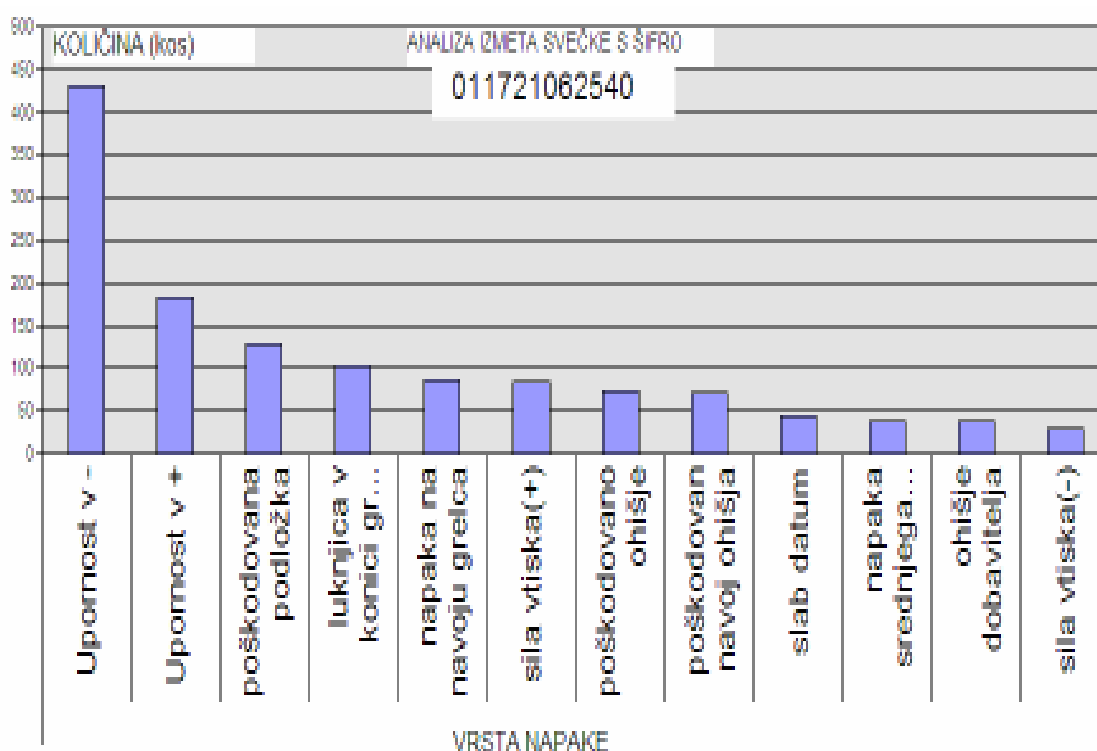
Slika 23. Količina izmeta na LAMI 6

Slika 23 prikazuje vsoto izmeta in popravil v prvih osmih mesecih leta 2008, podobno kot je prikazano na sliki 22. Z razliko, da je bila opravljena analiza druge montažne proizvodne linije. Na grafu vidimo, da na tej proizvodni montažni liniji ni toliko popravil, je pa veliko več izmeta izraženega v ppm. Največ izmeta je bilo v mesecu maju, kjer je bilo čez 35.000 ppm-ov, najmanj pa v mesecu januarju z okoli 5000 ppm-ov izmeta. Na osi x so prikazani meseci, na osi y pa število slabih kosov na milijon izdelanih.



Slika 24. Število slabih izdelkov

Na sliki 24 je prikazano število slabih izdelkov v obdobju med 1. 2. 2008 in 1. 8. 2008 na eni izmed montažnih linij v podjetju Hidria AET d.o.o. V tem času smo beležili, pri katerih izdelkih je ugotovljenih največ napak. Na osi x so prikazane svečke po šifrah, ki so se proizvajale na montažni liniji proizvodnje svečk LAMA 2. Na osi y pa je prikazano število slabih izdelkov, ki smo jih zabeležili v navedenem obdobju. Beleženje izmeta je potekalo tako, da smo vsak dan zapisovali količine slabih kosov za vsako šifro svečk posebej ter nato tudi analizirali, zakaj je bila svečka slaba. Do največjega izmeta je prihajalo pri svečki s šiframa 011721062540 in 011721054540. Za vsako šifro svečke smo torej dobili popolno sliko napak. Opravljena analiza je pokazala, katere napake so najpogostejše in katere svečke imajo največ izmeta. Analiza celotnega izmeta na linijah je zelo temeljit način ugotavljanja problema. S stalnim nadzorom izmeta smo lahko ugotavljali vzroke za nastanek napak ter na tej osnovi napake sproti odpravljali. Kljub temeljitemu nadzoru se je kakšna napaka po določenem času ponovno pojavila. V tem primeru smo ugotovili, da jedro problema ni bilo odpravljeno.



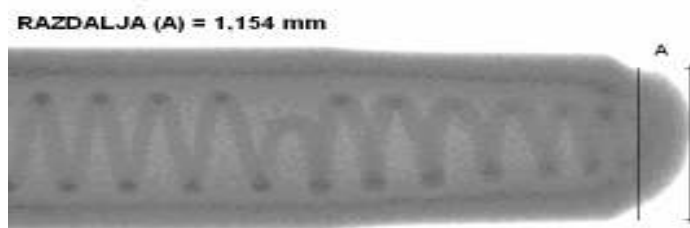
Slika 25. Analiza izmeta



Primer: na sliki 25 je prikazana analiza izmeta za svečko s šifro 011721062540 v prvi polovici leta 2008. Iz slike je razvidno katere napake so se pojavljale in katere so bile najštevilčnejše. Na osnovi te analize smo lahko sprejeli odločitev katere izboljšave bomo vpeljali v proces proizvodnje določene vrste svečke. Razvidno je, da je glavna napaka pri tej svečki »upornost v -«. To pomeni, da je upornost pri tej svečki slabša od predpisane. Tolerančne meje upornosti pri tej svečki so med 830 m $\Omega$  in 950 m $\Omega$ . Glavna napaka je bila torej, da je bila upornost nižja od 830 m $\Omega$ . Druga glavna napaka je bila »upornost v +«, torej nad 950 m $\Omega$ . Naslednja največja napaka je bila »poškodovana podložka« in nato »luknjica v konici grelca«, kar pomeni, da je bila svečka slabo zavarjena. Dokaj pogosta napaka je bil tudi »poškodovan navoj grelca«, zaradi česar nanj ni bilo mogoče priviti matice. V procesu proizvodnje svečke so bile še naslednje napake: »sila vtiska v +« (grelec svečke se ni vtisnil v predpisanih mejah), »poškodovano ohišje svečke« (praska ali udrtina), »slab datum« (žig z datumom, ki se vtisne na svečko, ni bil berljiv), »napaka srednjega premera« (premer ni bil v predpisanih merah), »ohišje dobavitelja« (za napako je bil kriv dobavitelj; gre predvsem za slabo zaščito ohišja, zaradi katere se začne ohišje luščiti in postane neodporno proti koroziji) ter »sila vtiska v -«.

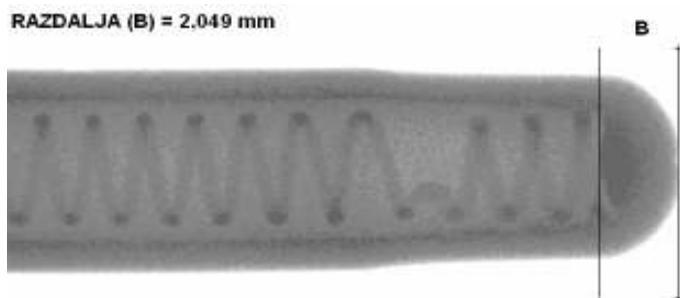
Električne karakteristike svečke 011721062540: moč svečke je 200 W, nazivna enosmerna napetost je 6 V  $\pm$  0,1 V, tok je med 6,4 A in 7,2 A.

