



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Diana Bratić

# **OPTIMIZACIJA PROCESA TISKA NA NAČELIMA SIX SIGMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015



Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Diana Bratić

# **OPTIMIZACIJA PROCESA TISKA NA NAČELIMA SIX SIGMA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Diana Milčić

Zagreb, 2015



Sveučilište u Zagrebu

Faculty of Graphic Arts

Diana Bratić

**OPTIMIZATION OF THE PRINTING  
PROCESS ON THE PRINCIPLES  
OF SIX SIGMA**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: prof. Diana Milčić, Ph. D.

Zagreb, 2015

**UDK BROJ: 655.3:658.562**

***Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:***

1. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik,
2. izv. prof. dr. sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član,
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član.

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:***

1. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik,
2. izv. prof. dr. sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član,
3. izv. prof. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član,
4. doc. dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica,
5. doc. dr. sc. Damir Modrić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član,
6. prof. dr. sc. Marin Milković, Sveučilište Sjever, Koprivnica, zamjenski vanjski član.

***Datum obrane doktorske disertacije:*** 17. ožujka 2015.

***Mjesto obrane doktorske disertacije:*** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:***

„Obrabila – jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

*Želim zahvaliti svima koji su na bilo koji način doprinijeli nastanku ovog doktorskog rada.*

*Zahvaljujem brojnim kolegama, kako na Grafičkom fakultetu, tako i na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, te Matematičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji su svojim primjedbama, savjetima i sugestijama ovaj rad učinili boljim.*

*Veliko hvala poduzeću Radin koje mi je omogućilo izradu eksperimentalnog dijela rada.*

*Također veliko hvala svim dragim ljudima i prijateljima na brojnim riječima potpore i ohrabrenja na putu stvaranja ovog rada.*

*Najveće hvala mojoj dragoj obitelji na beskrajnoj i bezuvjetnoj ljubavi, podršci, razumijevanju i vjeri u moj rad, bez njih njega nikada ne bi bilo.*

*Mojem Petru, mojoj stijeni od ljubavi.*

## SAŽETAK

Six Sigma kao sveobuhvatna metodologija za unaprjeđenje kvalitete započela je svoj nagli razvoj 80-tih godina 20. stoljeća u Motoroli, a danas se uspješno primjenjuje u procesima poboljšavanja velikih poslovnih sustava. Primjena Six Sigma metodologije rezultira visokom razinom sukladnosti, povećanom sposobnošću procesa, smanjenim troškovima i povećanom profitabilnošću kao temeljnim odlikama konkurentnosti. Analizom teorije, kao i dosadašnjih istraživanja uočen je nedostatak modela za potpuno upravljanje kvalitetom koji bi rezultirao optimizacijom procesa tiska. S obzirom da se Six Sigma metodologija pokazala prikladnom za optimizaciju u različitim proizvodnim industrijama, cilj ovog rada bio je napraviti model za optimizaciju procesa tiska na načelima Six Sigme. Takav model omogućava kontinuirano ostvarivanje stabilnih i predvidivih rezultata, odnosno smanjuje mogućnost varijabilnosti procesa. Oblikovanje novog modela baziranog na načelima Six Sigme zasnivalo se na detekciji i grupiranju mogućih točaka u procesu tiska koje bi dovele do varijacija u proizvodnji, a time i na samom proizvodu. S obzirom da je Six Sigma statistička mjera funkcioniranja procesa, te joj je osnovna namjera mjerenje varijabilnosti procesa, praćenje promjena razine sigme poslužilo je kao indikator promjena u procesu. Stoga je bilo potrebno definirati moguće granice varijabilnosti u procesu, pa su se u tu svrhu odredili funkcionalni zahtjevi proizvoda. Za svaki funkcionalni zahtjev proizvoda definirale su se metode kontrole i kritične karakteristike proizvoda koje su se analizirale, te grupirale prema kategorijama uzroka. Također se definirao maksimalan opseg svake karakteristike određen donjom i gornjom granicom tolerancije, te točke kritične za kvalitetu.

U prvom dijelu istraživanja analiziran je nulti proces da se utvrdi da li je proces u stanju statističke kontrole procesa, da li je normalno distribuiran i ispravno centriran u odnosu na definiranu i praćenu karakteristiku proizvoda. U analizi nultog procesa akcent je bio na izračunu trenutne razine sigme i preliminarne sposobnosti procesa. U drugom dijelu istraživanja definirani su funkcionalni zahtjevi proizvoda, kritične karakteristike proizvoda i točke kritične za kvalitetu, te je provedena skupna analiza 27 parcijalnih procesa. Na kraju je na osnovu dobivenih rezultata istraživanja napravljeno modeliranje i testiranje novog optimizacijskog modela. Okosnica izrade modela bilo je generiranje optimizacijske jednadžbe gdje je uzeto generiranje funkcije u ovisnosti o tri varijable. Odabrana metoda najmanjih kvadrata se uspostavila kao dobra aproksimacija krivulje s odstupanjem manjim od 1%.

**Ključne riječi:** proces tiska, optimizacija, Six Sigma, SPC, varijabilnosti u procesu

## **ABSTRACT**

As a comprehensive methodology for quality improvement Six Sigma began its rapid development in the 1980s in Motorola, and today is successfully applied for improvements in the processes of large enterprise systems. The application of the Six Sigma methodology resulted in a high level of compliance an increased process capability, the reduction of costs and increased profitability as a fundamental feature of competitiveness. Considering the fact that the analysis of a theory and previous research observed the lacks of models for total quality control that would result in optimizing the printing process, and that the Six Sigma methodology has proved suitable for optimization in various production industries, the aim of this study was to create a new model for optimization of the printing process based on the principles of Six Sigma. This model allows continuous achievement of stable and predictable results, and reduces process variability. Design of a new model based upon the principles of Six Sigma rests upon the detection and grouping of possible points in the printing process (Critical To Quality), leading to variations in production, and thus the product itself. With regard to the fact that Six Sigma is a statistical measure of process functioning i.e. it is an indicator of variations in the process, and it is the basic intention of measuring the variability of the process, the monitoring the changes in the value of sigma has served as an indicator of changes in the process. It was therefore necessary to define the limits of possible variation in the process, so functional requirements of the products were determined for this purpose, defining the methods of control and the critical characteristics of the products which was analyzed and grouped according to cause categories. Defined is also a maximum range of each characteristic determined by the lower and upper limit of tolerance, and critical to quality points. The first part of the research focuses on the analysis of the zero process to determine whether the process is in a state of statistical process control, and whether it is normally distributed and properly aligned with respect to a defined and observed characteristics of the product. In the analysis of the zero process the accent was set upon the calculation of the current level of sigma and preliminary process capability. In the second part of the research functional requirements of the products were defined, critical products characteristics and critical to quality points described, and 27 – pooled process analysis conducted. Finally, a new optimization model was designed based on the results of the research, as well as tested. The backbone of model design was to generate an equation where the generation function is taken as a function of three variables. The chosen method of least squares is established as a good approximation of the curve with deviation less than 1%.

**Keywords:** printing process, optimization, Six Sigma principles, SPC, process variability



# SADRŽAJ

Sažetak .....	I
Abstract .....	II
Popis slika .....	VI
Popis tablica .....	IX
Popis priloga .....	XI
Popis oznaka .....	XII
Popis kratica .....	XIV
<b>I. OPĆI DIO</b>	
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Utvrđivanje područja i definiranje problema istraživanja .....	1
1.2. Svrha, ciljevi i hipoteze rada .....	3
1.3. Izvori i metode rada .....	4
1.4. Struktura rada .....	6
1.5. Očekivani doprinos rada .....	8
1.6. Dosadašnja istraživanja i spoznaje o primjeni Six Sigme u proizvodnji .....	8
<b>2. TEMELJNA OBILJEŽJA SIX SIGMA METODOLOGIJE .....</b>	<b>14</b>
2.1. Načela Six Sigma metodologije .....	14
2.2. Statistička obilježja Six Sigma metodologije .....	15
2.2.1. Varijacije u procesima .....	16
2.2.2. Standardno odstupanje $\sigma$ – mjera varijacije .....	17
2.2.3. Sigma kao mjera sposobnosti procesa .....	18
2.3. Six Sigma metode .....	19
2.4. Six Sigma metrika .....	21
<b>3. KVALITETA – IMPERATIV MODERNE GRAFIČKE PROIZVODNJE .....</b>	<b>24</b>
3.1. Definicija kvalitete u grafičkoj proizvodnji .....	24
3.2. Pokazatelji kvalitete u grafičkoj proizvodnji .....	25
3.3. Upravljanje kvalitetom u grafičkoj proizvodnji .....	27
<b>II. EKSPERIMENTALNI DIO</b>	
<b>4. METODOLOŠKI OKVIR .....</b>	<b>32</b>
4.1. Princip ofsetnog tiska .....	32
4.2. Analiza nultog procesa .....	35
4.2.1. Analiza varijabli $X_1, X_2, Z_1, Z_2, W_4$ i $W_5$ .....	38
4.2.2. Analiza varijable $W_1$ .....	40
4.2.3. Analiza varijable $W_2$ .....	42
4.2.4. Analiza varijable $W_3$ .....	44
4.2.5. Analiza varijable $C40$ .....	46

4.2.6. Analiza varijable M40.....	48
4.2.7. Analiza varijable Y40.....	50
4.2.8. Analiza varijable K40.....	52
4.2.9. Analiza varijable C80.....	54
4.2.10. Analiza varijable M80.....	56
4.2.11. Analiza varijable Y80.....	58
4.2.12. Analiza varijable K80.....	60
4.2.13. Analiza varijable C100.....	62
4.2.14. Analiza varijable M100.....	64
4.2.15. Analiza varijable Y100.....	66
4.2.16. Analiza varijable K100.....	68
4.3. Izračun razine sigme nultog procesa.....	70
4.4. Izračun preliminarne sposobnosti nultog procesa.....	72
4.5. Definiranje funkcionalnih zahtjeva proizvoda.....	74
4.6. Definiranje kritičnih karakteristika proizvoda.....	76
4.6.1. Prirast rastertonskih vrijednosti.....	77
4.6.2. Registar tiska ili paser.....	78
4.6.3. Geometrijske deformacije rasterskih elemenata.....	78
4.6.4. Sivi balans.....	79
4.6.5. Registar savijanja papira.....	80
4.6.6. Registar rezanja papira.....	80
4.6.7. Otiranje otiska.....	80
4.7. Definiranje točaka kritičnih za kvalitetu.....	81
4.7.1. Temperatura bojila.....	82
4.7.2. Temperatura otopine za vlaženje.....	82
4.7.3. Kiselost otopine za vlaženje.....	83
4.8. Preliminarne aktivnosti pokusa.....	84
4.8.1. Definiranje metoda pokusa.....	84
4.8.2. Definiranje instrumenata pokusa.....	85
4.8.2.1. Stripovi za kontrolu i vođenje tiska.....	85
4.8.2.2. Mjerni instrumenti.....	86
4.8.2.3. Softveri.....	87
4.8.3. Definiranje uzorka pokusa.....	87
4.8.3.1. Definiranje faktora višekriterijske analize.....	87
4.8.3.1.1. Definiranje ulaznih faktora višekriterijske analize.....	89
4.8.3.1.2. Definiranje kontroliranih faktora višekriterijske analize.....	90
4.8.3.1.3. Definiranje nekontroliranih faktora višekriterijske analize.....	91
4.8.3.1.4. Definiranje izlaznog faktora višekriterijske analize.....	91
4.8.3.2. Oblikovanje plana pokusa.....	92
4.8.3.2.1. Definiranje faktorskih kombinacija optimizacijskog modela.....	92

4.8.3.2.2. Definiranje broja eksperimentalnih ponavljanja .....	94
4.8.3.2.2. Definiranje plana uzorkovanja .....	95
<b>5. MODELIRANJE.....</b>	<b>97</b>
<b>5.1. Skupna analiza 27 parcijalnih procesa .....</b>	<b>97</b>
<b>5.2. Testiranje značajnosti parametara u modelu .....</b>	<b>101</b>
<b>5.3. Aproksimacija funkcije modela .....</b>	<b>105</b>
<b>5.4. Izrada modela .....</b>	<b>107</b>
5.4.1. Generiranje optimizacijske jednadžbe .....	107
5.4.2. Pristup problemu .....	108
5.4.3. Matlab kod.....	115
<b>5.5. Rezultati .....</b>	<b>119</b>
<b>5.6. Provjera modela.....</b>	<b>118</b>
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>128</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>135</b>
<b>Prilog A .....</b>	<b>i</b>
<b>Prilog B .....</b>	<b>vi</b>
<b>Životopis.....</b>	<b>lxxvii</b>
<b>Popis radova.....</b>	<b>lxxviii</b>

## POPIS SLIKA

<i>Slika 1-1. Six Sigma kao poveznica kvalitete gotovog proizvoda i proizvodnog procesa</i> .....	1
<i>Slika 2-1. Six Sigma razdioba</i> .....	16
<i>Slika 4-1. Tijek istraživanja</i> .....	32
<i>Slika 4-2. Presjek tiskovne forme za ofsetni tisak</i> .....	33
<i>Slika 4-3. Princip rada stroja za ofsetni tisak</i> .....	33
<i>Slika 4-4. Redoslijed otiskivanaj boja u višebojnom ofsetnom tisku</i> .....	34
<i>Slika 4-5. Histogram distribucije varijable <math>W_1</math></i> .....	41
<i>Slika 4-6. Dijagram rasipanja varijable <math>W_1</math></i> .....	41
<i>Slika 4-7. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>W_1</math></i> .....	41
<i>Slika 4-8. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>W_1</math></i> .....	42
<i>Slika 4-9. Histogram distribucije varijable <math>W_2</math></i> .....	43
<i>Slika 4-10. Dijagram rasipanja varijable <math>W_2</math></i> .....	43
<i>Slika 4-11. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>W_2</math></i> .....	43
<i>Slika 4-12. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>W_2</math></i> .....	44
<i>Slika 4-13. Histogram distribucije varijable <math>W_3</math></i> .....	45
<i>Slika 4-14. Dijagram rasipanja varijable <math>W_3</math></i> .....	45
<i>Slika 4-15. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>W_3</math></i> .....	45
<i>Slika 4-16. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>W_3</math></i> .....	46
<i>Slika 4-17. Histogram distribucije varijable <math>C40</math></i> .....	47
<i>Slika 4-18. Dijagram rasipanja varijable <math>C40</math></i> .....	47
<i>Slika 4-19. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>C40</math></i> .....	47
<i>Slika 4-20. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>C40</math></i> .....	48
<i>Slika 4-21. Histogram distribucije varijable <math>M40</math></i> .....	49
<i>Slika 4-22. Dijagram rasipanja varijable <math>M40</math></i> .....	49
<i>Slika 4-23. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>M40</math></i> .....	49
<i>Slika 4-24. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>M40</math></i> .....	50
<i>Slika 4-25. Histogram distribucije varijable <math>Y40</math></i> .....	51
<i>Slika 4-26. Dijagram rasipanja varijable <math>Y40</math></i> .....	51
<i>Slika 4-27. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>Y40</math></i> .....	51
<i>Slika 4-28. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>Y40</math></i> .....	52
<i>Slika 4-29. Histogram distribucije varijable <math>K40</math></i> .....	53
<i>Slika 4-30. Dijagram rasipanja varijable <math>K40</math></i> .....	53
<i>Slika 4-31. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>K40</math></i> .....	53
<i>Slika 4-32. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>K40</math></i> .....	54
<i>Slika 4-33. Histogram distribucije varijable <math>C80</math></i> .....	55
<i>Slika 4-34. Dijagram rasipanja varijable <math>C80</math></i> .....	55
<i>Slika 4-35. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable <math>C80</math></i> .....	55
<i>Slika 4-36. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable <math>C80</math></i> .....	56
<i>Slika 4-37. Histogram distribucije varijable <math>M80</math></i> .....	57