Med ugotavljanjem vzroka pojavljanja teh napak smo uporabljali posebno rentgensko napravo, s pomočjo katere lahko vidimo notranjost svečke. S to napravo smo ugotavljali predvsem, zakaj prihaja do glavne napake »upornost v -«. Prišli smo do ugotovitve, ki najverjetneje predstavlja enega izmed pomembnih vzrokov za pojavljanje te napake. Ugotovili smo, da je na svečkah z »upornostjo v -«, var v konici grelca svečke debelejši. Varjenje je poseben postopek pri izdelavi svečk, pri katerem upor privarimo h grelcu. Na sliki 26 je prikazan var pri dobri svečki in na sliki 27 pri slabi svečki.



Slika 26. Slika notranjosti konice dobre svečke

Slika 26 prikazuje rentgenski posnetek notranjega dela zgornjega dela svečke. Na svečki se vidi upor v cevki, ki je zavarjen v konico grelca. Grelec je sestav, zgrajen iz cevke in upora. Na tej sliki se vidi svečko z dobro upornostjo. Pri tej svečki je debelina vara 1,154 mm.

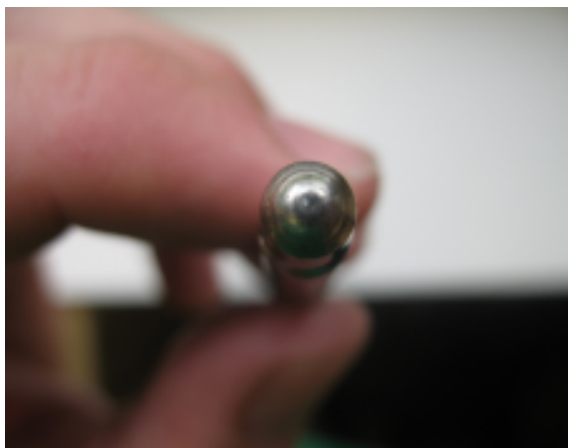


Slika 27. Slika notranjosti konice slabe svečke

Na sliki 27 je primer svečke z nižjo upornostjo od predpisane. Debelina vara pri tej svečki je precej večja in sicer kar 2,049 mm.



Slika 28. Slabo zavarjena svečka



Slika 29. Dobro zavarjena svečka

Slika 28 kaže napako, pri kateri je konica grelca slabo zavarjena. Na sliki 29 pa vidimo, kako je konica grelca pravilno zavarjena. Slika 30 prikazuje svečko s poškodovano podložko.



Slika 30. Poškodovana podložka

Z raziskavo na osnovi predhodnega statističnega beleženja izmeta in analizo napak, smo ugotovili, da je osnovni problem v postopku varjenja. Na tem področju bo moralo podjetje vpeljati določene izboljšave.

### **6.3 Izračun sposobnosti procesa**

V proučevani proizvodnji, v kateri poteka izdelava svečk in delov, ki jih sestavljajo, smo izbrali napravo, ki krajša grelce in valja navoje. Naprava je prikazana na sliki 31. Izdelek, ki ga ta naprava obdeluje, je grelec 016719086. Naš namen je bil preveriti,

kolikšna je sposobnost procesa na tej napravi, torej v kakšnih mejah je stroj sposoben delovati v daljšem časovnem obdobju. Vzorčili smo naključno, vendar enakomerno.



Slika 31. Naprava za krajšanje grelcev in valjanje navojev

Tabela 2 prikazuje število vzorcev, ki ga izmerimo na določeno količino, ki jo stroj izdela. Če je število narejenih izdelkov med 66 in 110, vzamemo za meritev deset vzorcev. Če je število izdelkov med 111 in 180, vzamemo 15 vzorcev za meritve itn. Ta način vzorčenja se imenuje MIL STD 414 (normal inspection level IV). To je vojaški standard, ki se zelo pogosto uporablja za vzorčenje. Podatke o načinu vzorčenja smo pridobili v internem gradivu družbe Hidria AET d.o.o. (Interno gradivo, 2007).

Tabela 2. Število vzorcev glede na število izdelkov

Število izdelkov		Število vzorcev
Od 66	Do 110	10
111	180	15
181	300	25
301	500	30
501	800	35
801	1300	40
1301	3200	50
3201	8000	60
8001	22000	85

Poleg števila vzorcev moramo poznati tudi število izdelkov, ki jih stroj naredi v eni uri. S tem dobimo frekvenco jemanja vzorcev.

Tabela 3. Prikaz jemanja vzorcev

planirana količina	7000	kos
potrebno število merjenih izdelkov v celotnem vzorcu	60	kos
kapaciteta proizvodnje (kos/8h)	8000	kos
obvezno število kosov v posameznem vzorcu	5	kos
<b>pogostost jemanja vzorca po 5 kos</b>	<b>35</b>	<b>min</b>

Na navedenem stroju je bila načrtovana količina izdelkov 7.000 kosov. Iz tabele 3 je razvidno, da je za tako količino potrebna število vzorcev 60 kosov. Kapaciteta proizvodnje je 1.000 kosov na uro oziroma 8.000 na izmeno (8 ur). Odločili smo se, da bomo vzorce jemali vsakih 35 minut po 5 kosov.

### 6.3.1 Sposobnost procesa za operacijo »valjanje navoja«

Meritve so navedene v tabeli 4.

Tabela 4. Meritve (v milimetrih) za operacijo »valjanje navoja«

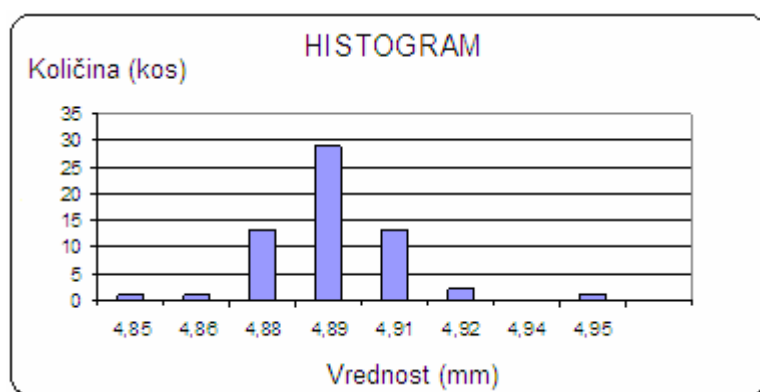
1.	4,879	13.	4,869	25.	4,889	37.	4,883	49.	4,871
2.	4,910	14.	4,849	26.	4,896	38.	4,871	50.	4,886
3.	4,862	15.	4,876	27.	4,883	39.	4,884	51.	4,878
4.	4,881	16.	4,902	28.	4,873	40.	4,889	52.	4,904
5.	4,896	17.	4,882	29.	4,886	41.	4,885	53.	4,880
6.	4,912	18.	4,886	30.	4,887	42.	4,876	54.	4,875
7.	4,904	19.	4,891	31.	4,885	43.	4,890	55.	4,894
8.	4,886	20.	4,877	32.	4,883	44.	4,898	56.	4,881
9.	4,951	21.	4,885	33.	4,878	45.	4,895	57.	4,898
10.	4,889	22.	4,887	34.	4,880	46.	4,897	58.	4,899
11.	4,872	23.	4,877	35.	4,887	47.	4,896	59.	4,883
12.	4,866	24.	4,879	36.	4,897	48.	4,887	60.	4,883

Predpisana mera za navoj je 4,901 mm ± 0,075 mm.

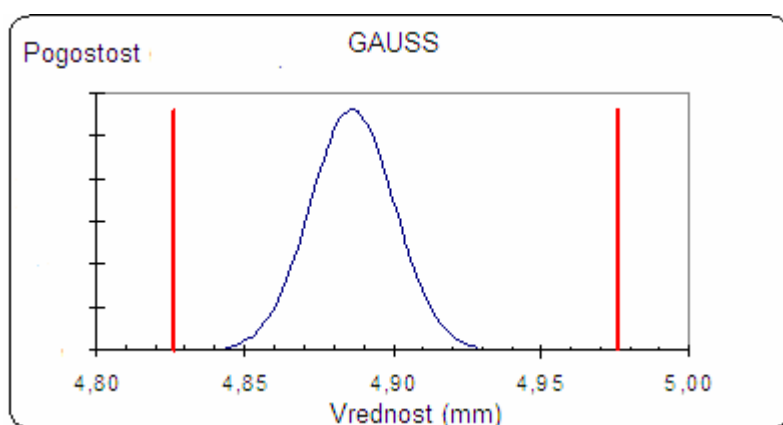
Število opravljenih meritev je bilo 60. Originalne, računalniško izpisane meritve, opravljene na posebni merilni napravi Smartscop, so priložene v prilogi 2. Histogram in gaussova krivulja za opravljene meritve so prikazani na slikah 32 in 33.

Gaussovo krivuljo imenujemo tudi normalna krivulja, ker lahko z njo opišemo porazdelitev frekvenc meritev pri zaporednih merjenjih neke količine v normalnih pogojih, torej takrat, ko pri merjenju ne delamo sistematičnih napak. Meritve so vrednosti neke slučajne spremenljivke  $x$  in lahko zavzamejo katerokoli realno vrednost in ne le celo številsko vrednost. Narišemo jo po formuli:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$



Slika 32. Histogram meritev tabele 4



Slika 33. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 4

Izračun je opravljen v Microsoft Excelu. V tabeli 5 so prikazani vsi pomembnejši končni izračuni.

Tabela 5. Izračun  $C_p$  in  $C_{pk}$  za operacijo »valjanje navoja«

VELIKOST VZORCA			60 kos			
Spodnja tolerančna meja	4,826 mm	Standardna deviacija	0,01			
Zgornja tolerančna meja	4,976 mm	x povp. – 3s	4,844 mm			
Povprečje x povp.	4,886 mm	x povp. + 3s	4,929 mm			
x min	4,849 mm	$C_p$	2,11	o.k.	Pogoj $C_p$	1,33
x max	4,951 mm	$C_{pk}$	2,10	o.k.	Pogoj $C_{pk}$	1,33

Ugotovitev: iz podanega izračuna ( $C_{pk}$  je večji od 1,33) sledi, da je sposobnost procesa za operacijo »valjanje navoja« ustrežna.

### 6.3.2 Sposobnost procesa za operacijo »krajšanje navoja«

Meritve so navedene v tabeli 6.

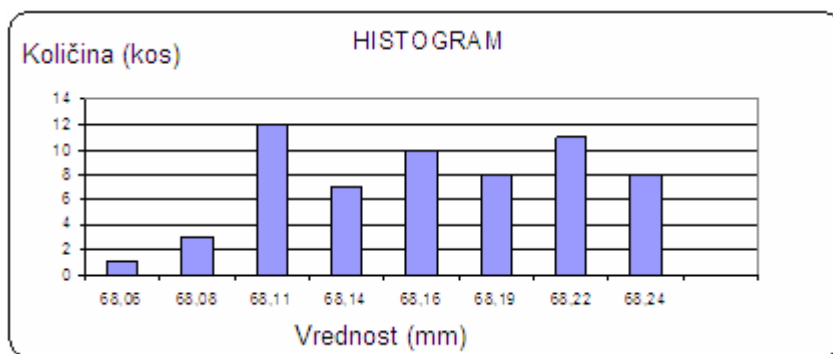
Tabela 6. Meritve (v milimetrih) za operacijo »krajšanje grelca«

1.	68,174	13.	68,213	25.	68,106	37.	68,196	49.	68,194
2.	68,129	14.	68,104	26.	68,209	38.	68,145	50.	68,175
3.	68,222	15.	68,124	27.	68,195	39.	68,209	51.	68,107
4.	68,107	16.	68,223	28.	68,143	40.	68,108	52.	68,109
5.	68,147	17.	68,189	29.	68,208	41.	68,092	53.	68,217
6.	68,180	18.	68,076	30.	68,114	42.	68,185	54.	68,118
7.	68,193	19.	68,206	31.	68,172	43.	68,122	55.	68,149
8.	68,210	20.	68,225	32.	68,240	44.	68,154	56.	68,153
9.	68,223	21.	68,173	33.	68,093	45.	68,131	57.	68,157
10.	68,150	22.	68,242	34.	68,143	46.	68,057	58.	68,095
11.	68,177	23.	68,093	35.	68,105	47.	68,217	59.	68,072
12.	68,118	24.	68,147	36.	68,210	48.	68,106	60.	68,083

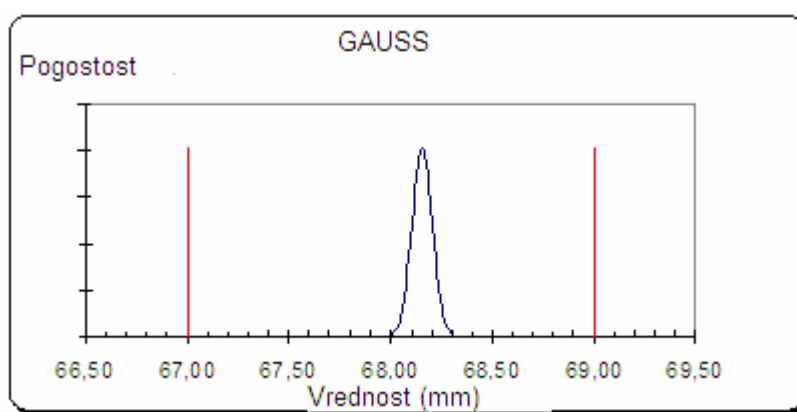
Predpisana mera za dolžino grelca je 68 mm ± 1 mm.

Število opravljenih meritev je bilo 60. Originalne, računalniško izpisane meritve, opravljene na posebni merilni napravi Smartscop, so priložene v prilogi 2.

Histogram je narejen na podlagi meritev sposobnosti procesa za operacijo »krajšanje grelca«. Prikazan je na sliki 34. Gaussova krivulja pa je prikazana na sliki 35.



Slika 34. Histogram meritev iz tabele 6



Slika 35. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 6

Tabela 7. Izračun  $C_p$  in  $C_{pk}$  za operacijo »krajšanje navoja«

VELIKOST VZORCA			60 kos			
Spodnja tolerančna meja	67,00 mm	Standardna deviacija	0,05			
Zgornja tolerančna meja	69,00 mm	x povp. - 3s	68,01 mm			
Povprečje x povp.	68,16 mm	x povp. + 3s	68,30 mm			
x min	68,06 mm	$C_p$	6,71	o.k.	Pogoj $C_p$	1,33
x max	68,24 mm	$C_{pk}$	5,72	o.k.	pogoj $C_{pk}$	1,33

Ugotovitev: iz podanega izračuna v tabeli 7 ( $C_{pk}$  je večji od 1,33) sledi, da je sposobnost procesa za operacijo »krajšanje grelca« ustrežna.



## 6.4 Izračun sposobnosti stroja

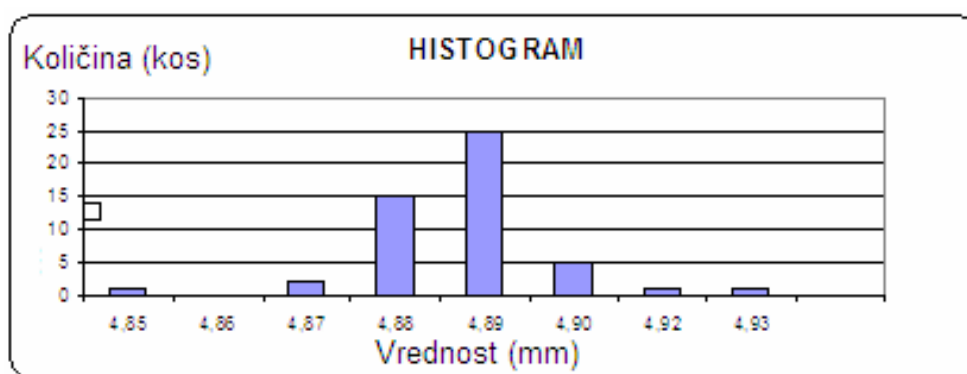
Za izračun sposobnosti stroja smo vzeli isto napravo (valjanje in krajšanje navojev) kot pri merjenju sposobnosti procesa.