<i>Slika 4-38. Dijagram rasipanja varijable M80.....</i>	<i>57</i>
<i>Slika 4-39. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable M80.....</i>	<i>57</i>
<i>Slika 4-40. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable M80.....</i>	<i>58</i>
<i>Slika 4-41. Histogram distribucije varijable Y80.....</i>	<i>59</i>
<i>Slika 4-42. Dijagram rasipanja varijable Y80.....</i>	<i>59</i>
<i>Slika 4-43. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable Y80.....</i>	<i>59</i>
<i>Slika 4-44. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable Y80.....</i>	<i>60</i>
<i>Slika 4-45. Histogram distribucije varijable K80.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 4-46. Dijagram rasipanja varijable K80.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 4-47. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable K80.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 4-48. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable K80.....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 4-49. Histogram distribucije varijable C100.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 4-50. Dijagram rasipanja varijable C100.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 4-51. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable C100.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 4-52. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable C100.....</i>	<i>64</i>
<i>Slika 4-53. Histogram distribucije varijable M100.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 4-54. Dijagram rasipanja varijable M100.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 4-55. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable M100.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 4-56. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable M100.....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 4-57. Histogram distribucije varijable Y100.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 4-58. Dijagram rasipanja varijable Y100.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 4-59. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable Y100.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 4-60. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable Y100.....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 4-61. Histogram distribucije varijable K100.....</i>	<i>69</i>
<i>Slika 4-62. Dijagram rasipanja varijable K100.....</i>	<i>69</i>
<i>Slika 4-63. <math>\bar{X}</math> – R kontrolne karte varijable K100.....</i>	<i>69</i>
<i>Slika 4-64. Krivulja realne reprodukcije i prirasta RTV-a.....</i>	<i>77</i>
<i>Slika 4-65. Tiskovna jedinica u ofsetnom tisku.....</i>	<i>81</i>
<i>Slika 4-66. Preliminarne aktivnosti pokusa.....</i>	<i>84</i>
<i>Slika 4-67. KBA Rapida 105.....</i>	<i>84</i>
<i>Slika 4-68. Primjer mjernog stripa za kontrolu balansa nanosa boje.....</i>	<i>85</i>
<i>Slika 4-69. Korišteni mjerni strip KBA strip K C215.....</i>	<i>85</i>
<i>Slika 4-70. Primjer mjernog stripa za kontrolu sivog balansa.....</i>	<i>85</i>
<i>Slika 4-71. Primjeri signalnih stripova za kontrolu geometrijskih deformacija rasterskih elemenata.....</i>	<i>86</i>
<i>Slika 4-72. Signalni strip za kontrolu pasera.....</i>	<i>86</i>
<i>Slika 4-73. Sablja Dostmann P300W.....</i>	<i>86</i>
<i>Slika 4-74. Densitometar TECHKON SpectroDens D-61462 A603013 Advanced.....</i>	<i>87</i>
<i>Slika 4-75. KBA Raoida 105 DensiTronic.....</i>	<i>87</i>
<i>Slika 4-76. Shematski prikaz modela procesa.....</i>	<i>88</i>
<i>Slika 5-1. Histogram distribucije izlazne vrijednosti Y.....</i>	<i>101</i>

<i>Slika 5-2. Dijagram rasipanja izlazne vrijednosti <math>Y</math> .....</i>	101
<i>Slika 5-3. Shematski prikaz sustava generiranja optimizacijske jednadžbe .....</i>	108
<i>Slika 5-4. Najpovoljnija aproksimacija početnih vrijednosti konstanti .....</i>	119
<i>Slika 5-5. Konačne vrijednosti konstanti .....</i>	120
<i>Slika 5-6. Prikaz dobivenih i očekivanih rezultata .....</i>	120
<i>Slika 5-7. Postotna vrijednost odstupanja za različite vrijednosti ulaza u modelu .....</i>	121
<i>Slika 5-8. Pogreška s isključenom varijablom <math>W_1</math> .....</i>	122
<i>Slika 5-9. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom <math>W_1</math> .....</i>	123
<i>Slika 5-10. Pogreška s isključenom varijablom <math>W_2</math> .....</i>	124
<i>Slika 5-11. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom <math>W_2</math> .....</i>	124
<i>Slika 5-12. Pogreška s isključenom varijablom <math>W_3</math> .....</i>	125
<i>Slika 5-13. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom <math>W_3</math> .....</i>	126
<i>Slika 5-14. Pogreška u modelu .....</i>	126
<i>Slika 5-15. Histogram distribucije vrijednosti pogreške u modelu .....</i>	127

## POPIS TABLICA

<i>Tablica 1-1. Uštede primjenom Six Sigme u različitim industrijama</i> .....	9
<i>Tablica 2-1. Odnos varijacija u procesu i troška loše kvalitete</i> .....	17
<i>Tablica 2-2. Modaliteti Six Sigma metoda</i> .....	20
<i>Tablica 3-1. Osnovne ISO norme u grafičkoj proizvodnji</i> .....	25
<i>Tablica 3-2. Procesi upravljanja kvalitetom</i> .....	28
<i>Tablica 4-1. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>X_1</math></i> .....	39
<i>Tablica 4-2. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>X_2</math></i> .....	39
<i>Tablica 4-3. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>Z_1</math></i> .....	40
<i>Tablica 4-4. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>Z_2</math></i> .....	40
<i>Tablica 4-5. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>W_4</math></i> .....	40
<i>Tablica 4-6. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>W_5</math></i> .....	40
<i>Tablica 4-7. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>W_1</math></i> .....	40
<i>Tablica 4-8. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>W_2</math></i> .....	42
<i>Tablica 4-9. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>W_3</math></i> .....	44
<i>Tablica 4-10. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>C40</math></i> .....	46
<i>Tablica 4-11. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>M40</math></i> .....	48
<i>Tablica 4-12. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>Y40</math></i> .....	50
<i>Tablica 4-13. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>K40</math></i> .....	52
<i>Tablica 4-14. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>C80</math></i> .....	54
<i>Tablica 4-15. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>M80</math></i> .....	56
<i>Tablica 4-16. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>Y80</math></i> .....	58
<i>Tablica 4-17. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>K80</math></i> .....	60
<i>Tablica 4-18. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>C100</math></i> .....	62
<i>Tablica 4-19. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>M100</math></i> .....	64
<i>Tablica 4-20. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>Y100</math></i> .....	66
<i>Tablica 4-21. Vrijednosti deskriptivne analize varijable <math>K100</math></i> .....	68
<i>Tablica 4-22. Izračun trenutne razine sigme nultog procesa</i> .....	71
<i>Tablica 4-23. Indeksi preliminarnе sposobnosti nultog procesa</i> .....	73
<i>Tablica 4-24. Funkcionalni zahtjevi proizvoda</i> .....	75
<i>Tablica 4-25. Faktori višekriterijske analize</i> .....	89
<i>Tablica 4-26. Kombinacije trijasa optimizacijskih faktora</i> .....	93
<i>Tablica 4-27. Numeričke vrijednosti kombinacija trijasa optimizacijski faktora</i> .....	94
<i>Tablica 5-1. Trenutne razine sigmi 27 parcijalnih procesa</i> .....	98
<i>Tablica 5-2. Vrijednosti deskriptivne analize izlazne vrijednosti <math>Y</math></i> .....	101
<i>Tablica 5-3. Testiranje značajnosti varijable <math>X_1</math> u modelu</i> .....	102
<i>Tablica 5-4. Testiranje značajnosti varijable <math>X_2</math> u modelu</i> .....	102
<i>Tablica 5-5. Testiranje značajnosti varijable <math>W_4</math> u modelu</i> .....	103
<i>Tablica 5-6. Testiranje značajnosti varijable <math>W_5</math> u modelu</i> .....	103
<i>Tablica 5-7. Testiranje značajnosti varijable <math>Z_1</math> u modelu</i> .....	103

<i>Tablica 5-8. Testiranje značajnosti varijable <math>Z_2</math> u modelu.....</i>	<i>103</i>
<i>Tablica 5-9. Testiranje utjecaja varijable <math>W_1</math> na izlaznu vrijednost <math>Y</math>.....</i>	<i>104</i>
<i>Tablica 5-10. Testiranje utjecaja varijable <math>W_2</math> na izlaznu vrijednost <math>Y</math>.....</i>	<i>105</i>
<i>Tablica 5-11. Testiranje utjecaja varijable <math>W_3</math> na izlaznu vrijednost <math>Y</math>.....</i>	<i>105</i>
<i>Tablica 5-12. Ulazne značajke u matematičkom algoritmu.....</i>	<i>108</i>



## **POPIS PRILOGA**

<i>PRILOG A</i> .....	i
<i>PRILOG B</i> .....	vi

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Značenje oznake
A	Matrica konstanti od $c_1$ do $c_6$
B	Vektor konstanti od $c_7$ do $c_9$
C	Konstanta $c_{10}$
dH [°]	Tvrdoća otopine
E	Očekivanje
G	Ukupan broj proizvoda (izlaza iz procesa)
H [%]	Vlažnost
H <sup>+</sup>	Vodikovi ioni
K	Faktor korekcije necentriranosti
k	Broj faktora
$k\sigma$	Trenutna razina sigme procesa
LCL	Gornja kontrolna granica (engl. <i>Upper Control Limit</i> )
LSL	Donja granica tolerancije (engl. <i>Lower Specification Limit</i> )
N	Broj eksperimentalnih ponavljanja
n	Broj ponavljanja u središtu
pH	Kiselost otopine
$P_p$	Potencijalna sposobnost procesa
$P_{pk}$	Demonstrirana izvrsnost
$P_{pl}$	Donja potencijalna sposobnost
$P_{pu}$	Gornja potencijalna sposobnost
$P_r$	Omjer sposobnosti
T	Tolerancija između granica (engl. <i>Tolerance</i> )
T [°C]	Temperatura
TV	Ciljana vrijednost (engl. <i>Target Value</i> )
UCL	Donja kontrolna granica (engl. <i>Lower Control Limit</i> )
USL	Gornja granica tolerancije (engl. <i>Upper Specification Limit</i> )
W	Vektor ulaznih vrijednosti
$\bar{x}$	Srednja vrijednost
$x_{imax}$	Gornja razina variranja faktora
$x_{imin}$	Donja razina variranja faktora
Y	Vektor izlaznih vrijednosti
z	Broj zahtjeva
$\alpha$	Vjerojatnost

$\delta$	Pogreške po primjerku
$\varepsilon$	Broj pogrešaka za definiran zahtjev; pogreška u modelu
$\varepsilon_i$	Greška ili odstupanje od aproksimacije
$\eta$	Hipotetička veličina funkcije
$\lambda$	Valna dužina svjetlosti
$\sigma$	Razina sigme procesa; standardno odstupanje normalne razdiobe
$\sigma^2$	Varijanca
$\sigma_0$	Rasipanje procesa

## POPIS KRATICA

<b>Kratika</b>	<b>Značenje kratice</b>
ABM	Activity Based Management
ASQ	American Society for Quality
CIE	Commission Internationale de L'Eclairage
CMYK	Cijan, magenta, žuta, crna boja
CODND	Cost of Doing Nothing Different
COPQ	Cost Of Poor Quality
CPC	Critical Product Characteristic
CTQ	Critical To Quality
DCCDI	Define – Customer – Concept – Design – Implement
DCDOV	Define – Customer – Design – Optimize – Verify
DCOV	Define – Characterize – Optimize – Verify
DFSS	Design For Six Sigma
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMADV	Define – Measure – Analyse – Design – Verify
DMADIC	Define – Measure – Analyse – Design – Implement – Verify
DMADOV	Define – Measure – Analyse – Design – Optimize – Verify
DMAIC	Define – Measure – Analyse – Improve – Control
DMAIIC	Define – Measure – Analyse – Improve – Implement – Control
DMCDOV	Define – Measure – Characterize – Design – Optimize – Verify
DMEDI	Define – Measure – Explore – Develop – Implement
DMEDVI	Define – Measure – Explore – Design – Validate – Implement
DPMO	Defects Per Million Opportunities
DPO	Defect Per Opportunity
DPU	Defects Per Unit produced
FPY	First Pass Yield
FTY	First Time Yield
HQV	Honeywell Quality Value
IDOV	Identify – Design – Optimize – Verify
IEC	International Electrotechnical Commission
IIDOV	Invent - Innovate – Develop – Optimize – Verify

ISO	International Organization for Standardization
KPIVs	Key Process Input Variables
KPOVs	Key Process Output Variables
MAD	Mean Absolute Deviation
PCIs	Process Capability Indices
PDCA krug	Plan – Do – Check – Act krug
PPM	Part Per Million
RCI	Requirement – Concept – Improvement
RTV	Rastertonska vrijednost
RTY	Rolled Throughput Yield
S <sup>4</sup>	Smarter Six Sigma Solutions
SMART goals	Specific – Measurable – Attainable – Realistic – Time goals
SPC	Statistical Process Control
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
WCM	World Class Manufacturing

## ***I. Opći dio***

## 1. UVOD

*„Smanjenje varijacija je ključ za kvalitetu.“*

*„Svi procesi su osjetljivi na gubitak kvalitete kroz varijacije: ako se razinama varijacije upravlja, one se smanjuju, a kvaliteta raste.“*

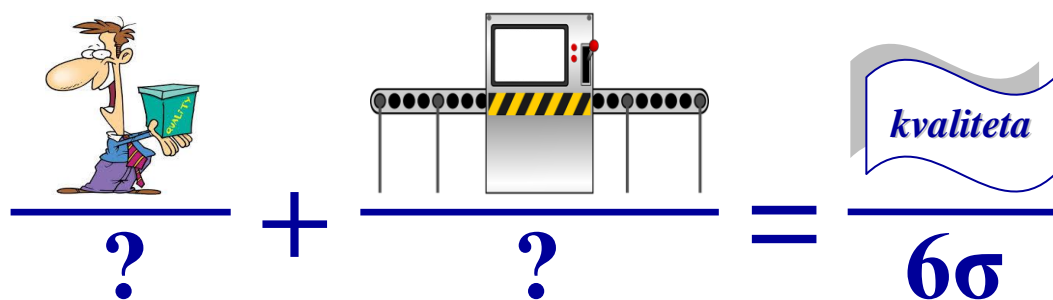
W. Edwards Deming

*„Kupci vide greške, a ne uzroke“*

General Electric

### 1.1. Utvrđivanje područja i definiranje problema istraživanja

Suvremeno grafičko proizvodno okruženje u čijem je središtu kupac, zahtijeva visoku kvalitetu uz što niže troškove čime primorava grafička poduzeća da uvedu sustav za potpuno upravljanje kvalitetom koji bi poboljšao proces i smanjio varijabilnosti. S obzirom na specifičnosti grafičke proizvodnje ukazala se potreba za oblikovanje modela za potpuno upravljanje kvalitetom. Novi model bi ujedno trebao omogućiti optimizaciju proizvodnog procesa tiska, u sebi integrirati najbolje elemente Six Sigme, ali imati polazište u kupčevom percipiranju kvalitete (slika 1-1). Uvođenjem takvog modela, optimizirani proizvodni proces tiska zasnivao bi se na sustavnom i preventivnom pristupu s ciljem upravljanja varijacijama u svim fazama procesa da se pogreške u toku procesa ne bi multiplicirale što bi se odražavalo na kvalitetu konačnog proizvoda. Da bi se oblikovao takav model za potpuno upravljanje kvalitetom, bit će potrebno utvrditi i grupirati moguće točke u procesu tiska koje bi dovele do varijacija u proizvodnji.



Slika 1-1. Six Sigma kao poveznica kvalitete gotovog proizvoda i proizvodnog procesa

Kvaliteta je imperativ moderne grafičke proizvodnje i predstavlja proizvodnju bez grešaka i kontinuirano poboljšavanje, pa je stoga potrebno napraviti odmak od klasičnog pristupa kvaliteti koji se temelji na primjeni ISO normi i standardizaciji tiska. Sustavni pristup kvaliteti temelji se na potpunom upravljanju kvalitetom u procesa tiska, te se on kroz optimizaciju

usmjerava prema ispunjenju utvrđenih zahtjeva. S obzirom da se sve faze proizvodnog procesa tiska mogu kontrolirati, mjeriti, analizirati, vrednovati, a samim time i unaprjeđivati, model temeljen na načelima Six Sigme omogućava kontinuirano ostvarivanje stabilnih i predvidivih rezultata, odnosno smanjuje mogućnost varijabilnosti procesa. Takav proaktivan pristup ima direktan utjecaj na uspješnost kako same proizvodnje i zadovoljstva kupca, tako i ukupnog poslovanja poduzeća.

Analiza recentne literature pokazala je da do sada nije oblikovan model baziran na načelima Six Sigme kojim bi se potpuno upravljalo kvalitetom procesa tiska (*vidi poglavlja 1.6., 3.2. i 3.3.*) i time varijacije smanjile na minimum. Uočene su brojne uporabe različitih alata i tehnika za upravljanje kvalitetom (*vidi poglavlje 3.3.*), no model koji bi povezo kupca, ulaze u proces, sam proces i izlaze iz procesa kroz jedinstveni numerički pokazatelj kvalitete bio bi novina u grafičkoj proizvodnji. Također je uočeno da se dosadašnje upravljanje procesom i njegovo optimiziranje vršilo parcijalnim aktivnostima od kojih je većina u pripremi proizvodnje, te postupcima standardizacije (*vidi poglavlje 3.3.*).

Područje izučavanja Six Sigma metodologije izuzetno je široko. Six Sigma promatra se kao poslovna filozofija, upravljačka strategija, te metoda za upravljanje kvalitetom. Za potrebe ovog rada fokus će biti na osnovnoj namjeni Six Sigme, a to je mjerenje varijabilnosti procesa u funkciji mjerenja razine kvalitete (razina sigme procesa, indeksi sposobnosti procesa i Six Sigma metrika). Stoga će i osnovne teorijske postavke i saznanje biti opisani samo iz tog aspekta kako se ne bi previše ulazilo u širinu Six Sigma koncepta (*vidi poglavlje 2.*).

Kada se govori o Six Sigmi potrebno je istaknuti da je ona istodobno poslovna strategija, ali i metoda unaprjeđivanja kvalitete. Za nju su karakteristična različita mjerenja i uporaba brojčanih pokazatelja, a kao metrika Six Sigma je statistička mjera funkcioniranja procesa tj. indikator je varijacija u procesu. S obzirom da joj je osnovna namjera mjerenje varijabilnosti procesa, praćenje promjena razine sigme (*vidi poglavlje 2.2.*) odlično može poslužiti kao indikator promjena u procesu, ali i kvantificirati atributivna obilježja kvalitete (*vidi poglavlja 4.3. i 5.1.*). Na taj način se omogućavaju rješenja za postizanje definiranih ciljeva što je i suština optimizacije jer se svaka varijanta vrednuje odabranim mjerilima za odabrane kriterije, te se pomoću metoda višekriterijske analize bira najbolja tj. optimalna.

Tako je za potrebe ovog doktorskog rada postavljeno sljedeće istraživačko pitanje: *„Može li se oblikovati model za potpuno upravljanje kvalitetom procesa tiska koji će polazište imati u kupčevom atributivnom poimanju kvalitete iskazanom kvantificiranom vrijednoću?“*



Važnost pronalaska odgovora na ovo postavljeno pitanje ogleda se u činjenici da je ostvarivanje konkurenstke prednosti balans između *lean* procesa sa čim manjim varijacijama u procesu, a time i troškovima, i kupčevog zadovoljstva.

## 1.2. Svrha, ciljevi i hipoteze rada

Iz definiranog problema istraživanja i postavljenog istraživačkog pitanja, proizlazi i osnovna svrha rada. Njegova je misija proširiti postojeće i ponuditi nove spoznaje u području potpunog upravljanja kvalitetom u grafičkoj proizvodnji, na način da se napravi odmak od dosadašnjih spoznaja i pristupa istome. Unaprijeđenje teorijskih i praktičnih spoznaja omogućit će pružanje novih rješenja i bolje razumijevanje potpunog upravljanja kvalitetom tiska.

Iz definirane svrhe prizlazi i glavni cilj istraživanja: *“sintezom teorijskih i empirijskih spoznaja razjasniti povezanost kvalitete iz aspekta kupca, ulaze u proces, sam proces i izlaze iz procesa, objediniti ih u jedinstveni numerički pokazatelj kvalitete, te na osnovu njega napraviti model potpunog upravljanja kvalitetom na načelima Six Sigme kojim će se optimizirati proces tiska”*. U oblikovanju modela nastojat će se mjerljivim numeričkim vrijednostima povezati kupčevo percipiranje kvalitete proizvoda koje je atributivno, sa sposobnostima procesa čiji se izlaz nastoji maksimizirati, tj. doseći razinu od šest sigma.

Glavni cilj istraživanja može se raščlaniti na nekoliko znanstvenih i aplikativnih ciljeva koje će ovaj doktorski rad nastojati ostvariti.

Pod znanstvenim ciljevima podrazumijevaju se sljedeći:

- sustavno prikazati i kritički se osvrnuti na dosadašnje spoznaje u području potpunog upravljanja kvalitetom grafičke proizvodnje, posebno procesa tiska
- utvrditi i grupirati moguće točke u procesu tiska koje bi dovele do varijacija u proizvodnji
- definirati moguće granice varijabilnosti u procesu tiska
- definirati funkcionalne zahtjeve proizvoda, kao i metode kontrole istih
- utvrditi kritične karakteristike proizvoda
- definirati maksimalni opseg svake karakteristike određen donjom i gornjom granicom tolerancije
- oblikovati i testirati model za optimizaciju procesa tiska baziran na načelima Six Sigme.

Osim naglaska na teoriju i razvoj znanosti, važno je da rad ima i svoju aplikativnu svrhu kroz objedinjenje teorije i prakse. Stoga su praktični ciljevi istraživanja sljedeći:

- utvrditi kritične točke za kvalitetu u procesu tiska
- dati smjernice za prilagodbu novog modela za optimizaciju procesa tiska baziranog na načelima Six Sigme.

S obzirom da hipoteze proizlaze iz ciljeva istraživanja, predstavljajući odnose između različitih varijabli ili događaja, svrha im je testiranje novih teorijskih pretpostavki koje mogu biti prihvaćene, revidirane ili odbijene. Stoga su glavne hipoteze ovog rada sljedeće:

**H1:** utvrđivanjem sposobnosti procesa i trenutne razine sigme moguće je oblikovati model potpunog upravljanja kvalitetom kojim bi se optimizirao proces tiska

**H2:** u grafičkim poduzećima postoji potreba za modelom potpunog upravljanja kvalitetom kojim bi se optimizirao proces tiska

**H3:** u grafičkim poduzećima postoje preduvjeti za implementaciju modela za optimizaciju procesa tiska kroz potpuno upravljanje kvalitetom na načelima Six Sigme

**H4:** predloženim modelom za potpuno upravljanje kvalitetom optimizirat će se proces tiska.

### 1.3. Izvori i metode rada

Analizom teorije, kao i dosadašnjih istraživanja uočen je nedostatak modela za potpuno upravljanje kvalitetom koji bi rezultirao optimizacijom procesa tiska (*vidi poglavlja 1.6. i 3.3.*). Stoga se ukazala potreba da se napravi istraživanje koje bi omogućilo oblikovanje modela koji ima za cilj održavati proizvodnju na način da svi parametri svakog pojedinačnog, kao i ukupnog procesa imaju valjanu vrijednost indeksa sposobnosti tj. da se upravlja procesom, te kroz analizu, sintezu i poboljšanja procesa potencijalne varijacije na proizvodu smanje.

S obzirom da je uobičajena metoda u postupcima modeliranja regresija tj. prilagodba u smislu najmanjih kvadrata, bit će primijenjena i u ovom radu. Kao prikladna pokazala se iz razloga jer ona modelira odnose između jedne ili više zavisnih varijabli i jedne ili više nezavisnih varijabli. U ovom slučaju jedna je zavisna varijabla (razina sigme procesa) i tri nezavisne varijable (temperatura bojila, temperatura otopine za vlaženje i kiselost otopine za vlaženje). Empirijsko istraživanje će se bazirati na utvrđivanju potencijala procesa i ispunjavanju

funkcije procesa preko indeksa preliminarne sposobnosti procesa i razine sigme kako bi bili utvrđeni svi utjecajni faktori varijacije procesa.

S obzirom na principe Six Sigma metodologije bit će potrebno definirati moguće granice varijabilnosti u procesu, pa će za utvrđivanje istoga biti određeni funkcionalni zahtjevi proizvoda za koje će se definirati metode kontrole i kritične karakteristike proizvoda (*CPC* ili *Critical Product Characteristic*) koje će biti analizirane, te grupirane prema kategorijama uzroka. Također će biti definiran maksimalan opseg svake karakteristike određen donjom i gornjom granicom tolerancije (*LSL* ili *Lower Specification Limit* i *USL* ili *Upper Specification Limit*) (vidi poglavlje 4.).

Razvoj novog modela na načelima Six Sigme temeljit će se na istraživanju koje će biti provedeno u tiskari na stvarnim proizvodnim tokovima ofsetnog tiska i to višebojne višetonske reprodukcije (više u poglavlju 4.). Kako bi se analizom nultog procesa utvrdile točke kritične za kvalitetu (*CTQ* ili *Critical To Quality*) mjerit će se sljedeće:

- **nezavisne varijable**

- temperatura papira
- vlažnost papira
- temperatura bojila
- viskoznost bojila
- temperatura otopine za vlaženje
- provodljivost otopine za vlaženje
- udio alkohola u otopini za vlaženje
- kiselost otopine za vlaženje (pH)
- tvrdoća otopine za vlaženje (dH)

- **zavisne varijable**

- prirast rastertonske vrijednosti u polju 40%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- prirast rastertonske vrijednosti u polju 80%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- gustoća obojenja u polju 100%-tnog nanosa boje za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- registar tiska (paser)
- sivi balans

- geometrijske deformacije rasterskog elementa (smicanje, dubliranje, razmazivanje)
- registar savijanja papira
- registar rezanja papira
- otiranje otiska.

Nadalje će biti napravljen izračun trenutne razine sigme ( $k\sigma$ ) kroz broj izlaza iz procesa, zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa i broj pogrešaka u procesima, te izračun preliminarne sposobnosti procesa.

Ovakav pristup računanja trenutne razine sigme direktno je vezan uz funkcionalne zahtjeve proizvoda i bazira se na broju proizvoda koji izlaze iz procesa, broju zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa i broju pogrešaka u procesima. Vrijednost trenutne razine sigme dobivena izračunom na osnovu gore navedenog skupa zavisnih varijabli bit će zavisna varijabla u optimizacijskom modelu.

Nezavisne varijable će biti odabrane na osnovu dosadašnjih teorijskih i empirijskih spoznaja (*vidi poglavlja 4.2. i 4.7.*), te primjenom statističkih alata.

Preliminarno procjenjivanje sposobnosti procesa provodi se na početku odvijanja procesa ili nakon relativno kratkog praćenja procesa i tu svrhu poslužit će nulti proces (*vidi poglavlje 4.1.*).

Na kraju će biti napravljena provjera novog modela (*vidi poglavlje 5.5.*).

Napomena: u radu će biti korišteni termini *parametar*, *varijabla* i *faktor*. Parametri su skup uvjeta neke vrijednosti tj. veličine o kojima ovisi funkcija i njezin oblik, a u radu označavaju veličine koje su mjerene da bi se dobili potrebni podaci o procesu. Za razliku od parametara, varijable su kvantitativne veličine, rezultat su statističkog pokusa i mogu poprimiti različite vrijednosti. S obzirom da numeričke vrijednosti varijabli mogu poprimiti različite vrijednosti, a i polazište su za oblikovanje modela, imaju utjecaj na model. Faktori su predmeti ili pojave koje imaju utjecaj na mjerenje ili na model.

#### **1.4. Struktura rada**

Područje izučavanja Six Sigma metodologije izuzetno je široko. Six Sigma promatra se kao poslovna filozofija, upravljačka strategija, te metoda za upravljanje kvalitetom. Za potrebe ovog rada fokus je bio na osnovnoj namjeni Six Sigme, a to je mjerenje varijabilnosti procesa u funkciji mjerenja razine kvalitete. Stoga su i osnovne teorijske postavke i saznanja opisani

samo iz tog aspekta kako se ne bi previše ulazilo u širinu Six Sigma koncepta (*vidi poglavlje 1.5. i 2.3.*).

Predložena doktorska disertacija sastoji se od šest poglavlja.

U *prvom, uvodnom poglavlju* predstavljeno je područje i problem istraživanja, postavljeni su cilj i hipoteze rada, kao i očekivani doprinosi rada. Također su predstavljene izvori i metode rada tj. osnovne konture metodološkog pristupa kojim je provedeno planirano empirijsko istraživanje, te je ukratko prikazana struktura rada. Na kraju poglavlja su opisana dosadašnja istraživanja i spoznaje o primjeni Six Sigme u proizvodnji u različitim industrijama.

U *drugom poglavlju* opisana je Six Sigma metodologija kao i načela Six Sigma metodologije s posebnim naglaskom na njezina statistička obilježja. Objasnjene su varijacije u procesima, standardno odstupanje ili mjera varijacije i sigma kao mjera sposobnosti procesa. Također su opisane Six Sigma metode, te Six Sigma metrika.

U *trećem poglavlju* definirana je kvaliteta u modernoj grafičkoj proizvodnji, s naglaskom na objašnjenju pokazatelja kvalitete u grafičkoj proizvodnji, te principa upravljanja kvalitetom iz aspekta planiranja, kontrole i poboljšanja kvalitete u grafičkoj proizvodnji.

U *četvrtom poglavlju* detaljno je iznesen metodološki okvir istraživanja s akcentom na analizi nultog procesa. Utvrđeno je da li je proces u stanju statističke kontrole procesa, da li je normalno distribuiran i centriran u odnosu na definirane i praćene karakteristike proizvoda. Također su napravljene izračuni razine sigme i preliminarne sposobnosti nultog procesa. Osim toga, u ovom poglavlju su definirani funkcionalni zahtjevi proizvoda, kao i kritične karakteristike proizvoda, te točke kritične za kvalitetu. Nadalje, opisan je princip ofsetnog tiska, te preliminarne aktivnosti pokusa, tj. definirane su metode, instrumenti i uzorak, te frekvencija uzorkovanja u pokusu.