### 6.4.1 Sposobnost stroja za operacijo »valjanje navoja«

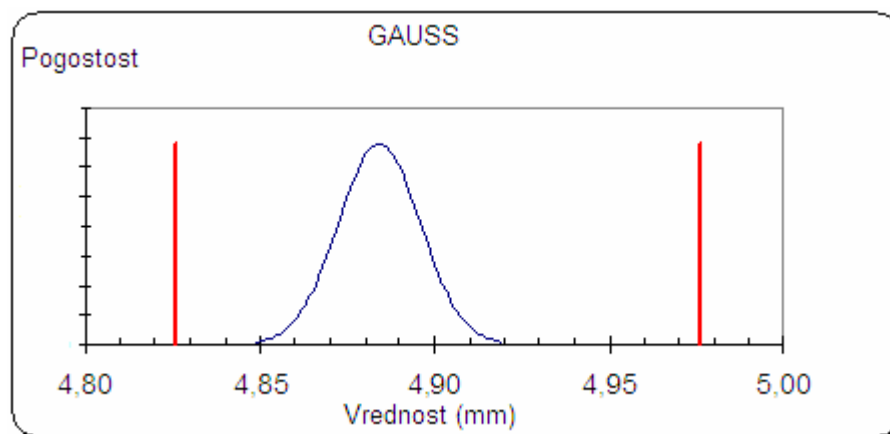
Tabela 8. Meritve (v milimetrih) za operacijo »valjanje navoja«

1.	4,878	11.	4,882	21.	4,878	31.	4,927	41.	4,883
2.	4,879	12.	4,875	22.	4,896	32.	4,880	42.	4,879
3.	4,877	13.	4,890	23.	4,888	33.	4,883	43.	4,877
4.	4,890	14.	4,890	24.	4,896	34.	4,879	44.	4,881
5.	4,846	15.	4,875	25.	4,884	35.	4,895	45.	4,865
6.	4,871	16.	4,884	26.	4,871	36.	4,888	46.	4,889
7.	4,872	17.	4,882	27.	4,875	37.	4,892	47.	4,880
8.	4,897	18.	4,885	28.	4,889	38.	4,885	48.	4,891
9.	4,886	19.	4,888	29.	4,890	39.	4,863	49.	4,895
10.	4,889	20.	4,889	30.	4,906	40.	4,889	50.	4,889

Meritve so navedene v tabeli 8. Predpisana mera za navoj je  $4,901 \text{ mm} \pm 0,075 \text{ mm}$ . Število opravljenih meritev je bilo 50. Originalne, računalniško izpisane meritve, opravljene na posebni merilni napravi Smartscope, so priložene v prilogi 1. Na sliki 36 in 37 sta prikazana histogram in gaussova krivulja za meritve iz tabele 8.



Slika 36. Histogram za meritve iz tabele 8



Slika 37. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 8

Tabela 9. Izračun  $C_m$  in  $C_{mk}$  za operacijo »valjanje navoja«

VELIKOST VZORCA			50 kos		
Spodnja tolerančna meja	4,83 mm	Standardna deviacija	0,01		
Zgornja tolerančna meja	4,98 mm	x povp. - 3s	4,85 mm		
Povprečje x povp.	4,88 mm	x povp. + 3s	4,92 mm		
x min	4,85 mm	$C_m$	2,13	o.k. pogoj $C_m >$	1,66
x max	4,93 mm	$C_{mk}$	1,65	slabo pogoj $C_{mk} >$	1,66

Ugotovitev: iz podanega izračuna v tabeli 9 ( $C_{mk}$  je manjši od 1,66) sledi, da je sposobnost stroja za operacijo »valjanje navoja« slaba. Vendar je izračunani  $C_{mk}$  samo za dve stotinki slabši od predpisane meje, tako da je sposobnost še relativno dobra, in sicer tudi zato, ker je  $C_m$  zelo dober. Vse mere so v predpisani toleranci. Zaenkrat se na napravi še ne izplača menjati valje. Smiselno pa bi bilo sposobnost stroja preveriti prej kot čez eno leto.

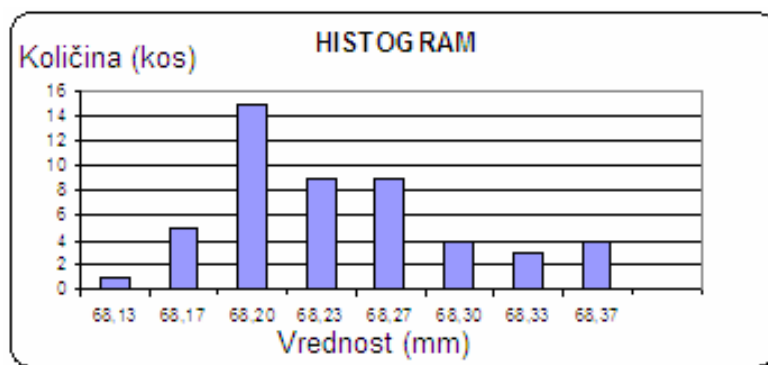
#### 6.4.2 Sposobnost stroja za operacijo »krajšanje navoja«

Predpisana mera za dolžino grelca je 68 mm ± 1 mm. Meritve so navedene v tabeli 10.

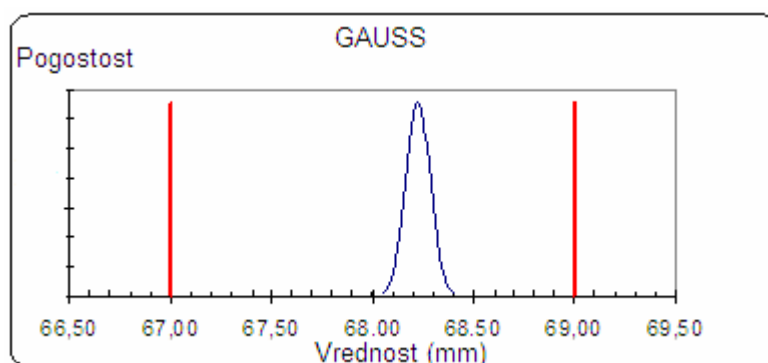
Tabela 10. Meritve (v milimetrih) za operacijo »krajšanje grelca«

1.	68,172	11.	68,302	21.	68,198	31.	68,237	41.	68,259
2.	68,253	12.	68,190	22.	68,184	32.	68,247	42.	68,207
3.	68,215	13.	68,186	23.	68,357	33.	68,168	43.	68,293
4.	68,217	14.	68,366	24.	68,217	34.	68,265	44.	68,173
5.	68,171	15.	68,247	25.	68,259	35.	68,192	45.	68,336
6.	68,225	16.	68,132	26.	68,304	36.	68,143	46.	68,202
7.	68,173	17.	68,226	27.	68,210	37.	68,196	47.	68,313
8.	68,287	18.	68,168	28.	68,135	38.	68,191	48.	68,237
9.	68,286	19.	68,182	29.	68,135	39.	68,255	49.	68,205
10.	68,293	20.	68,191	30.	68,143	40.	68,154	50.	68,337

Število opravljenih meritev je bilo 50. Originalne, računalniško izpisane meritve, opravljene na posebni merilni napravi Smartscop, so priložene v prilogi 1. Histogram meritev je prikazan na sliki 38, gaussova krivulja pa na sliki 39.