U *petom poglavlju* je napravljena skupna analiza 27 parcijalnih procesa s akcentom na izračunu trenutne razine sigme procesa, te je napravljena deskriptivna analiza dobivenih izlaznih vrijednosti procesa. Nadalje je provedeno testiranje značajnosti varijabli u modelu čime je utvrđeno da niti jedna od konstanti nije statistički značajna u modelu. Statistička značajnost konstanti je dokazana Likelihood Ratio testom koji je pokazao da one nisu statistički značajne u modelu ( $p < 0.05$ ). Također je napravljen Wilcoxon test statističke značajnosti kojim je potvrđeno da sve tri odabrane varijable imaju utjecaj na izlaznu vrijednost procesa. Zatim je napravljena aproksimacija funkcije modela i izrada, te simulacija samog modela. U izradi modela posebna pažnja je posvećena generiranju optimizacijske

jednadžbe. Na kraju ovog poglavlja provedena je provjera modela na način da se vrijednost svake od triju varijabli zasebno u modelu postavljala kao nula.

U *šestom poglavlju* dan je zaključak utvrđen na osnovu provedenih istraživanja, te je iznijet znanstveni doprinos provedenog istraživanja i ovog rada koji se prvensveno bazira na činjenici da je razvijen novi model za potpuno upravljanje kvalitetom koji omogućava optimizaciju procesa tiska. Također, ponuđeni su savjeti za daljnja istraživanja u području koja bi se mogla nadovezati na postojeći rad, a sve u cilju daljnjeg poboljšanja upravljanja kvalitetom u procesu tiska, ali i grafičkoj proizvodnji općenito.

### **1.5. Očekivani doprinos rada**

Očekivani rezultati istraživanja doprinijet će sljedećem:

- definirat će se preduvjeti potrebni za potpuno upravljanje kvalitetom u procesu tiska, te kritične točke za kvalitetu u procesu tiska
- definirat će se novi pristup kontroli kvalitete i upravljanju kvalitetom u procesu tiska
- optimizirat će se parametri sposobnost procesa tiska u funkciji kvalitete
- razvit će se novi model za potpuno upravljanje kvalitetom koji omogućava optimizaciju procesa tiska.

Ovakav pristup kontroli kvalitete polazi od krajnjeg korisnika i njegovog zadovoljstva proizvodom tj. percepcije kvalitete koja se prevela u mjerljive attribute i kvantificirala u obliku zavisne varijable ili razine sigme procesa. Na taj način se kroz trilateralni pristup kvaliteti omogućio razvoj novog matematičkog modela kojim se dobiva optimalna kombinacija faktora koji utječu na izlaznu kvalitetu tj. razinu sigme.

### **1.6. Dosadašnja istraživanja i spoznaje o primjeni Six Sigme u proizvodnji**

Brojni su radovi u literaturi koji se bave upravljanjem kvalitetom u industrijskim poduzećima, međutim više su usmjereni na upravljanje kvalitetom kroz kontinuirano unaprjeđivanje kvalitete (*PDCA krug, Kaizen*), dok je istraživanje sustava za upravljanje kvalitetom više usmjereno na potpuno upravljanje kvalitetom (*Total Quality Management*) i primjenu normi (*ISO norme*) u svrhu standardizacije i optimizacije, a Six Sigma kao sustav koji se galopirajuće razvija od 80-ih godina prošlog stoljeća neopravdano je zapostavljena.

Six Sigma metodologija uspješno se primjenjuje u procesima poboljšavanja velikih poslovnih sustava (Pande et al., 2000; Breyfogle, 2003; Soderborg, 2004) što rezultira visokom razinom

sukladnosti, povećanom sposobnošću procesa, smanjenim troškovima i povećanom profitabilnošću kao temeljnim odlikama konkurentnosti (tablica 1-1).

Tablica 1-1. Uštede primjenom Six Sigme u proizvodnom sektoru

Kompanija	Mjera	Ušteda
Motorola	Razina pogrešaka u procesima Financije	Smanjenje 150 puta 15 milijardi USD u 11 godina
Raytheon Aircraft	Vrijeme utrošeno na inspekciju (u danima)	Smanjenje za 88%
General Electric/Railcar General Electric	Vrijeme povrata sa servisa Financije	Smanjenje za 62% 2 milijarde USD u 1 godini
Allied Signal/Honeywell/Laminates	Kapacitet/Vremenski ciklusi/Zalihe/Isporuka na vrijeme	Povećani za 50%/Smanjeni za 50%/Smanjene za 50%/Povećana na skoro 100%
Allied Signal/Honeywell/Bendix IQ	Ciklus isporučivanje	Smanjen s 18 na 8 mjeseci
Huges Aircraft	Kvaliteta/Produktivnost	Poboljšana 100%/Povećana 500%
Continental Taves	Stopa pogrešaka	Smanjena za skoro 50%
Bechtel Corporation	Stopa pogrešaka	Ušteda od 200 milijuna USD u 1 godini
IBM	Stopa poništenja narudžbi	Smanjena s 13% na 3%
Premier Jet	Produktivnost/Stopa pogrešaka	Povećana 51%/Smanjena 74%
AT&T Microelectronics	Kvaliteta	Troškovi kontrole smanjeni za 12%
Carolina Power and Light Co	Kvaliteta	Reducirana opstrukcija za 80%
Borg Warner Turbo Systems	Financije	1,2 milijuna USD godišnje
Honeywell	Financije	2 milijarde USD u 1 godini
Dow Chemical Company	Financije	Ušteda od 2,45 milijuna USD na glavnim rashodima
Du Pont	Financije	Ušteda više od 25 milijuna USD Povećanje dobiti za 1,6 milijardi USD u 14 godina
Telefonica de Espana	Financije	Povećanje prihoda za više od 30 milijuna Eura u prvih 10 mj.
Texas Instruments	Financije	600 milijuna USD
Johnson and Johnson	Financije	500 milijuna USD
Ford Motor Company	Financije	1,2 milijarde USD

Prilagođeno prema Kumar et. al, 2008 i Juran i Gryna, 1999.

Također, provedena je studija na trinaest visokoprofitnih kompanija iz različitih industrija, te je zaključeno da se ulaganje u Six Sigma programe vraća i više nego dvostruko (Kumar et al., 2008).

Six Sigma je prvi puta primijenjena u Motoroli s ciljem smanjenja grešaka u proizvodnji elektronskih komponenata i uređaja. Iako je originalna metodologija usmjerena na proizvodne procese, danas se primjenjuje i u procesima vezanim za servis, nabavu, marketing, financije i

dr. Primjena Six Sigme u Motoroli rezultirala je povećanjem dobiti od 15 milijardi u prvih 11 godina, rastom prodaje po stopi od 17% godišnje, smanjenjem troška kvalitete po jedinici proizvoda za više od 84%, te porastom proizvodnosti za 204%.

Toyota je još jedna pionirska kompanija u području primjene i razvoja Six Sigma metodologije. 60-ih godina prošlog stoljeća u Toyoti se razvila Lean proizvodnja s ciljem poboljšavanja i unapređivanja proizvodnje na način da se uklone sve suvišne aktivnosti iz procesa, te tako smanje gubici, ali i pogreške (John et al., 2008). To je metodologija koja se zasniva na ideji da se svaki industrijski proces sastoji od korisnih i nekorisnih aktivnosti, te se treba usredotočiti na eliminaciju nekorisnih aktivnosti koje ne povećavaju vrijednost i omogućiti nesmetan tijek procesa sa smanjenjem rada, investicija, vremena, zaliha i proizvodnog prostora (Jugulum i Samuel, 2008).

Sredinom 90-tih godina prošlog stoljeća američki multinacionalni konglomerat Honeywell počeo je s primjenom klasične Six Sigma metodologije, da bi nakon spajanja s AlliedSignalom krajem 2001. godine kombinirajući klasičnu i Lean Six Sigma metodologiju, te Kaizen filozofiju razvio sasvim novi program pod nazivom Six Sigma Plus kako bi unaprijedio sve svoje procese (prema *Honeywell International, Inc.*). Six Sigma Plus također u središte pozornosti stavlja unaprjeđenje procesa s ciljem postizanja visoke kvalitete, pa se stoga za Six Sigma Plus može reći da je ujedno vizija, strategija, metodologija i mjera upravljanja kvalitetom koja akcent stavlja na poslovanje sa smanjenjem troškova uzrokovanih lošom kvalitetom. Međutim, iako koristi većinu alata klasične i Lean Six Sigma metodologije, ima i neke svoje specifične alate koje je također razvio Honeywell, a to su HQV (*Honeywell Quality Value*) procjena procesa, nove TPM (*Total Productive Maintenance*) vještine i tehnike, šire aplikacije ABM-a (*Activity Based Management*) i dr. Kao rezultat primjene Six Sigme, osim visoke dobiti, tvrtka je istaknula i smanjenje vremena potrebnog za uvođenje novog proizvoda na tržište za 16%.

General Electric je također primjenom Six Sigma metodologije osigurao visoke prihode i uštede, a Jack Welch, dugogodišnji izvršni direktor ove kompanije izjavio sljedeće: „*Ovo je najvažnija inicijativa koja je ikada pokrenuta u ovoj kompaniji. Ona će zauvijek fundamentalno promijeniti našu tvrtku.*“

Međutim, Six Sigma nije sustav za unaprjeđenje kvalitete koji je primjenjiv samo u velikim korporacijama. Gider i Zlabravec (2009) opisuju njegovu primjenu u predionici Litija. Uvođenjem Six Sigma sustava pet kandidata radilo je na pilot projektu, a kvantitativni rezultat



bila je viša produktivnost sustavnog poboljšanja procesa i smanjenjem gubitka u radnim satima od 41%.

S<sup>4</sup> (*Smarter Six Sigma Solutions*; u literaturi se pojavljuje i *Smart Six Sigma Solutions* termin) ili Pametna Six Sigma rješenja kombinacija je statističkih tehnika koje promjenjuje klasična Six Sigma metodologija, a razvio ju je poznati guru kvalitete F.W. Breyfogle.

S<sup>4</sup> usmjerena je na identifikaciju projekta, ali i procesa iz aspekta njegove sposobnosti koristeći širok spektar različitih alata stavljajući akcent na tzv. KPIVs (*Key Process Input Variables*) i KPOVs (*Key Process Output Variables*), te COPQ i CODND (Breyfogle, 1999).

Postavljajući „pametne“ ciljeve (*SMART (Simple – Measurable – Agreed to Realistic – Timebased) goals*), S<sup>4</sup> uz odabiri primjenu pravih alata u pravo vrijeme, usklađivanje resursa i razvoj specifične projektno-procesne metrike (kao što je npr. *30,000-foot level metric* koja služi za parcijalna mjerenja svih komponenata na operativnoj razini da bi se utvrdila predvidljivost procesa) holistički unapređuje cijeli proces. Ovaj oblik Six Sigma metodologije je najviše primjenjivan u automobilskoj industriji, tj. kompanijama kao što su Chrysler, Ford i General Motors što je doprinijelo identifikaciji i verifikaciji problema na mjestu njegovog nastanka unutar procesa (Breyfogle, 2003).

Ford Motor Company je primjenom Six Sigma metodologije u samo godini dana drastično smanjio gubitke u proizvodnji (sa 2,19 milijardi dolara na 731 milijun dolara) kroz smanjenje broja nesukladnih proizvoda, smanjenje troškova u procesima montaža, te u postupcima dizajna i projektiranja.

Nakon pionirskih kompanija u primjeni i razvoju Six Sigma metodologije, pridružili su im se i IBM, Kodak, Volvo, Nokia, Du Pont, Sony, Boeing, Seagate i dr. I ove kompanije bilježe financijske uštede proizašle iz unaprjeđenja proizvodnje zbog redukcije nesukladnosti, smanjenog vremena trajanja proizvodnog ciklusa, smanjenog broja ponavljanja zbog pogrešaka, smanjenog broja reklamacija i sl. (McKlusky, 2000; Antony i Banuelas, 2002; de Feo i Bar-El, 2002; Weiner, 2004).

Six Sigma također je kvalitetan alat za vrednovanje prototipova u proizvodnji o čemu u svojoj studiji pišu Mahesh i suradnici (2006). Primjenom benchmarkinga i različitih alata Six Sige nastojalo se identificirati najbolje performanse procesa s ciljem smanjenja varijabilnosti. Pristup je demonstriran na analizi slučaja baziranoj na direktnom laserskom sinteriranju prototipa pomoću plastičnog praha. U radu su identificirani oni alati, ali i čimbenici kojima se može utjecati na željene ishode izrađenih dijelova.

Još je puno istraživanja primjene i modifikacije Six Sigma metodologije u elektroničkoj i automobilskoj industriji (McAdam i Evans, 2004; Chung et al., 2008; Lin et al., 2009; Koziolok i Derlukiewicz, 2012).

Primjena Six Sigme u ovim industrijama omogućila je poslovnu izvrsnost jer su prepoznati ključni čimbenici koji utječu na varijabilnosti unutar proizvodnog procesa, a time i uspješnost proizvodnog procesa.

Ostala istraživanja opisuju ključne faktore (ne)uspješnosti implementacije (Mullavey 2005; Wurtzel, 2008), kao i rezultate implementacije već postojeće Six Sigma metodologije (Pyzdek, 2003; Sutton, 2006), ali ne nude inovacije u smislu sinergije u integriranom novom modelu baziranom na osnovnim principima Six Sigma metodologije (Zimmerman i Weiss, 2005; Kumar et al., 2006; Chakravorty, 2009; Brun, 2011) Također je dosta radova posvećeno formiranju Six Sigma timova i razvoju članova (šampioni, glavni crni pojas, crni pojas, zeleni pojas i članovi tima) (Pyzdek 2003; Keller, 2005).

Međutim, u dostupnoj svjetskoj literaturi gotovo je nemoguće pronaći opise implementacije nekih od sustava za upravljanje kvalitetom u grafička poduzeća s obzirom da se upravljanje kvalitetom u tiskari bazira na standardizaciji ulaznih parametara (materijali koji ulaze u proizvodni proces, kalibracija mjernih instrumenata na strojevima i podešenje samog stroja), te kontroli kvalitete otiska (Marin, 2005; Breede, 2006; Kipphan, 2001). Vrlo mali broj radova odnosi se na metode unaprjeđenja procesa primjenom DMAIC Lean Six Sigma metodologije. U jednom od njih Roth i Franchetti (2010) daju prijedlog kako bi se što efikasnije iskoristio strogo definirani vremenski rok jednog proizvodnog ciklusa sa minimalnim brojem djelatnika, te se time smanjili radni troškovi po jedinici proizvoda. Ovakav pristup fokusiran je samo na smanjenje troškova proizvodnje što je zapravo samo jedan segment optimizacije proizvodnog procesa.

Jedno od istraživanja obuhvaća analizu vođenja 49 projekta u Nizozemskoj multinacionalnoj izdavačkoj kompaniji (de Korning et al., 2010). Povećanje efikasnosti proizvodnog procesa bazira se na Lean konceptu optimizacije čija je ideja da se svaki industrijski proces sastoji od korisnih i štetnih radnji, te je stoga najvažnije detektirati karakteristike ili točke kritične za kvalitetu (*CTQ* ili *Critical to Quality*) unutar svakog procesa koje su definirane kontrolnim granicama sukladnim sa zahtjevima. Ovo istraživanje omogućilo je autorima da konstruiraju generički model za vođenje projekata baziran na dva elementa (*CTQ* točke i operativne odredbe) kojim bi se jasno i precizno definirali projekti sa eksplicitno utvrđenim ciljevima.

Nedostatak i ovog modela leži u njegovoj financijskoj orijentiranosti u odnosu na druge aspekte upravljanja kvalitetom.