Slika 38. Histogram za meritve iz tabele 10



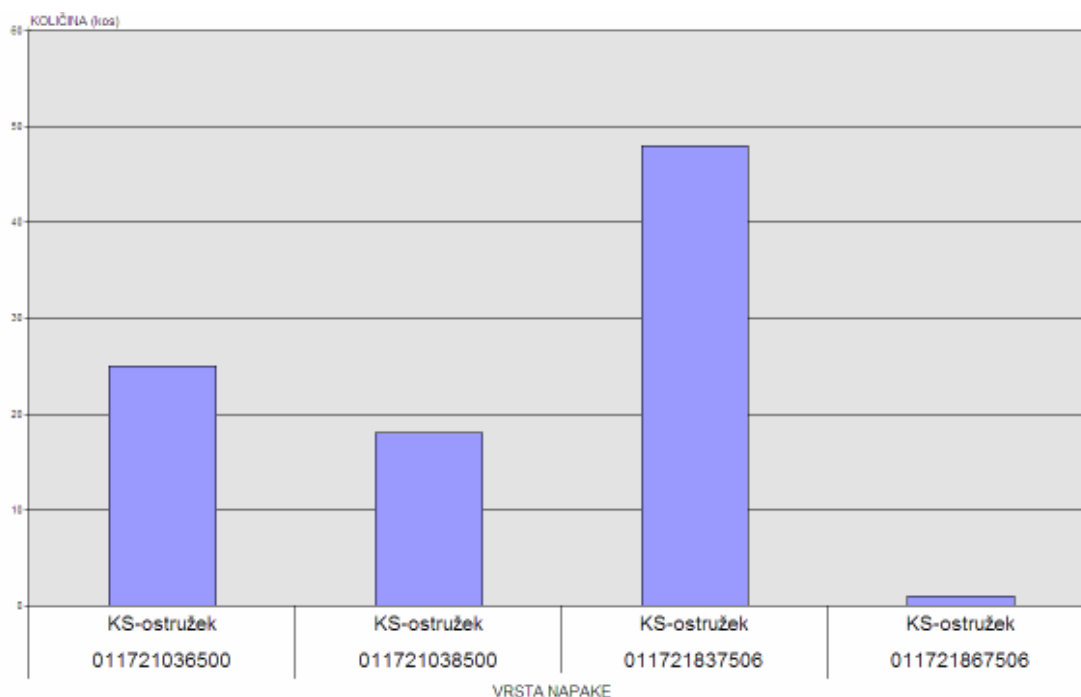
Slika 39. Gaussova krivulja za meritve iz tabele 10

Tabela 11. Izračun  $C_m$  in  $C_{mk}$  za operacijo »krajšanje navoja«

VELIKOST VZORCA			50 kos	
Spodnja tolerančna meja	67,00 mm	Standardna deviacija	0,06	O.K.
Zgornja tolerančna meja	69,00 mm	x povp. - 3s	68,04 mm	
Povprečje x povp.	68,22 mm	x povp. + 3s	68,41 mm	
x min	68,13 mm	$C_m$	5,50	o.k.
x max	68,37 mm	$C_{mk}$	4,27	o.k.

Ugotovitev: iz podanega izračuna v tabeli 11 ( $C_m$  in  $C_{mk}$  sta večja od 1,66) sledi, da je sposobnost stroja za operacijo krajšanja grelca ustrezna.

## 6.5 Analiza problema kratkih stikov



Slika 40. Število slabih svečk zaradi navedenega problema

Analizirali smo nastanek kratkega stika, do katerega je prihajalo zaradi ostružkov. Grafikon na sliki 40 je bil narejen za obdobje med 1. 3. 2008 in 23. 10. 2008. Kratek stik se je pojavljal predvsem pri krajših grelcih. Po poglobljeni analizi smo ugotovili, da do kratkega stika prihaja zaradi ostružkov, ki nastanejo zaradi predolgega navoja na

elektrodi. Pred tem smo izključili vse druge mogoče vzroke za nastanek kratkega stika. Na rentgenski napravi smo pregledali svečke in ugotovili, da je upor pravilno centriran v sredino svečke ter da znotraj svečke ni nobenih ostružkov. Ti so se pojavili med ohišjem in podložko. S posebnim postopkom preverjanja nečistoč smo analizirali tudi ohišja in elektrode, pri čemer smo ugotovili, da ni posebno velikega odstopanja v količini nečistoč, ki lahko prav tako povzročijo kratek stik. Ko pa smo razstavili svečko, smo ugotovili, da je na slabih svečkah navoj predolg. Na sliki 41 se vidi, da je na zgornji (dobri) svečki navoj precej krajši kot na spodnji (slabi svečki). Ko se je navoj valjal, so ga valji stroja za valjanje zarezali v cevko, pri čemer so nastali ostružki. Opazili smo, da se to dogaja samo pri krajših grelcih, kjer je oprijem stroja manjši.



Slika 41. Dobra in slaba svečka



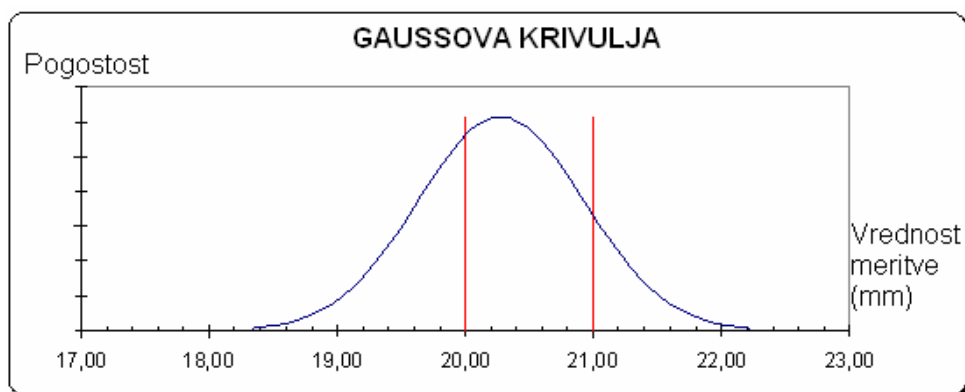
Slika 42. Notranjost naprave za valjanje navojev

Na sliki 42 je prikazana notranjost naprave, kjer se valjajo navoji. Ugotovili smo, da gnezdo na spodnjem delu naprave na sliki 43 pri obdelavi grelca ne deluje pravilno, saj občasno ne določi prave dolžine nastavitve grelca pri valjanju navoja.



Slika 43. Gnezdo, ki ne deluje pravilno

Za rešitev tega problema je potrebno slabo gnezdo na napravi za valjanje grelcev popraviti. Ko smo izračunali sposobnost stroja pri operaciji valjanje navoja za dolžino navoja, so dobljeni koeficienti potrdili, da ta operacija poteka izven tolerančnih meja.  $C_m$  in  $C_{mk}$  sta bila zelo slaba, kar je prikazano na tabeli 12 in sliki 44. Merili smo dolžino navoja na elektrodi. Meritve so priložene v prilogi 3.



Slika 44. Gaussova krivulja za meritve iz priloge 3

Tabela 12. Izračun  $C_m$  in  $C_{mk}$  za operacijo valjanje navoja (dolžina navoja)

Spodnja tolerančna meja	20,00 mm	Standardna deviacija	0,65
Zgornja tolerančna meja	21,00 mm	x povp. - 3s	18,33 mm
Povprečje x povp.	20,28 mm	x povp. + 3s	22,22 mm
x min	18,80 mm	$C_m$	0,26
x max	22,59 mm	$C_{mk}$	0,14

## 7 REŠITEV PROBLEMOV

### 7.1 Rešitev problema 1. Kratek stik

Pri določenih vrstah svečk je prihajalo do kratkega stika. Med analizo smo ugotovili, da so v svečki ostružki. Bistveno je bilo vprašanje, zakaj so v svečki ostružki. S posebnim postopkom raziskovanja nečistoč smo ugotovili, da elektrode in ohišja niso umazana in da na njih ni nobenih ostružkov. Ta ugotovitev nas je pripeljala v slepo ulico. Nadaljevanje raziskave pa nas je pripeljalo do zaključka, da je morda napaka povezana s strojem na katerem smo izračunavali koeficiente sposobnosti stroja in procesa. Prav na stroju, pri katerem je bil  $Cmk$  za operacijo valjanja navoja manjši od predpisane meje, se je ponavljala zelo kritična napaka, in sicer je prihajalo do kratkih stikov. Izračunali smo še  $Cmk$  za dolžino navoja pri operaciji valjanje navoja in ugotovili, da je globoko na rdečem območju. Razstavili smo večje število svečk (še posebno tiste s kratkim stikom) in končno ugotovili, kaj je krivo za nastanek te napake. Pri napravi, ki valja navoje, je prihajalo pri enem gnezdu do napake, saj je v določenih časovnih intervalih povaljalo nepravilno dolžino elektrode. Valji so zarezali v cevko, iz katere so nato nastali ostružki. Ta problem je rešljiv tako, da se gnezdo na sliki 43, na napravi za valjanje navoja popravi.