Taguchi metoda kao alat Six Sigme primijenjena je u optimizaciji trodimenzionalnog tiskovnog procesa (Hsu i Lai, 2010). Naime, poznato je da su funkcionalni zahtjevi trodimenzionalnih tiskovnih sustava brzina, preciznost i snaga u ekološkom aspektu. Međutim na ove funkcionalne indekse značajno utječu raspoloživi materijali i parametri proizvodnog procesa. Stoga su u ovom radu sistematično istražena četiri najvažnija parametra. Primjenom ANOVA analize u Taguchi metodi i usklađivanjem vrijednosti, determinirane su optimalne vrijednosti za podešavanje, smanjeno je vrijeme izgradnje, povećala otpornost na savijanje, te je smanjena potrošnja veziva.

Također se nailazi na rad koji opisuje primjenu DMAIC metodologije u novinskom izdavaštvu, ali je njezina primjena usmjerena samo na prvu fazu proizvodnog procesa. Naime, kako bi podaci iz novinskih redakcija bili što točnije unešeni čime bi se povećala vjerodostojnost novina, primjenjuje se DMAIC metodologija (Snee, 2006).

Iako nije direktno vezan uz sam tiskovni proces, rad španjolskih autora (Andrade et al., 2012) odnosi se na razvoj strategije upravljanja opasnim otpadom koji nastaje u malim i srednjim grafičkim poduzećima. S obzirom da postoji čitav niz alternativa gospodarenja otpadom i nadzora onečišćenja, analizirali su i uspoređivali slične sustave, te ponudili metode unaprjeđenja.

Pregledom domaće literature s područja optimizacije proizvodnje, kontrole kvalitete, upravljanja kvalitetom, poslovne izvrsnosti, ali i menadžmenta nije pronađeno niti jedno istraživanje o sustavnoj primjeni Six Sigma metodologije u grafičkoj industriji. Pronađeni su radovi koji se bave potpunim upravljanjem kvalitetom (*TQM*), metodama statističke kontrole procesa i integriranim sustavima upravljanja u grafičkoj industriji, te rad koji opisuje kako primjenom Six Sigme u programiranom tiskom zaustaviti stagnaciju i oštećenja, smanjiti proizvodne cikluse, a time i rashode (Milčić et al., 2007).

## 2. TEMELJNA OBILJEŽJA SIX SIGMA METODOLOGIJE

Od 1931. godine do danas razvijeno je više od šezdeset različitih modela i bezbroj njihovih varijacija unutar različitih kompanija kako bi se povećala kvaliteta i produktivnost, smanjili troškovi, te skratio vremenski ciklus proizvodnje. No što to diferencira Six Sigma u odnosu na druge modele potpunog upravljanja kvalitetom da tako duboko djeluje na većinu vodećih kompanija današnjice? Odgovor leži u njezinoj suštini koja je kombinacija metrike, metodologije i sustava upravljanja.

### 2.1. Načela Six Sigma metodologije

Six Sigma kao sveobuhvatna metodologija za unaprjeđenje kvalitete započela je svoj nagli razvoj 80-ih godina 20. stoljeća u Motoroli, a njezinim začetnikom se smatra inženjer za pouzdanost Bill Smith (Basu i Wright, 2003). Punu afirmaciju je doživjela 1988. godine, njezinom primjenom Motorola je povećala proizvodnost, prodaju, dobit i vrijednost dionica, a smanjeni su i troškovi loše kvalitete po jedinici proizvoda.

Nakon primitka prestižne nagrade za kvalitetu *Malcolm Baldrige Quality Award*, 1995. godine Motorola je otkrila tajnu svojeg uspjeha, a njezini prvi sljedbenici u primjeni Six Sigma metodologije kao što je već opisano u poglavlju 1.5. su bili Allied Signal/Honeywell, General Electrics, Dow Chemical, Ford Motors Company, IBM, Kodak, Volvo, Nokia, Sony, Du Pont, Ericsson, American Express i dr.

Danas više nema dilema oko primjene Six Sigma metodologije, jedino su otvorena pitanja o njezinoj realizaciji iz aspekta prilagodbe i novih strategija (Adams et al. 2003; Linderman et al., 2003).

Six Sigma je metodologija usmjerena na poboljšavanje zadovoljstva kupaca, smanjenje vremenskog ciklusa proizvodnje, te smanjenje grešaka na proizvodima (Pande i Holpp, 2002; Kumar, 2006; Stamatis 2004).

Ovisno od konteksta u kojemu se primjenjuje Six Sigma može biti tumačena kao (Juran i Godfrey, 1998):

- upravljačka filozofija
- statistička metodologija
- proces
- postupak poboljšavanja.

Six Sigma smanjuje varijabilnosti u procesima i proizvodima korištenjem dvije osnovne metodologije – kontinuirano unaprjeđivanje i dizajn/redizajn procesa (DFSS). Osnovna razlika je ta da se metodologija kontinuiranog unaprjeđivanja koristi za pronalaženje i uklanjanje problema u već postojećim procesima, dok se DFSS koristi za dizajn novih procesa sposobnih za dostizanje razine kvalitete od  $6\sigma$  (Bhote, 2003; Hoerl, 1998).

Kontinuirano unaprjeđivanje smatra se reaktivnim, a DFSS više agresivnim pristupom (Yang i El-Haik, 2003). Sljedeća razlika je ta da kontinuirano unaprjeđenje procesa koristi DMAIC metodologiju, a dizajn za Six Sigma DMADV metodologiju (Chowdhury, 2003). O oblicima metoda više će biti rečeno u poglavlju 2.3.

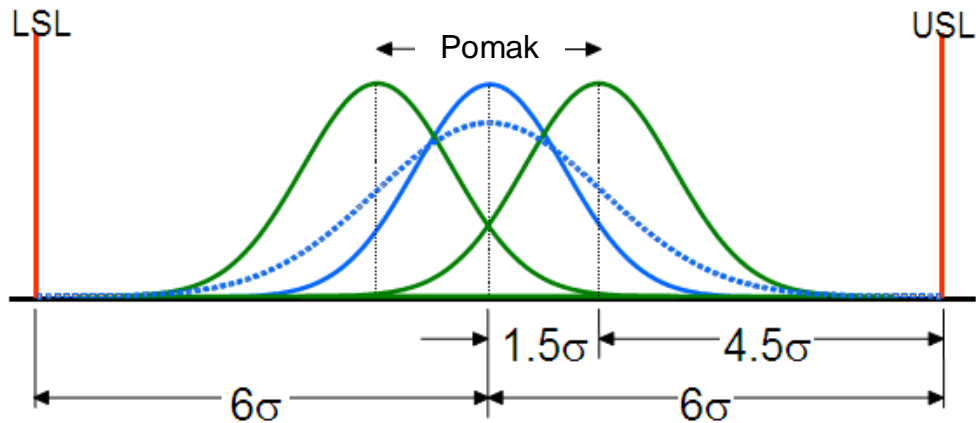
Kada se govori o Six Sigma metodologiji važno je spomenuti i nosioce implementacije i realizacije Six Sigma metodologije, a to su Six Sigma timovi (Eckes, 2003).

S obzirom da Six Sigma projekti zahtijevaju raznolikost vještina koje sežu od tehničke analize do razvoja i implementacije rješenja, Six Sigma timovi su kros-funkcijski, što znači da uključuju pojedince iz raznih odjela i funkcija jedne organizacije. Ove timove također karakterizira i postojanje stroge hijerarhije uloga, kao i kodnih imena pod kojima članovi tima funkcioniraju (Gitlow i Levine, 2005; Stamatis 2003).

Usavršavanje Six Sigma metodologije u posljednjih trideset godina doprinijelo je razvoju tri nova modaliteta koji svoju statističku i metodološku osnovu imaju u klasičnom Six Sigma pristupu. Tako se danas u modernoj proizvodnji uz klasičnu Six Sigma primjenjuje i Lean Six Sigma, Six Sigma Plus, te  $S^4$  ili *Smarter Six Sigma Solutions*.

## **2.2. Statistička obilježja Six Sigma metodologije**

Six Sigma metodologija obuhvaća pronalaženje i uklanjanje uzroka pogrešaka ili nedostataka u poslovnim procesima na način da se fokusira na outpute koji su od velike važnosti za potrošače (Conti et al., 2003; Hahn et al., 1999). Krajnji cilj je postizanje nula defekata u proizvodnji nekog proizvoda, usluge ili transakcije. Six Sigma je indikator učestalosti pojavljivanja pogreške/odstupanja; prema ovom modelu prihvatljive su 3,4 pogreške na milijun slučajeva (Goetsch i Davis, 2006) što pretpostavlja pomak procesa od  $1,5\sigma$ .



Slika 2-1. Six Sigma razdioba

Six Sigma metodologija se bazira na statističkoj kontroli procesa (*SPC – Statistical Process Control*) jer smanjenjem varijacija u procesima dolazi do povećanja profita, podizanja morala uposlenika, kao i rasta kvalitete proizvoda i usluga (Park-Shung, 2003).

Njezina osnova leži u standardnom odstupanju kao temeljnom parametru normalne razdiobe (slika 2-1).

### 2.2.1. Varijacije u procesima

Osnovni razlog nastanka varijacija je rezultat svih mogućih utjecaja, aktivnosti i konflikata u procesu, a one mogu djelovati na proces pozitivno i negativno što se i dešava u najvećem broju slučajeva (Stamatis, 2002).

Varijacije mogu biti rezultat nekontroliranih i nepoznatih utjecaja, te svjesnih, planiranih i kontroliranih akcija.

Stoga je cilj kod optimizacije i upravljanja procesom, provesti takvu analizu, sintezu i poboljšanja koja će varijacije svesti na najmanju moguću mjeru kako bi se smanjio trošak loše kvalitete.

Odnos razine kvalitete/varijacija u procesu i troška uzrokovanog lošom kvalitetom vidljiv je u tablici 2-1 (prilagođeno prema Lucas, 2002; Harry i Schroeder, 2000; Breyfogle, 1999).

Tablica 2-1. Odnos varijacija u procesu i troška loše kvalitete

Sigma	DPMO*	Učinkovitost (Y**)	COPQ***	Klasa
6 $\sigma$	3,4 DPMO	99,99966 %	< 10% od prodaje	Svjetska klasa
5 $\sigma$	233 DPMO	99,9767 %	10 – 15% od prodaje	
4 $\sigma$	6.210 DPMO	99,379%	15 – 20% od prodaje	Prosjek industrije
3 $\sigma$	66.810 DPMO	93,32 %	20 – 30% od prodaje	
2 $\sigma$	308.700 DPMO	69,13 %	30 – 40% od prodaje	Nekonkurentnost
1 $\sigma$	697.700 DPMO	30,23 %	> 40% od prodaje	

\* DPMO – Defects Per Million Opportunities (Broj defekata na milijun mogućnosti)

\*\* Y – Yield

\*\*\* COPQ – Cost Of Poor Quality (Trošak loše kvalitete)

### 2.2.2. Standardno odstupanje $\sigma$ – mjera varijacije

Pri analizi Six Sigma metodologije potrebno je razlučiti statističke pojmove potrebne za shvaćanje ovog modela. Sigma je u stvari oznaka za standardnu devijaciju, odn. pozitivni korijen iz varijance određenog procesa ili statistička mjera varijabilnosti tj. odstupanja od srednje vrijednosti (Joglekar, 2003). Jednom riječju označava mjeru raspršenosti koja se interpretira kao prosječno odstupanje od prosjeka i to u apsolutnom iznosu.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Standardno odstupanje je uz aritmetičku sredinu osnovni pokazatelj funkcioniranja nekog procesa, a prikazuje se histogramom. Standardnim odstupanjem se ukazuje na rasipanje, dok aritmetička sredina promatra centriranost određenog procesa (Allen, 2010).

Mjera rasipanja ili  $\sigma$  osim u kontekstu statistike može se promatrati i u kontekstu kvalitete jer je zapravo mjera rasipanja ujedno i mjera kvalitete. Smanjenjem rasipanja povećava se razina kvalitete, a promatranjem standardnog odstupanja i aritmetičke sredine kroz statističku kontrolu procesa mogu se pronaći uzroci rasipanja, te poduzeti korektivne mjere kako bi se rasipanje smanjilo.

Nastojanje da se razina varijacije u procesima smanji na razinu od 6 $\sigma$  podrazumijeva uporabu deskriptivne i inferencijalne statistike (Kume, 1992; Joglekar, 2003; Castillo, 2007).

Procesi većih kompanija funkcioniraju na razini od 3 $\sigma$ . To znači da 99,73% izlaznih vrijednosti iz nekog procesa pada između  $\pm 3$  standardne devijacije, odnosno da će 3 $\sigma$  proces rezultirati s 2.700 nesukladnih proizvoda na milijun proizvedenih. Pod pretpostavkom da svi uvjeti ostanu isti, te da se varijacija u procesima smanji na razinu od 6 $\sigma$ , proces bi rezultirao s

99,9999998% ispravnih proizvoda, odn. 0,002 neispravnih proizvoda na milijun proizvedenih (Goetsch i Davis, 2006; Chowdhury, 2003).

### 2.2.3. Sigma kao mjera sposobnosti procesa

Sigma ( $\sigma$ ) osim što pokazuje standardno odstupanje od srednje vrijednosti, također je i mjera sposobnosti procesa koji je definiran gornjom (*USL* ili *Upper Specification Limit*) i donjom (*LSL* ili *Lower Specification Limit*) granicom tolerancije (Kumar, 2006). S obzirom da se za neki proces očekuje da ima raspodjelu u granicama zahtjeva (*USL* – *LSL*), nadziranjem procesa može se pratiti oblik i pozicioniranje njegovog rasipanja na osnovu čega se mogu tražiti uzroci rasipanja, ali i poduzimati korektivne aktivnosti kako bi rasipanje bilo manje od širine zahtjeva (Pyzdek, 2003; Breyfogle et al., 2001). Jednom riječju, proces je pod kontrolom ako je u mogućnosti zadovoljiti specifikacije definirane granicama zahtjeva.

Procjenu sposobnosti procesa koji je pod kontrolom potrebno je temeljiti na procjenama sredine i standardne devijacije procesa. Stoga se uobičajeno računa interval  $\bar{x} \pm 3\sigma$  pomoću kojeg se utvrđuje u kojoj mjeri proces leži unutar zadanih granica tolerancije (Pearn i Kotz, 2006; Newbold et al., 2007).

To se može opisati indeksom sposobnosti procesa  $C_p$  (Oakland, 2008). Sposobnost procesa mjerena pomoću indeksa  $C_p$  odnosi se na varijaciju u procesu oko prosječne vrijednosti. Stoga indeks  $C_p$  mjeri potencijalnu sposobnost, pretpostavljajući da je prosjek procesa jednak srednjoj točki granica specifikacije i da se proces odvija pod statističkom kontrolom (Juran i Gryna, 1999)

Ako je proces centriran unutar granica tolerancije, tj. kada je  $\bar{x} = (LSL + USL)/2$ , indeks je jednak:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2)$$

Kao minimalna zadovoljavajuća vrijednost tog indeksa uzima se vrijednost 1,33, tj. širina raspona prihvatljivih vrijednosti ili tolerancija procesa ne bi trebala biti šira od 75% iznosa *USL*-*LSL*.

Pošto proces nije centriran unutar granica tolerancije, već je bliže jednoj od granica, tj. prosjek nije često u srednjoj točki, rezultirajuća mjera je indeks  $C_{pk}$ .

$$C_{pk} = \text{Min} \left[ \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \right] \quad (3)$$

Ona se također smatra zadovoljavajućom ako je njezina vrijednost najmanje 1,33.