### 7.2 Rešitev problema 2. Prenizka upornost

Pri analizi izmeta svečke s šifro 011721062540 se na Pareto diagramu, ki je prikazan na sliki 25 vidi, da so glavne napake povezane z upornostjo. Prva je prenizka, druga pa previsoka. Pri analizi smo uporabili rentgensko napravo, s katero smo ugotovili, da je pri svečkah s prenizko upornostjo var predebel (glej sliko 27). Pri svečkah s preveliko upornostjo pa je ravno obratno, torej je var ožji. Iz tega smo sklepali, da je pri upornosti zelo pomembno, kako poteka varjenje. Z varjenjem je povezan tudi problem slabo zavarjene konice. Z izboljšanjem postopka varjenja oziroma z natančnejšim varjenjem se lahko število teh napak občutno zmanjša. Pri varilnih aparatih smo (kjer je to mogoče) priporočili zamenjavo obstoječih potenciometrov z natančnejšimi. Delavec, ki izvaja varjenje mora stalno preverjati potek varjenja in če so parametri varjenja pravilno nastavljeni. Priporočili smo tudi, da se prevzem opravi dvakrat na dan.

## 8 ZAKLJUČEK

Zahteve kupcev so v gospodarstvu zelo velike. Še posebno to velja za avtomobilsko industrijo, kjer vsaka reklamacija pomeni zelo verjetno izgubo kupca. Zaradi tega je kakovost proizvodnje izjemno pomembna. Kako zagotavljati kakovost, pa je zahtevno vprašanje. Vsako podjetje jo poskuša zagotavljati na visoki ravni, pri čemer podjetja uporabljajo različne načine. Zelo primerna orodja za zagotavljanje kakovosti so različne statistične metode, ki jih lahko uporabljamo za beleženje in statistiko meritev in toleranc ter nadzor proizvodnega kroga. Zelo uporabne so tudi različne kontrolne karte, ki podpirajo izvedbo konstantnega in predvidljivega procesa s čim nižjimi stroški. Z njimi hitro odkrijemo spremembe v procesu, to pa nam omogoča, da pomanjkljivosti uspešno odpravimo. Sistem stalnega nadzora procesa omogoča tudi izvedbo stalnih izboljšav.

Cilj diplomskega dela je bil raziskati določen problem skozi postopek statističnega nadzora procesa. Ugotovimo lahko, da je bil cilj dosežen. Z večmesečnim beleženjem izmeta smo dobili obsežno bazo različnih podatkov. Dobili smo podatke o količini narejenih izdelkov, količini slabih kosov za vsako svečko posebej, do podatkov o številu slabih kosov na milijon narejenih za vsako svečko. V bazi podatkov so tudi podatki o vseh napakah, ki so nastale pri proizvodnji vsake svečke posebej. Na ta način lahko ugotovimo, katere napake nam povzročajo največ stroškov oziroma največ izmeta. Vse te podatke lahko ponazorimo s *P*-kartami. Tehnologom *P*-karte omogočajo stalno analizo količine izmeta v proizvodnji in analizo vrste napak. Z opravljenimi statističnimi metodami smo ugotovili dve pomembni napaki, in sicer kratek stik in prenizka upornost. Za te dve napaki smo z opravljeno analizo ugotovili vzrok nastanka ter podali ukrepe za odpravo teh dveh ključnih napak. Glavni vzrok za napaki je bila okvara na stroju za valjanje navojev ter nepravilno varjenje na varilnih aparatih.

Rešitev tega problema bo podjetju prinesla občuten prihranek pri stroških, saj se bo zmanjšal izmet. Zmanjšalo pa se bo tudi število morebitnih reklamacij, kar bo podjetju zvišalo kakovost in ugled med kupci.



## 9 LITERATURA

**Babič, M.** (2001). Ekonomika kakovosti. V: Management, Kakovost, Razvoj, Zbornik 2. strokovnega posveta Visoke šole za management v Kopru. Koper: Visoka šola za management v Kopru.

**Chrysler Corporation.** (1995). Statistical Process Control, Instruction Guide, angleška verzija, (gradivo v Hidria AET d.o.o.).

**DaimlerChrysler Corporation.** (2005). Statistical Process Control (SPC). Reference manual, second edition, angleška verzija, (gradivo v Hidria AET d.o.o.).

**Gantogram.** Pridobljeno dne 5. 10. 2008 s svetovnega spleta:  
[http://www.b2.eu/images/Project\\_uvodna.gif](http://www.b2.eu/images/Project_uvodna.gif)

**Interno gradivo Hidria** (2007). Družba Hidria AET d.o.o.

**Ishikawa, K.** (1989). Kako celovito obvladati kakovost – japonska pot. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

**Lah, S.** (2008). Kakovost in zanesljivost proizvodnje. Škofja Loka: Višja strokovna šola za strojništvo.

**Pareto diagram.** Pridobljeno 10. 7. 2008 s svetovnega spleta: <http://quinn-curtis.com/QCSPCC17.jpg>

**Plantan, M.** (2005). Do uspeha s strategijo six sigma. Diplomsko delo. (Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta), Novo Mesto: [M. Plantan].

**Šostar, A.** (2000). Management kakovosti. Maribor: Fakulteta za strojništvo.

**Tabela za izračun kontrolnih mej in formule.** Pridobljeno dne 8. 1. 2009 s svetovnega spleta: [http://www.micquality.com/reference\\_tables/index.htm](http://www.micquality.com/reference_tables/index.htm)



# 10 PRILOGA 1

## Meritve - premer navoja in dolžina grelca (sposobnost stroja)

### Raw Data Report

C:\Prilinki\QC-CALC\Data\SPC 086.QCC  
SPC 086.mxl

August 21, 2008  
1:33:18 p

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLŽINA YD	Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxtFactor
Nominal	4.901	68.000	8/21/08	13:33:17	0	0	0	0	
USL	4.976	69.000	8/21/08	13:33:17	0	0	0	0	
LSL	4.826	67.000	8/21/08	13:33:17	0	0	0	0	
1	4.878	68.172	8/21/08	13:05:22	0	0	0	0	
2	4.879	68.253	8/21/08	13:05:36	0	0	0	0	
3	4.877	68.215	8/21/08	13:05:48	0	0	0	0	
4	4.890	68.217	8/21/08	13:05:58	0	0	0	0	
5	4.846	68.171	8/21/08	13:08:10	0	0	0	0	
6	4.871	68.225	8/21/08	13:08:22	0	0	0	0	
7	4.872	68.173	8/21/08	13:08:33	0	0	0	0	
8	4.897	68.287	8/21/08	13:08:46	0	0	0	0	
9	4.888	68.286	8/21/08	13:08:58	0	0	0	0	
10	4.889	68.293	8/21/08	13:08:15	0	0	0	0	
11	4.882	68.302	8/21/08	13:08:26	0	0	0	0	
12	4.875	68.190	8/21/08	13:08:38	0	0	0	0	
13	4.890	68.186	8/21/08	13:08:48	0	0	0	0	
14	4.890	68.388	8/21/08	13:09:01	0	0	0	0	
15	4.875	68.247	8/21/08	13:09:12	0	0	0	0	
16	4.884	68.132	8/21/08	13:09:37	0	0	0	0	

Mean	4.8842	68.2247							
Sigma	0.0116	0.2608							
Max	4.9271	68.3858							
Min	4.8462	68.1223							
Range	0.0809	0.2634							

Filter Name: D  
Filter Text: SELECT RecNo FROM ActiveOB WHERE DateOnly BETWEEN 8/21/08 and 8/21/08

Page - 1

### Raw Data Report

C:\Prilinki\QC-CALC\Data\SPC 086.QCC

August 21, 2008  
1:33:18 p

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLŽINA YD	Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxtFactor
17	4.882	68.228	8/21/08	13:09:48	0	0	0	0	
18	4.885	68.188	8/21/08	13:11:38	0	0	0	0	
19	4.888	68.182	8/21/08	13:11:48	0	0	0	0	
20	4.889	68.191	8/21/08	13:11:58	0	0	0	0	
21	4.878	68.198	8/21/08	13:12:11	0	0	0	0	
22	4.896	68.184	8/21/08	13:12:23	0	0	0	0	
23	4.888	68.357	8/21/08	13:12:35	0	0	0	0	
24	4.896	68.217	8/21/08	13:12:47	0	0	0	0	
25	4.884	68.259	8/21/08	13:12:59	0	0	0	0	
26	4.871	68.304	8/21/08	13:13:11	0	0	0	0	
27	4.875	68.210	8/21/08	13:13:23	0	0	0	0	
28	4.888	68.135	8/21/08	13:14:53	0	0	0	0	
29	4.890	68.139	8/21/08	13:15:36	0	0	0	0	
30	4.906	68.143	8/21/08	13:15:47	0	0	0	0	
31	4.927	68.237	8/21/08	13:15:58	0	0	0	0	
32	4.880	68.247	8/21/08	13:16:11	0	0	0	0	
33	4.883	68.188	8/21/08	13:16:23	0	0	0	0	
34	4.879	68.265	8/21/08	13:16:35	0	0	0	0	
35	4.895	68.192	8/21/08	13:16:47	0	0	0	0	
36	4.888	68.143	8/21/08	13:16:59	0	0	0	0	
37	4.892	68.190	8/21/08	13:17:11	0	0	0	0	
38	4.885	68.191	8/21/08	13:17:23	0	0	0	0	
39	4.883	68.255	8/21/08	13:29:15	0	0	0	0	
40	4.889	68.154	8/21/08	13:29:27	0	0	0	0	
41	4.883	68.259	8/21/08	13:29:39	0	0	0	0	
42	4.879	68.207	8/21/08	13:29:51	0	0	0	0	
43	4.877	68.293	8/21/08	13:30:02	0	0	0	0	
44	4.881	68.173	8/21/08	13:30:14	0	0	0	0	
45	4.865	68.336	8/21/08	13:30:26	0	0	0	0	

## Raw Data Report

C:\Profile\QC-CALC\Data\SPC-086.QCC

August 21, 2008  
1:33:18 p

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLZINA YD					Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxFactor
46	4.889	68.202					8/21/08	13:30:38	0	0	0	0	
47	4.880	68.313					8/21/08	13:30:50	0	0	0	0	
48	4.891	68.237					8/21/08	13:31:03	0	0	0	0	
49	4.895	68.205					8/21/08	13:31:47	0	0	0	0	
50	4.889	68.337					8/21/08	13:31:59	0	0	0	0	

## 11 PRILOGA 2

### Meritve - premer navoja in dolžina grelca (sposobnost procesa)

#### Raw Data Report

C:\ProIn\KQC-CALC\Data\SPC 086.DOC  
SPC 086.mxl

August 26, 2008  
3:11:58 p.

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLŽINA YD				Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TotFactor
Nominal	4.901	68.000				8/26/08	15:11:57	0	0	0	0	
USL	4.978	69.000				8/26/08	15:11:57	0	0	0	0	
LSL	4.826	67.000				8/26/08	15:11:57	0	0	0	0	
51	4.879	68.174				8/26/08	13:26:10	0	0	0	0	
52	4.910	68.129				8/26/08	13:26:23	0	0	0	0	
53	4.862	68.222				8/26/08	13:26:37	0	0	0	0	
54	4.881	68.107				8/26/08	13:26:49	0	0	0	0	
55	4.896	68.147				8/26/08	13:27:03	0	0	0	0	
56	4.912	68.180				8/26/08	13:27:15	0	0	0	0	
57	4.904	68.193				8/26/08	13:27:27	0	0	0	0	
58	4.886	68.210				8/26/08	13:27:39	0	0	0	0	
59	4.951	68.223				8/26/08	13:27:51	0	0	0	0	
60	4.889	68.150				8/26/08	13:28:03	0	0	0	0	
61	4.872	68.177				8/26/08	13:29:51	0	0	0	0	
62	4.866	68.118				8/26/08	13:30:03	0	0	0	0	
63	4.869	68.213				8/26/08	13:30:15	0	0	0	0	
64	4.849	68.104				8/26/08	13:30:27	0	0	0	0	
65	4.876	68.124				8/26/08	13:30:38	0	0	0	0	
66	4.902	68.223				8/26/08	13:30:50	0	0	0	0	

Mean	4.8884	68.1946				
Sigma	0.0135	0.0473				
Max	4.9506	68.2420				
Min	4.8467	68.0958				
Range	0.1039	0.1462				

Filter Name: D  
Filter Text: SELECT RecNo FROM ActiveDB WHERE DateCrt BETWEEN 8/26/08 and 8/26/08

Page - 1

## Raw Data Report

C:\Pmlnk\QC-CALC\Data\SPC 086.QCC

August 26, 2008  
3:11:58 p

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLZINA YD				Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxFactor
67	4.882	68.189				8/26/08	13:31:02	0	0	0	0	
68	4.886	68.076				8/26/08	13:31:15	0	0	0	0	
69	4.891	68.206				8/26/08	13:31:27	0	0	0	0	
70	4.877	68.225				8/26/08	13:31:39	0	0	0	0	
71	4.885	68.173				8/26/08	13:33:18	0	0	0	0	
72	4.887	68.242				8/26/08	13:33:29	0	0	0	0	
73	4.877	68.093				8/26/08	13:33:41	0	0	0	0	
74	4.879	68.147				8/26/08	13:33:53	0	0	0	0	
75	4.889	68.106				8/26/08	13:34:05	0	0	0	0	
76	4.896	68.209				8/26/08	13:34:16	0	0	0	0	
77	4.883	68.195				8/26/08	13:34:28	0	0	0	0	
78	4.873	68.143				8/26/08	13:34:40	0	0	0	0	
79	4.886	68.208				8/26/08	13:34:52	0	0	0	0	
80	4.887	68.114				8/26/08	13:35:05	0	0	0	0	
81	4.885	68.172				8/26/08	13:39:55	0	0	0	0	
82	4.883	68.240				8/26/08	13:40:07	0	0	0	0	
83	4.878	68.093				8/26/08	13:40:19	0	0	0	0	
84	4.890	68.143				8/26/08	13:40:30	0	0	0	0	
85	4.887	68.105				8/26/08	13:40:42	0	0	0	0	
86	4.897	68.210				8/26/08	13:40:54	0	0	0	0	
87	4.883	68.196				8/26/08	13:41:06	0	0	0	0	
88	4.871	68.145				8/26/08	13:41:18	0	0	0	0	
89	4.884	68.209				8/26/08	13:41:32	0	0	0	0	
90	4.889	68.108				8/26/08	13:41:46	0	0	0	0	
91	4.885	68.092				8/26/08	13:45:54	0	0	0	0	
92	4.876	68.185				8/26/08	13:46:07	0	0	0	0	
93	4.890	68.122				8/26/08	13:46:18	0	0	0	0	
94	4.898	68.154				8/26/08	13:46:29	0	0	0	0	
95	4.895	68.131				8/26/08	13:46:41	0	0	0	0	

## Raw Data Report

C:\Pmlnk\QC-CALC\Data\SPC 086.QCC

August 26, 2008  
3:11:58 p

Record Number	PREMER NAVOJA XD	DOLZINA YD				Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxFactor
96	4.897	68.057				8/26/08	13:46:52	0	0	0	0	
97	4.896	68.217				8/26/08	13:47:04	0	0	0	0	
98	4.887	68.106				8/26/08	13:47:16	0	0	0	0	
99	4.871	68.194				8/26/08	13:47:27	0	0	0	0	
100	4.886	68.175				8/26/08	13:47:39	0	0	0	0	
101	4.878	68.107				8/26/08	13:49:15	0	0	0	0	
102	4.904	68.106				8/26/08	13:49:26	0	0	0	0	
103	4.880	68.217				8/26/08	13:49:38	0	0	0	0	
104	4.875	68.118				8/26/08	13:49:49	0	0	0	0	
105	4.894	68.149				8/26/08	13:50:01	0	0	0	0	
106	4.881	68.153				8/26/08	13:50:13	0	0	0	0	
107	4.898	68.157				8/26/08	13:50:24	0	0	0	0	
108	4.899	68.095				8/26/08	13:50:36	0	0	0	0	
109	4.883	68.072				8/26/08	13:50:48	0	0	0	0	
110	4.883	68.083				8/26/08	13:51:01	0	0	0	0	
111	4.888	68.201				8/26/08	13:52:39	0	0	0	0	
112	4.871	68.103				8/26/08	13:52:51	0	0	0	0	
113	4.884	68.181				8/26/08	13:54:01	0	0	0	0	
114	4.889	68.178				8/26/08	13:54:13	0	0	0	0	
115	4.886	68.172				8/26/08	13:54:25	0	0	0	0	
116	4.888	68.146				8/26/08	13:54:37	0	0	0	0	
117	4.904	68.132				8/26/08	13:55:23	0	0	0	0	
118	4.877	68.154				8/26/08	13:55:35	0	0	0	0	
119	4.891	68.146				8/26/08	13:55:48	0	0	0	0	
120	4.892	68.079				8/26/08	13:56:00	0	0	0	0	

## 12 PRILOGA 3

### Meritve - dolžina navoja

#### Raw Data Report

C:\Prolink\QC-CALC\Data\SPC DOLZINA\mrd.GCC  
SPC DOLZINA\mrd.mxl

October 7, 2008  
9:10:34 a.