### 2.3. Six Sigma metode

Kao što je već i ranije rečeno Six Sigma standardiziranim deduktivnim procesom i statističkom provjerom smanjuje varijabilnosti u procesima i proizvodima korištenjem dva osnovna modela, a to su kontinuirano unaprjeđivanje i dizajn/redizajn procesa (DFSS).

Kontinuiranim unaprjeđivanjem se pronalaze i uklanjaju problemi u već postojećim procesima i to najčešće primjenom DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) metode, iako postoje i njezini brojni modaliteti koji će kasnije biti opisani. Unaprjeđivanje procesa ima za cilj pronalaženje i eliminaciju uzroka nedostatnih performansi postojećih procesa koje mogu uzrokovati vidljive probleme ili sprječavati organizaciju u efikasnom poslovanju.

Six Sigma filozofija koja objedinjuje upravljačko iskustvo i statističke podatke najbolje se ogleda u osnovnoj DMAIC metodi koja se sastoji od pet koraka:

- definiranje (*Define*) problema i cilja poboljšavanja procesa, ali i troškova
- mjerenje (*Measure*) trenutnog stanja procesa na način da se problem pretvori u mjerljive podatke koji su potrebni da se utvrdi trenutni status definiranog problema, te omogućiti usporedba u budućnosti
- analiziranje (*Analyze*) dobivenih podataka s ciljem provjere odnosa i uzroka pojedinih faktora koji utječu na izlazne performanse
- poboljšanje (*Improve*) i optimiziranje procesa na osnovu analiziranih podataka na način da se osigura adekvatna metoda koja će dati učinkovito rješenje
- kontrola (*Control*) primjene novog rješenja s ciljem sprječavanja pojava nesukladnosti

Stoga se, općenito govoreći, sve metode Six Sigma metode mogu sažeti u 7 stavki:

- metode poboljšanja baziraju se na temelju odnosa uzroka i posljedica
- nakon utvrđivanja problema i davanja rješenja u vidu metode za poboljšanje neophodna je kontinuirana provjera problema
- problemi zahtijevaju jasnu operativnu definiciju jer poboljšanje procesa mora biti precizno usmjereno
- kada god je to moguće, problemi moraju biti kvantificirani kako bi se olakšalo njihovo mjerenje i analiziranje
- sva rješenja moraju biti bazirana na podacima mjerenja i analize

- primjena do sada nekorištenih, kao i inovativnih metoda za donošenje odluke o rješenju problema u konačnici će rezultirati boljim rezultatima
- provjera pretpostavki statističkim metodama mora također biti verificirana i na praktičnoj razini

Dizajn za Six Sigma ili DFSS model koristi se za dizajn novih procesa sposobnih za dostizanje razine kvalitete od  $6\sigma$  primjenom DMADV (*Define – Measure – Analyze – Design – Verify*) metode (Chowdhury, 2003; Stamatis, 2003). DFSS pažnju usmjerava na predviđanje i unaprjeđivanje kvalitete prije nego što su proizvodi proizvedeni odn. procesi započeti, a također se može primijeniti i za redizajn postojećih proizvoda i procesa. Za razliku od DMAIC metode za kontinuirano unaprjeđenje, DFSS svojom DMADV metodom može poništiti postojeće procese i zamijeniti ih novima, pa se stoga smatra da DFSS može povećati ne samo efikasnost, već i učinkovitost procesa (Yang, El-Haik, 2003).

Kontinuirano unaprjeđivanje smatra se reaktivnim, a DFSS više agresivnim pristupom (Burton i Sams, 2005).

S obzirom da je DMAIC kao primarna metoda bila nedostatna za primjenu u DFSS modelu pri projektiranju novih procesa i proizvoda, u tu svrhu je koncipirana DMADV metoda (De Feo i Zion, 2002), a danas obje metode imaju svoje brojne modalitete, od kojih su neki prikazani u tablici 2-2.

Tablica 2-2. Modaliteti Six Sigma metoda

Metoda	Opis
<b>DMADOV</b>	Define → Measure → Analyse → Design → Optimize → Verify
<b>DMCDOV</b>	Define → Measure → Characterize → Design → Optimize → Verify
<b>DMADIC</b>	Define → Measure → Analyze → Design → Implement → Control
<b>DMAIIC</b>	Define → Measure → Analyze → Improve → Implement → Control
<b>DMEDVI</b>	Define → Measure → Explore → Design → Validate → Implement
<b>DMEDI</b>	Define → Measure → Explore → Develop → Implement
<b>IDOV</b>	Identify → Design → Optimize → Verify
<b>IIDOV</b>	Invent → Innovate → Develop → Optimize → Verify
<b>DCOV</b>	Define → Characterize → Optimize → Verify
<b>DCDOV</b>	Define → Customer → Design → Optimize → Verify
<b>DCCDI</b>	Define → Customer → Concept → Design → Implement
<b>RCI</b>	Requirement → Concept → Improvement

U primjeni bilo koje od navedenih metoda, faze definiranja i mjerenja se baziraju na već postojećim iskustvima sa svrhom utvrđivanja glavnih čimbenika koji su do sada utjecali na zadane ciljne vrijednosti, dok se u fazama analize, poboljšanja i kontrole traženi podaci

koriste kako bi se utvrdili čimbenici koji sada utječu na kvalitetu. Svi prikupljeni relevantni podaci moraju se uzetim u definiranom vremenu, temeljiti se na najnovijim uzorcima, a uzorkovanje se mora odvijati slučajnim odabirom (Coskun, 2010). Također, uvijek se mora voditi zadovoljenjem zahtjeva kupaca na način da se kroz uspostavu učinkovitih procedura smanje odstupanja i loša kvaliteta, a time i troškovi. Da bi se to osiguralo, u primjeni bilo koje DFSS metode potrebno je slijediti faze (Brue i Launsby, 2003; Sarkar, 2004):

- determinirati problem
- pretvoriti stvarni problem u statistički problem
- izraziti statistički problem kao funkciju s jasno definiranim odnosom ( $Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ )
- dati statističko rješenje
- dati praktično rješenje.

#### **2.4. Six Sigma metrika**

Six Sigma metriku čine različite vrste mjerenja koje se koriste u Six Sigma metodologiji kako bi se izmjerila kvaliteta outputa procesa ili poduzeća. Međutim, to ne znači samo jednostavno prikupljanje i kalkulaciju podataka, već određivanje varijacija procesa kako bi se ta varijacija pokušala smanjiti kako bi mogla udovoljiti zahtjevima Six Sigma. Da bi Six Sigma strategija bila uspješna, potrebno je primijeniti Six Sigma metriku u pravilnom kontekstu slijedeći određene korake sa svrhom praćenja kritičnih kontinuiranih podataka koji će omogućiti donošenje ispravnih zaključaka (Omachonu i Ross, 2005).

U procesu implementacije Six Sigma strategije važno je razumijevanje timskih, procesnih i statističkih alata koji unaprjeđuju procese na način da otkrivaju potencijalne uzroke varijacija i zatim nude rješenja za otklanjanje istih. Metrike se razlikuju od organizacije do organizacije, no važno je da budu odabrane one koje su za dotičnu organizaciju najprihvatljivije, te da projekt provode osobe s iskustvom i koje poznaju Six Sigma metriku koja je neophodna za uspješnu primjenu Six Sigma strategije (Kumar et al., 2008).

Kako bi se Six Sigma strategija uspješno implementirala u grafičkim poduzećima prvo je potrebno prikupiti što preciznije, relevantnije, reprezentativnije pravovremene parametre za potpunu implementaciju Six Sigma metodologije, a prvenstveno Six Sigma metrike (Eckes, 2001; Larson, 2003). To je potrebno napraviti za svaki od proizvodnih procesa, kao i za sve faze pojedinog procesa. Ovo je jako važan korak jer ako prikupljeni podaci nemaju navedene

karakteristike moglo bi doći do pogrešnih zaključaka i odluka pri potpunoj implementaciji Six Sigma metodologije, a time i Six Sigma metrike kao drugog koraka u njezinoj primjeni.

Kada se prikupi dovoljno podataka, sukladno proizvodnom procesu, kao drugi korak odabire se metrika koja će se primjenjivati u sklopu Six Sigma metodologije. Važno je odabrati onu metriku koja će managementu biti prikladna da sagleda trenutni nivo kvalitete i odluči da li je prihvatljiv ili ne.

Treći korak uključuje prezentaciju prikupljenih podataka u razumljivom formatu kako bi management mogao donijeti odluke o akcijama koje će se provesti sa ciljem poboljšanja ili (re)dizajniranja procesa. Ovi podaci su kritični za uspjeh procesa jer daju uvid u porijeklo ili uzrok problema.

I posljednje, ali ne i najmanje bitno, metrika mora biti jasno prezentirana, te je važno odabrati ključne parametre za uspješno poslovanje koji će se mjeriti, a njih bi trebalo biti od sedam do dvanaest.

Six Sigma metrika može se klasificirati u dvije glavne skupine, a to su klasične Six Sigma mjere i tipične Six Sigma mjere.

Klasične Six Sigma mjere podrazumijevaju mjere kvalitete pravovremenosti, točnosti vođenja poslovanja i troškova čime se poboljšava kvaliteta same organizacije kao okvira za primjenu Six Sigma strategije (Muir, 2006).

Tipične Six Sigma mjere nadograđuju se na klasične Six Sigma mjere, a to su:

- CTQ ili *Critical To Quality* (značajka koja ima utjecaj na kvalitetu)
- PPM ili *Parts Per Million* (očekivani broj defektnih jedinica proizvoda u milijun proizvedenih)
- DPU ili *Defects Per Unit produced* (broj nesukladnosti po jedinici proizvoda)
- DPO ili *Defects Per Opportunity* (broj nesukladnosti po mogućnostima za nesukladnost)
- DPMO ili *Defects Per Million Opportunities* (broj nesukladnosti na milijun mogućnosti)
- FPY ili *First Pass Yield* (udio inicijalno ispravnih proizvoda koji nisu trebali doradu)
- FTY ili *First Time Yield* (učinkovitost procesa ili omjer svih proizvoda koji su prošli kontrolu i ukupno kontroliranih proizvoda)
- RTY ili *Rolled Throughput Yield* (ukupna učinkovitost serije procesa).

Metrika ima veliki značaj u procesu primjene Six Sigma strategije jer zapravo predstavlja razumljivi jezik koji omogućava jasnu komunikaciju u procesu mjerenja (Harry i Schroeder, 2000: 71).

Stoga je metrika potrebna da bi se:

- utvrdile razlike između percepcije, intuicije i stvarnosti
- prikupile činjenice za kvalitetno odlučivanje, te stvorila osnova za implementaciju donesenih odluka
- premostila trenutna ograničenja u procesu
- identificirala i provjerila moguća problematična područja i sakrivena uska grla
- bolje razumio proces i utvrdili bitni čimbenici
- definirao proces u odnosu na količinu povezanih ulaza i izlaza
- provjerilo odvija li se proces unutar zadanih traženih vrijednosti
- vrednovalo zadovoljstvo kupca i napravila poveznica razine zadovoljstva s ključnim procesima
- dokumentirali i prezentirali procesi
- pružio temelj za provođenje procesa i korelaciju troškova
- vidjelo poboljšavaju li se procesi
- zadržalo i održalo poboljšane procese
- utvrdila stabilnost procesa
- predvidjele varijacije u procesu.

Six Sigma metodologija kombinira različite alate za kontinuirano poboljšanje procesa na način da se otkrivaju potencijalni uzroci varijacija i zatim isti i otklanjaju.

Najčešći alati koji se koriste u primjeni Six Sigma metodologije su: Pareto analiza, blok dijagrami procesa, dijagram uzrok – posljedica, dijagram stabla grešaka, karte ponašanja procesa (statistička kontrola procesa), FMEA (eng. *Failure Mode and Effects Analysis*), QFD (eng. *Quality Function Deployment*), različiti simulacijski modeli, planiranje i analiza pokusa (eng. *DOE – Design of Experiments*), metode deskriptivne statistike i dr.

Važno je da se odaberu one tehnike i alati koji su najprihvatljiviji iz aspekta procesa, a i same organizacije (Pande, Neuman i Cavanagh, 2000; Keller i Pyzdek, 2005).

### **3. KVALITETA – IMPERATIV MODERNE GRAFIČKE PROIZVODNJE**

Globalna konkurencija, brzi razvoj tehnologije i visoki zahtjevi potrošača dali su kvaliteti u grafičkoj proizvodnji novo značenje – postala je njezin imperativ. Kvaliteta je strateški cilj i prioritet svakog grafičkog poduzeća i odgovornost za kvalitetu je na svakom djelatniku kako u upravljačkom, tako i u proizvodnom lancu.

Kvaliteta se postiže temeljitim, sustavnim i planskim pristupom jer se samo na taj način mogu stvoriti preduvjeti za njezino ostvarenje. Osim toga grafička poduzeća bi trebala težiti konstantnom unaprjeđenju kvalitete različitim aktivnostima da bi se zadovoljile potrebe kupaca kroz smanjenje varijabilnosti u svim procesima.

#### **3.1. Definicija kvalitete u grafičkoj proizvodnji**

Tijekom 20. stoljeća definicija kvalitete (lat. *qualitas* – kakav) poprimala je različita značenja, iako niti danas ne postoji njezina jasna definicija koja će ju ujedno opisati kako sa gledišta potrošača, tako i sa gledišta proizvođača. Sa gledišta potrošača, kvaliteta se povezuje s vrijednošću, korisnošću, ali i cijenom, dok sa gledišta proizvođača, kvaliteta znači izrada proizvoda sa što manjim gubicima.

Iako se u literaturi navodi mnogo definicija kvalitete, opće je prihvaćena kratka definicija da je kvaliteta zadovoljstvo kupca. Ili drugim riječima, kvaliteta je prikladnost za uporabu (Juran i Godfrey, 1998). Sukladno tome kvaliteta se može definirati i kao stupanj do kojega osobine ili karakteristike proizvoda zadovoljavaju očekivanje kupaca ili korisnika, tj. njihove objektivne potrebe i subjektivne želje (van Ettinger i Sittig, 1965). Kvaliteta je i sposobnost proizvoda da konzistentno zadovoljava ili čak premašuje očekivanja kupaca (Stevenson, 1993), ali i da zadovoljava zadane specifikacije i zahtjeve koje treba sprovesti u konkretne i mjerljive karakteristike (Deming, 1982).

Sve navedene definicije opisuju i kvalitetu u grafičkoj proizvodnji, posebno iz razloga što je svaki grafički proizvod definiran s velikim brojem atributa, pa je kvaliteta danas vjerojatno najznačajniji pokretač razvoja grafičkog proizvoda već od same ideje i dizajna.

Kvaliteta grafičke proizvodnje osim u oblikovanju grafičkog proizvoda, ogleda se i u oblikovanju proizvodnog procesa tiska, te u kvaliteti grafičkih materijala. Cjelokupan proizvodni proces tiska visoko je standardiziran ISO normama (tablica 3-1) koje obuhvaćaju opća načela i tehničke karakteristike, te uvjete mjerenja i način izvještavanja (prema *ISO – International Organization for Standardization, Technical Committee 130*).

Tablica 3-1. Osnovne ISO norme u grafičkoj proizvodnji

ISO norma	Područje primjene
ISO 3664	norma osvjetljenja
ISO 12647-1	osnove
ISO 12647-2	offsetni tisak
ISO 12647-3	novinski tisak
ISO 12647-4	duboki tisak
ISO 12647-5	sitotisak
ISO 12647-6	fleksotisak
ISO 12647-7	digitalni tisak
ISO 15929	PDF/X općenita primjena
ISO 15930-1,2,3	PDF/X digitalna razmjena podataka

### 3.2. Pokazatelji kvalitete u grafičkoj proizvodnji

Napredak tehnologije neminovno je utjecao i na razvoj suvremenih metoda kontrole kvalitete tiska kroz unaprjeđenje mjernih instrumenata i softvera, čime se također proširio i spektar pokazatelja kvalitete u grafičkoj proizvodnji.

Pokazatelji kvalitete zapravo su veličine koje kvantificiraju kvalitetu proizvoda, poluproizvoda, sirovina procesa, tehnologije, stroja. Kao u svakoj proizvodnji, tako i u grafičkoj, ako se želi izraziti bilo koja od navedenih kvaliteta, moraju postojati razumljivi, ali i unificirani pokazatelji i mjerila. Što je grafički proizvod ili proces složeniji, potreban je i veći broj pokazatelja kako bi se mogla izraziti njegova kvaliteta.

Kada se promatra kvaliteta tiska, važno je napomenuti da je ona ovisna o tehnološkim mogućnostima, ali i tržišnim zahtjevima.

Stoga se karakteristike kvalitete grafičkih proizvoda generalno mogu podijeliti u dvije skupine, proizvodne i uporabne. Iz tog razloga pokazateljima kvalitete proizvoda najčešće se podrazumijevaju atributivne ili diskontinuirane mjere i varijabilne ili kontinuirane mjere koje opisuju (prilagođeno prema Schonberger, 2008):

- performanse proizvoda
- dizajn proizvoda
- pouzdanost
- trajnost
- estetski izgled
- kvalitetu koja se uočava
- funkcioniranje u skladu s prihvaćenim standardima.

Sukladno navedenom, tisak je općenito prema zahtjevima kvalitete podijeljen na tisak koji omogućuje izradu:

- visokokvalitetnih proizvoda
- proizvoda srednje (standardne) kvalitete
- niskokvalitetnih proizvoda.

Kada se pak govori o pokazateljima kvalitete proizvodnog procesa, situacija je daleko složenija jer kvalitetu nekog procesa određuje (Kipphan, 2001; Zjakić, 2007):

- osiguranje određenih resursa
- definiranje ključnih parametara na svim razinama, ali i po fazama procesa
- obuka zaposlenih i stjecanje novih znanja potrebnih za funkcioniranje procesa
- mjerenje definiranih parametara i provjera procesa
- analiza, validacija i poboljšanje procesa.

Međutim najznačajnija mjera kvalitete procesa u užem smislu je veličina rasipanja značajki procesa, pa je stoga najočitiji argument unapređenja kvalitete procesa stalno smanjivanje rasipanja istog.

Sve ove karakteristike, odnosno pokazatelji kvalitete pružaju proizvođačima dovoljno prostora za definiranje kvalitete. No u samom procesu tiska najvažniji kriteriji kvalitete su (Berns, 2000; Kipphan, 2007):

- ujednačenost gustoće obojenja višetonskih područja
- ujednačenost gustoće obojenja područja punog tona
- prijenos višetonskih informacija
- preslikavanje
- mazanje
- hvatanje boje
- apsolutna vrijednost optičke gustoće obojenja i mjesto obojenja
- registar
- sjajnost otiska
- finoća rezolucije
- bjelina podloge
- mjerne tehnike (denzitometrija, kolorimetrijska mjerenja, mjerenje registra, mjerenje sjaja i bjeline i dr.).

Kvaliteta je definirana i normama kvalitete koje određuju svojstva nekog sistema, veličinu tog svojstva, dozvoljena odstupanja i način mjerenja. Metoda mjerenja propisuje uvjete pod



kojima se provodi mjerenje i mjere kojima se mogu objektivno utvrditi konkretne karakteristike (Kondić, 2008).

Pokazatelji kvalitete često se vežu i uz financijske pokazatelje i to kao troškovi loše kvalitete koji mogu biti troškovi nekonformnosti, neučinkovitih procesa i propuštenih prihoda od prodaje (Juran i Gryna, 1993).

### **3.3. Upravljanje kvalitetom u grafičkoj proizvodnji**

Upravljanje kvalitetom danas je „*must have*“ moderne grafičke proizvodnje jer procesom kontinuiranog unaprjeđivanja omogućava se ostvarenje konkurentske prednosti grafičkog poduzeća koja ovisno o tržišnim uvjetima, veličini, obliku vlasništva, društvenoj kulturi, stilu upravljanja, djelatnosti odabiru najprikladniji sustav upravljanja kvalitetom. Iako su svim sustavima za upravljanje kvalitetom zajedničke ideje, vrijednosti i krajnji cilj, neki od sustava prikladniji su u ranijim fazama upravljanja kvalitetom, ali s vremenom postaju nedostatni. Stoga ih je potrebno nadopuniti i nadograditi u neke od sofisticiranijih sustava za upravljanje kvalitetom. Također, važno je napomenuti da ne postoji univerzalan sustav upravljanja kvalitetom za sva proizvodna poduzeća, niti ne postoji takav sustav upravljanja kvalitetom koji će biti pogodan za sve faze proizvodnog procesa bez promjena i prilagodbe samoj prirodi procesa

Sustav kvalitete jedan je od segmenata poslovnog sustava, odn. organizacije u cijelosti i svojim je djelovanjem vezan gotovo za sve sustave. Uloga sustava kvalitete je složena jer mora osigurati kvalitetu proizvoda ili usluga i upravljati kvalitetom.

Prema Američkom udruženju za kvalitetu (*ASQ – American Society for Quality*) upravljanje kvalitetom predstavlja primjenu formaliziranih sustava s ciljem postizanja maksimalnog zadovoljstva kupca uz minimalne ukupne troškove i postizanje konstantnog napretka.

Upravljanje kvalitetom također je i proces koji prepoznaje i upravlja aktivnostima potrebnim da se dostignu zadani ciljevi kvalitete proizvoda, procesa ili cijelog poduzeća (Juran, 1986).

Moderna grafička proizvodnja usmjerena je na zadovoljavanje visokih zahtjeva kupaca uz što niže troškove, tj. na brzu proizvodnju sa definiranim parametrima kvalitete, te što manjim brojem nesukladnih proizvoda. Stoga je bilo neminovno propisati uvjete, preporuke ili proceduralne smjernice u kojima će se ostvariti takva proizvodnja, jednom riječju standarde koji će omogućiti uštedu materijala i vremena, stabilnost procesa i unaprjeđenje kvalitete, poboljšati odnose s kupcima, ugled tvrtke i time osigurati konkurentnost.

Brojni su standardi kvalitete koji se primjenjuju u grafičkoj proizvodnji, a najviše su usmjereni na standardizaciju bojila i podloge, format podataka i kontrolu kvalitete otiska.

Upravljanje kvalitetom trebalo bi se bazirati na metodičnom pristupu redosljedu aktivnosti kroz planiranje, kontrolu i poboljšanje što predstavlja uspješan okvir za postizanje ciljeva kvalitete kako je vidljivo iz tablice 3-2 (prilagođeno prema Juran, 1986).

*Tablica 3-2. Procesi upravljanja kvalitetom*

<b>Planiranje kvalitete</b>	<b>Kontrola kvalitete</b>	<b>Poboljšanje kvalitete</b>
postaviti ciljeve kvalitete	odabrati subjekte kontrole	dokazati potrebu
utvrditi kupce	odabrati jedinice mjere	utvrditi projekte
otkriti potrebe kupaca	postaviti ciljeve	organizirati projektne skupine
razviti svojstva proizvoda	izabrati senzor	ustanoviti uzroke
razviti svojstva procesa	mjeriti stvarno ispunjenje	osigurati učinkovite popravke
ustanoviti kontrolu procesa	tumačiti razliku	pozabaviti se opiranjem promjeni
kontrolu prenijeti u operacije	poduzeti mjere po razlici	kontrolirati da se zadrži stečeno

Međutim uočen je problem pojave pasivnog upravljanja kvalitetom kao posljedice standardizacije. Iako je grafička industrija razvila čitav niz normi (ISO norme, IEC norme, CIE norme, DIN norme i dr.) što predstavlja dobar temelj za proaktivan pristup upravljanju kvalitetom, većina poduzeća nema potpuno razvijene sustave upravljanja kvalitetom, već samo parcijalno primjenjuju različite alate TQM-a. No s obzirom na tu činjenicu i proizvodnu prirodu grafičkih poduzeća, Six Sigma sustav za upravljanje kvalitetom izuzetno je prikladan jer je usmjeren na povećanje zadovoljstva kupca, skraćivanje vremenskog ciklusa procesa i smanjenje učestalosti nesukladnosti u procesu.

Tome u prilog pridonosi i činjenica da u proizvodnom procesu tiska postoje određene metode za optimizaciju, no one su većinom usmjerene na pripremnu fazu samog procesa koja se sastoji od niza podfaza ili podprocesa. S obzirom da se u ovom dijelu grafičke proizvodnje događa najveća transformacija vizualnih događaja, bitno je da su međusobni odnosi prilikom prijenosa informacija optimalni.

Primjena amplitudno moduliranih ili klasičnih, te frekventno moduliranih ili stohastičkih rastera kako bi se različite polutonske vrijednosti reproducirale kao tiskovni ili netiskovni elementi, i to prvenstveno odabirom veličine i oblika rasterskih elemenata, kao i razmaka između njih prvi je korak u optimizaciji (Mortimer, 1998).

S obzirom da je prirast rastertonskih vrijednosti problem do kojeg gotovo uvijek dolazi u procesu tiska, njegovo predviđanje sljedeći je bitan korak u optimizaciji. Poznato je da se vrlo teško može ustanoviti vrijednost geometrijske i optičke deformacije rasterskih elemenata tj.

razlika između njihove teorijske i stvarne veličine, pa se stoga računa ukupni prirast rastertonskih vrijednosti (Mrvac, 2003).

Za rastertonske vrijednosti jednobojnih reprodukcija primjenjuje se Yule-Nielsenova jednadžba (Hunt, 1991; Zjakić, 2007):

$$R(a) = (aR_s^{1/n} + (1 - a) \cdot R_0^{1/n})^n \quad (4)$$

gdje je  $1 \leq n \leq 2$ , za refleksiju tiskovnih  $R_s$  i netiskovnih  $R_0$  elemenata.

Kod višebojne reprodukcije potrebno je uzeti i parametre distribucije svjetlosti, pa se optički prirast rastertonskih vrijednosti može prikazati kao:

$$R(x, y, \lambda) = [(I(x, y, \lambda)T(x, y, \lambda)) \cdot P(x, y, \lambda)] T(x, y, \lambda) \quad (5)$$

gdje je  $\lambda$  valna dužina svjetlosti.

Rezultat reprodukcije uslijed realnog prirasta rastertonskih vrijednosti može se prikazati kao:

$$R(x, y) = 10^{-D_s(H(x,y)Q(x,y))} \quad (6)$$

gdje je  $D_s$  integralna gustoća obojene pune površine, a  $Q(x,y)$  funkcija rasipanja svjetlosti s površine.

Stoga se za sve četiri boje višetonske, višebojne reprodukcije rezultat uskupnog prirasta rastertonskih vrijednosti prikazuje formulom:

$$R_{CMYK}(x, y, \lambda) = R_C(x, y, \lambda) R_M(x, y, \lambda) R_Y(x, y, \lambda) R_K(x, y, \lambda) \quad (7)$$

Poznato je da je kvaliteta vizualne informacije ovisna o mediju koji ju prezentira, a informacije se najvećim dijelom odnose na informacije o transformaciji tristimulusnih vrijednosti boje. Međutim dio informacija o boji u toku proizvodnog procesa (fotoaparati, skeneri, računala, osvjetlivači, CtP uređaji, pisači, tiskarski strojevi itd.) gube. Stoga je potrebno transformirati informacije na način da se one gube u optimalno malim vrijednostima. To se postiže postavljanjem sustava u kojem će transformacija informacija o boji biti u optimalnim odnosima tj. color managementom (Mortimer, 1998; Kipphan, 2000). Tu je od velike važnosti istaknuti mapiranje gamuta, a to je način na koji se pojedine informacije o boji transformiraju iz jednog gamuta u drugi. Gamut predstavlja ograničeni skup informacija koje uređaji ili mediji posjeduju. Osnovu za izračunavanje gamuta čini Neugerbauerov model rastriranja, a samo mapiranje gamuta može biti jednodimenzionalno, dvodimenzionalno ili trodimenzionalno (Mortimer, 1998; Braun i Fairchild, 1999; McCann, 1999).

Bilo koji od načina da se odabre potrebno je zadovoljiti sljedećih pet uvjeta:

- nepromijenjenost osi sivoće slike
- zadržavanje maksimalnog kontrasta
- što manje boja treba ostati van granica gamuta
- što manji pomak tona i zasićenosti
- bolje je povećati nego smanjiti svjetlinu boje.

Metode mapiranja gamuta podijeljene su na tri osnovne skupine, a to su komprimiranje (linearno, nelinearno i kombinirano), obrezivanje i ekspaniranje (Glassner et al., 1995).

Kao važan moment u optimizaciji nanosa boje u procesu tiska, u samom procesu grafičke pripreme optimizira se udio šarenih boja (cijan, magenta i žuta) u smislu da se on zamijeni crnom bojom. Sharma i Starr (2010) su proveli istraživanje optimizacijske tehnologije obojenja koja uključuje UCR (*Under Color Removal*) i GCR (*Gray Color Replacement*) metode u svrhu uštede bojila, stabilnosti tiska i integracije proizvodnog procesa. Ove metode izuzetno su pogodne za ofsetni tisak gdje postoji zahtjev za visokom kvalitetom reprodukcije informacija, ali ujedno zbog tehničkih karakteristika postoje i uvjeti za uštede bojila. Ovo istraživanje utvrđuje kriterije procjene i statističkog *benchmarkinga* optimizacijske tehnologije obojenja. Ispitivanja su pokazala da su optimizacijske tehnologije obojenja u stanju obraditi datoteke u realnom vremenu, da nove optimizirane datoteke imaju niže CMY vrijednosti uz smanjenu potrošnju boje u tisku koji je stabilniji, no da je slika i dalje zadržala kolorimetrijske točnosti originala.

Kolorimetrijski modeli za optimizaciju izlaznih CMYK vrijednosti opisani su u radu Iiona i Bernsa (1998a). Autori navode dva modela kojima se predviđa spektralna refleksija boja. Jedan od njih je spektralni Murray-Davies-Yule-Nielsen model, a drugi Omatsu model. Isti autori u nastavku rada (1998b) predstavili su spektralni model koji predviđa spektralnu refleksiju boja pomoću *color proofing* sustava za simulaciju ofsetnog tiska. Model je prvobitno bio baziran na Neugebauerovoj jednadžbi modificiranoj Yule-Nielsenovom korekcijom. Nakon što su uočene sustavne pogreške primijenjen je već spomenut UCR model, te uz pomoć simplex metode izmijenjen je spektralni Neugebauerov model i izgrađen obrnuti model.