Record Number	DOLZINA NAVOJA WID				Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxFactor
Normal	20.000				10/7/08	00:15:54	0	0	0	0	
USL	21.000				10/7/08	00:15:54	0	0	0	0	
LSL	20.000				10/7/08	00:15:54	0	0	0	0	
1	** 19.729				10/7/08	00:32:17	0	0	0	0	
2	** 19.751				10/7/08	00:33:02	0	0	0	0	
3	** 19.096				10/7/08	00:33:16	0	0	0	0	
4	** 19.090				10/7/08	00:33:37	0	0	0	0	
5	** 21.040				10/7/08	00:33:58	0	0	0	0	
6	20.895				10/7/08	00:34:15	0	0	0	0	
7	** 21.118				10/7/08	00:34:31	0	0	0	0	
8	** 21.095				10/7/08	00:34:45	0	0	0	0	
9	20.089				10/7/08	00:35:00	0	0	0	0	
10	20.079				10/7/08	00:35:15	0	0	0	0	
11	20.023				10/7/08	00:38:16	0	0	0	0	
12	20.299				10/7/08	00:38:29	0	0	0	0	
13	** 19.660				10/7/08	00:38:42	0	0	0	0	
14	20.904				10/7/08	00:38:59	0	0	0	0	
15	20.258				10/7/08	00:39:13	0	0	0	0	
16	** 19.060				10/7/08	00:39:27	0	0	0	0	

Mean	20.211			
Sigma	0.000			
Min	19.060			
Max	21.118			
Range	2.058			

Filter Name: DAVES  
Filter Text: SELECT \* FROM AptsWDB WHERE DateOnly BETWEEN 10/7/08 and 10/7/08

Page - 1

#### Raw Data Report

C:\Prolink\QC-CALC\Data\SPC DOLZINA\mrd.GCC

October 7, 2008  
9:15:54 a.

Record Number	DOLZINA NAVOJA WID				Date	Time	NumFact 1	NumFact 2	NumFact 3	NumFact 4	TxFactor
17	** 19.781				10/7/08	08:39:39	0	0	0	0	
18	** 21.359				10/7/08	08:39:56	0	0	0	0	
19	** 19.555				10/7/08	08:40:09	0	0	0	0	
20	** 21.612				10/7/08	08:43:21	0	0	0	0	
21	20.046				10/7/08	08:43:33	0	0	0	0	
22	** 19.791				10/7/08	08:43:44	0	0	0	0	
23	** 19.926				10/7/08	08:43:57	0	0	0	0	
24	** 19.893				10/7/08	08:44:09	0	0	0	0	
25	** 19.553				10/7/08	08:44:22	0	0	0	0	
26	20.231				10/7/08	08:44:35	0	0	0	0	
27	20.852				10/7/08	08:44:47	0	0	0	0	
28	** 19.942				10/7/08	08:45:10	0	0	0	0	
29	** 19.659				10/7/08	08:47:48	0	0	0	0	
30	20.480				10/7/08	08:48:06	0	0	0	0	
31	20.400				10/7/08	08:48:19	0	0	0	0	
32	** 21.128				10/7/08	08:48:44	0	0	0	0	
33	20.208				10/7/08	08:49:05	0	0	0	0	
34	20.264				10/7/08	08:49:27	0	0	0	0	
35	20.381				10/7/08	08:49:42	0	0	0	0	
36	** 19.635				10/7/08	08:49:57	0	0	0	0	
37	20.301				10/7/08	08:50:11	0	0	0	0	
38	20.688				10/7/08	08:51:38	0	0	0	0	
39	** 19.949				10/7/08	08:51:57	0	0	0	0	
40	20.544				10/7/08	08:52:11	0	0	0	0	
41	** 18.797				10/7/08	08:52:23	0	0	0	0	
42	** 21.073				10/7/08	08:52:41	0	0	0	0	
43	20.302				10/7/08	08:52:53	0	0	0	0	
44	20.240				10/7/08	08:53:06	0	0	0	0	
45	20.161				10/7/08	08:53:20	0	0	0	0	

## Raw Data Report

C:\Prain\QCC-CALC\Data\SPC DOLZINA\mi.QCC

October 7, 2008  
9:15:54 a

Record Number	DOLZINA NAVOJA WID					Date	Time	NumFact	NumFact	NumFact	NumFact	TaxFactor
								1	2	3	4	
46	** 19.609					10/7/08	08:53:37	0	0	0	0	
47	20.608					10/7/08	08:54:55	0	0	0	0	
48	** 22.594					10/7/08	08:55:13	0	0	0	0	
49	20.671					10/7/08	08:55:28	0	0	0	0	
50	** 19.707					10/7/08	08:55:41	0	0	0	0	



## 13 PRILOGA 4

Tabela za izračun kontrolnih mej pri kontrolnih kartah in formule

Observations in Sample (n)	A	A <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	c <sub>4</sub>
2	2.121	1.880	0	3.686	0	3.267	2.659	0	3.267	1.128	0.7979
3	1.732	1.023	0	4.358	0	2.574	1.954	0	2.568	1.693	0.8862
4	1.500	0.729	0	4.698	0	2.282	1.628	0	2.266	2.059	0.9213
5	1.342	0.577	0	4.918	0	2.114	1.427	0	2.089	2.326	0.9400
6	1.225	0.483	0	5.078	0	2.004	1.287	0.030	1.970	2.534	0.9515
7	1.134	0.419	0.204	5.204	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	2.704	0.9594
8	1.061	0.373	0.388	5.306	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	2.847	0.9650
9	1.000	0.337	0.547	5.393	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761	2.970	0.9693
10	0.949	0.308	0.687	5.469	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716	3.078	0.9727
11	0.905	0.285	0.811	5.535	0.256	1.744	0.927	0.321	1.679	3.173	0.9754
12	0.866	0.266	0.922	5.594	0.283	1.717	0.886	0.354	1.646	3.258	0.9776
13	0.832	0.249	1.025	5.647	0.307	1.693	0.850	0.382	1.618	3.336	0.9794
14	0.802	0.235	1.118	5.696	0.328	1.672	0.817	0.406	1.594	3.407	0.9810
15	0.775	0.223	1.203	5.741	0.347	1.653	0.789	0.428	1.572	3.472	0.9823
16	0.750	0.212	1.282	5.782	0.363	1.637	0.763	0.448	1.552	3.532	0.9835
17	0.728	0.203	1.356	5.820	0.378	1.622	0.739	0.466	1.534	3.588	0.9845
18	0.707	0.194	1.424	5.856	0.391	1.608	0.718	0.482	1.518	3.640	0.9854
19	0.688	0.187	1.487	5.891	0.403	1.597	0.698	0.497	1.503	3.689	0.9862
20	0.671	0.180	1.549	5.921	0.415	1.585	0.680	0.510	1.490	3.735	0.9869
21	0.655	0.173	1.605	5.951	0.425	1.575	0.663	0.523	1.477	3.778	0.9876
22	0.640	0.167	1.659	5.979	0.434	1.566	0.647	0.534	1.466	3.819	0.9882
23	0.626	0.162	1.710	6.006	0.443	1.557	0.633	0.545	1.455	3.858	0.9887
24	0.612	0.157	1.759	6.031	0.451	1.548	0.619	0.555	1.445	3.895	0.9892
25	0.600	0.153	1.806	6.056	0.459	1.541	0.606	0.565	1.435	3.931	0.9896

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$