Iako se uz nastojanje zadržavanja što točnijih informacija kroz sve faze pripreme tiska, ipak gubi ili nepravilno prenese određena količina informacija do samog procesa tiska. Zbog toga primjenom visokosofisticiranih CtP (*Computer to Plate*) postupaka omogućava izbjegavanje onog dijela proizvodnje u kojem je najčešće dolazilo do nepravilnih transformacija informacija. CtP uređaji rade na principu ispuštanja međufaze snimanja filma na tiskovnu

formu, a digitalne informacije se direktno prenose s pripremljenog predloška na tiskovnu formu pomoću laserske glave (Kipphan, 2000).

Međutim osim u višestrukom transformiranju informacija, optimizacija je bitan segment i tehničkog aspekta grafičke pripreme tj. rasporeda tiskovnog arka. Tu je moguća primjena generičkih algoritama i modela linearnog programiranja (Elaoud, Teghem i Bouaziz, 2007). Autori na primjeru rasporeda omota za knjigu na tiskovnom arku predlažu uporabu prilagođenog generičkog algoritma i višekriterijskog generičkog algoritma s Pareto Fitness generičkim algoritmom i uspoređuju rješenja koja su proizašla.

Optimizacija samog proizvodnog procesa tiska potiče se već spomenutom standardizacijom, te minimizacijom utjecaja promjenivih uvjeta tiska kao što su (Berns, 2000; Zjakić, 2007):

- različita temperatura i vlažnost papira i radnog prostora
- promjena radne temperature sustava za obojenje
- promjena radne temperature sustava za vlaženje
- promjena viskoznosti bojila
- različite kohezije i adhezije sile pri prijenosu bojila
- nekonstantnost pH, dH i vodljivosti otopine za vlaženje
- izmjena brzine rada stroja
- različite karakteristike tiskovne površine
- različita kvaliteta i napetost ofsetne gume
- različiti i/ili neujednačeni pritisci između cilindara, te valjaka za obojenje i vlaženje.

Održavanje konstantnih uvjeta tiska danas je potpomognuto aparativnim upravljanjem tiskom koji obuhvaćaju automatizirano podešavanje stroja, daljinsko upravljanje strojem, te mjerenje i korekciju kvalitete otiska. Najpoznatiji sustavi za upravljanje tiskom su CPC i PRINECT Heidelberg, RCI, CCI, EPS i PECOM MAN Roland, OPERA i Logotronic KBA, te MAX Net Mitsubishi. S obzirom da je korišten u eksperimentalnom dijelu, u poglavlju 4.8.2.3. поближе je opisan sustav Logotronic KBA.

## ***II. Eksperimentalni dio***

#### 4. METODOLOŠKI OKVIR

Eksperimentalni dio rada obuhvaća pet glavnih etapa izrade novog modela, a to su analiza nultog procesa, preliminarne aktivnosti pokusa, eksperimentalno mjerenje, skupna analiza 27 parcijalnih procesa i modeliranje (slika 4-1). Svaka od pojedinih etapa bit će detaljno opisana u pripadajućim poglavljima.



Slika 4-1. Tijek istraživanja

Oblikovanje modela za optimizaciju tiska na načelima Six Sigme baziralo se na istraživanju proizvodnog procesa ofsetnog tiska iz arka. Stoga će u nastavku biti opisan princip ofsetnog tiska.

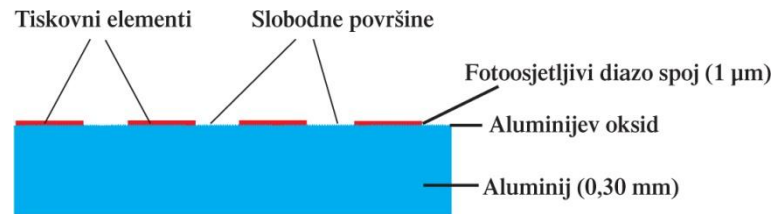
##### 4.1. Princip ofsetnog tiska

Ofsetni tisak ili ofset je indirektna plošna tehnika tiska koja se ubraja u glavne tehnike tiska i čija dominacija raste od 1970-ih godina.

Princip ofsetnog tiska zasniva se na svojstvima olefilnosti i oleofobnosti, tj. hidrofobnosti i hidrofilnosti tiskovnih i slobodnih površina na tiskovnoj formi uzrokovanim njezinim fizikalnim svojstvima (Majnarić, 2004). Tiskovna forma najčešće je tanka monometalna aluminijska ploča debljine od 0,15 do 0,7 mm (prosječno 0,3 mm) koja je presvučena fotoosjetljivim diazo slojem, a također može biti i višeslojna metalna ploča (npr. od bakra i kroma), te papirna ili plastična folija za manje naklade. Tiskovne i slobodne površine gotovo su u istoj ravnini, razlika je tek nekoliko  $\mu\text{m}$  ( $\Delta h$  0,5 - 5 $\mu\text{m}$ ), no bitno se razlikuju prema svojim fizikalno-kemijskim svojstvima (slika 4-2). Osnovni princip je baziran na fizikalnoj pojavi močenja.

Tiskovne površine građene su od nekog nepolarnog materijala male površinske energije (smole ili polimeri), dok su slobodne površine građene od polarnog materijala u pravilu velike površinske energije (mehanički zrnčani i anodno oksidirani aluminij). Materijali koji grade slobodne površine pokazuju dobra hidrofilna svojstva, no ne odlikuju se dovoljno izraženim oleofobnim svojstvima. Da bi se stvorila potrebna oleofobnost slobodnih površina, prije

nanošenja bojila na njih se nanosi otopina za vlaženje. Stoga je osnovna zadaća otopine za vlaženje u procesu ofsetnog tiska oleofobizacija slobodnih površina na tiskovnoj formi. Bojilo koje se potom nanosi veže se samo za tiskovne površine na tiskovnoj formi (Dragčević, 2010).

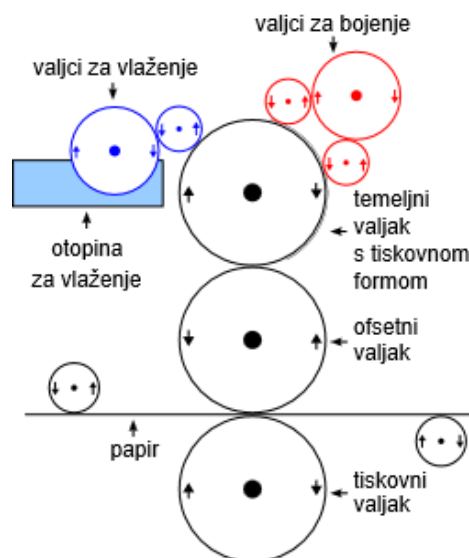


Slika 4-2. Presjek tiskovne forme za ofsetni tisak

Otisak se u procesu tiska transferira s ofsetne ploče koja je na temeljnom cilindru na gumenu navlaku na ofsetnom cilindru, a s nje na arak papira pritiskom tiskovnog cilindra. Debljina otiska tj. sloj bojila u ofsetnoj tehnici kreće se od 0,5 do 1,5  $\mu\text{m}$ . Otisak se može sušiti oksipolimerizacijom površinskog sloja, hlapljenjem i penetracijom tekućih komponenata bojila u tiskovnu podlogu.

Stroj za ofsetni tisak se sastoji od sljedećih elemenata (slika 4-3):

- ulagaćeg aparata
- uređaja za vlaženje tiskovne forme
- uređaja za bojenje tiskovne forme
- tiskovne jedinice
- izlagaćeg aparata.



Slika 4-3. Princip rada stroja za ofsetni tisak



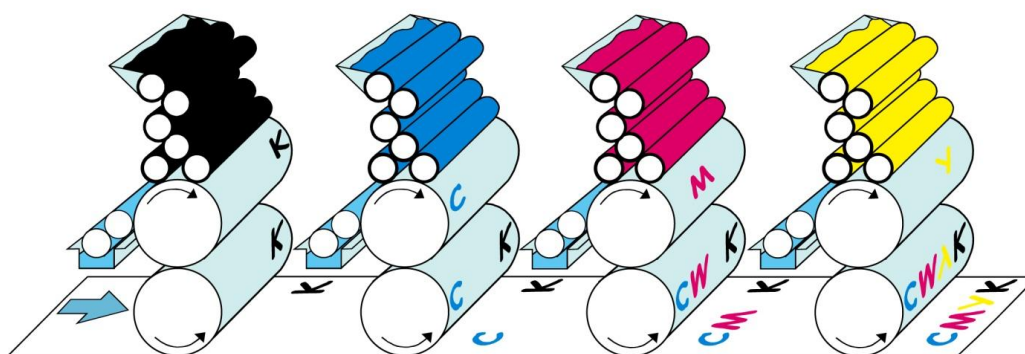
Uređaj za vlaženje tiskovne forme i uređaj za bojenje tiskovne forme prikazani su u poglavlju 5.6.

Ofsetni tisak karakterizira ekonomičnost, mogućnost tiska na različitim vrstama papira, polukartona i kartona, kao i tiska na hrapavim i metalnim površinama. Njime je moguće proizvesti fine zrcalne otiske i crteže, kao i fine, svijetle rasterske tonove jer je držanje rasterskih elemenata svijetlih tonova bolje nego kod fleksotiska i dubokog tiska. Ima relativno niski prirast rastertonskih vrijednosti na rasterski element i odlično drži registar tiska (paser). Također se odlikuje dugotrajnošću tiskovne forme.

Međutim, ofsetna tehnika tiska ima i dva velika nedostatka, a to su oksidacija tiskovne forme u slučaju nepravilnog korištenja i visoki fiksni troškovi pripreme zbog čega se manje naklade češće tiskaju tehnikom digitalnog tiska.

Kod višebojnog ofsetnog tiska od velike je važnosti redosljed otiskivanja boja, pa se prvo otiskuje crna (K), zatim tri boje suptraktivne sinteze: cijan (C), magenta (M) i na kraju žuta (Y) boja (slika 4-4). Tri boje suptraktivne sinteze (CMY) u 100%-tnim iznosima ne daju osjećaj crne, već zamno smeđe boje, pa se stoga tiska i crna boja. Tisak crne boje također je potreban i da se amortizira neidealna refleksija boja s površine tiskovne podloge kojima se uvijek nepoželjno reflektira i dio valnih dužina ostalog dijela vidljivog spektra. Crnom bojom se najčešće tiskaju elementi koji čine konture i tamne dijelove reprodukcije, a i akromatska crna boja je jeftinija od kromatskih boja (CMY).

Kod jednobojnih i dvobojnih strojeva redosljed je CMYK.



Slika 4-4. Redosljed otiskivanja boja u višebojnom ofsetnom tisku

Izvor: Kipphan, 2001.

Prema vrsti tiskovne forme ofsetni strojevi se dijele na strojeve za tisak iz arka i strojeve za tisak iz role. Prema broju boja koje se tiskaju u jednom prolazu ofsetni strojevi mogu biti jednobojni, dvobojni, četverobojni, peterobojni, šesterobojni, osmerobrojni i deseterobrojni.

Strojevi za tisak iz arka još se dijele na strojeve malog formata (veličina arka do A2 formata), srednjeg formata (veličina arka od A2 do B1 formata), te velikog formata (veličina arka veća od B1 formata).

Ova tehnika tiska za eksperimentalni dio rada je odabrana iz više razloga. Prvi leži u činjenici da je ofsetna tehnika jedna od najsloženijih tehnika tiska, pa je stoga i velik broj potencijalnih faktora koji mogu imati utjecaj na proces.

Nadalje, velik je i broj proizvoda u svakodnevnoj uporabi koji se proizvodi ovom tehnikom tiska, dakle slobodno se može reći da je ovo i najrasprostranjenija tehnika tiska. Njome se tiskaju monografije, višebojni časopisi, brošure, plakati, letci, omoti, ambalaža, vrijednosnice i sl.

I treća činjenica koja je imala utjecaj pri odluci koju tehniku odabrati je ta da za ovu tehniku tiska postoji najveći broj razvijenih alata i postupaka za kontrolu kvalitete.

Međutim ovaj model će biti primjenjiv i u optimizaciji klasičnog ofsetnog tiska prema tipu stroja i na tisak iz role (novinska i revijska rotacija), a prema broju tiskovnih agregata osim na tisak na jednobožnim, dvobožnim, četverobožnim, peterobožnim, šesterobožnim, osmerobožnim i deseterobožnim strojevima sa ili bez agregata za lakiranje i sušenje.

Također će uz manje modifikacije biti primjenjiv i u ostalim tehnikama tiska kao što su suhi ofset, alkoholni ofset, duboki tisak i fleksotisak. No uvjet je da se optimizacijska jednadžba modela bazira na tri ključne varijable tj. kontrolirana faktora iz modela utjecaja. Što bi se u model uključivao veći broj varijabli, on bi davao preciznije optimalno rješenje, no podlijegao bi promjenama u broju mjerenja, aproksimacija, kao i vektora i matrica. Princip modifikacije bit će objašnjen u zaključku.

## **4.2. Analiza nultog procesa**

Prije utvrđivanja ključnih varijabli u planiranju pokusa potrebno je bilo dobiti uvid u činjenično stanje tiskovnog procesa.

Proces koji se pratio u tu svrhu nazvan je nulti proces. Analiza nultog procesa bila je nužna kako bi se utvrdilo da li je proces u stanju statističke kontrole, da li je normalno distribuiran što znači da ima stabilnost čime se omogućuje predviđanje njegovog funkcioniranja. Kada je

proces pod kontrolom također je i manja vjerojatnost da promatrani parametri procesa izađu izvan specificiranih kontrolnih granica. Također trebalo je provjeriti da li je proces ispravno centriran u odnosu na definirane i praćene karakteristike proizvoda.

Karakteristike proizvoda koje se pratilo su:

- prirast rastertonske vrijednosti u polju 40%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- prirast rastertonske vrijednosti u polju 80%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- gustoća obojenja u polju 100%-tnog nanosa boje za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- registar tiska (paser)
- geometrijske deformacije rasterskog elementa (smicanje, dubliranje, razmazivanje)
- sivi balans
- registar savijanja papira
- registar rezanja papira
- otiranje otiska

Sve navedene karakteristike detaljnije su opisane u poglavlju 4.8.3.1.

Osim kontrole karakteristika povezanih s funkcionalnim zahtjevima proizvoda, nužno je bilo pratiti i faktore utjecaja na proces, a to su temperatura i vlažnost papira, temperatura i viskoznost bojila, temperatura, provodljivost, kiselost (pH), tvrdoća (dH) otopine za vlaženje i udio alkohola u otopini vlaženje.

Prvi korak u analizi nultog procesa bilo je provođenje deskriptivne analize da bi se dobiveni podaci razumjeli i pripremili za modeliranje.

Deskriptivna analiza kroz grupiranje tj. uređivanje i sažimanje podataka odn, formiranje statističkih nizova, njihovo tablično prikazivanje i grafičku analizu, te izračunavanje brojčanih pokazatelja opisuje osnovne karakteristike statističkih serija.

Također su se za pravilo zaključivanja o distribuciji podataka uz razinu statističke značajnosti od 95% definirale hipoteze:

*$H_0$ : distribucija podataka je oblika normalne distribucije*

*$H_1$ : distribucija podataka nije oblika normalne distribucije*

Pri čemu je pravilo odlučivanja:

*ako je  $p$ -vrijednost  $> \alpha$ , ne može se odbaciti  $H_0$*

*ako je  $p$ -vrijednost  $< \alpha$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvaća  $H_1$*

Mjere unutar deskriptivne analize koje su se promatrale su:

### ***Histogram***

S obzirom da je cilj postići stabilan simetričan proces histogram je posebno koristan alat statističke kontrole kvalitete u otkrivanju neuobičajenih uzroka varijacija podataka, pa se pomoću njega promatrala centriranost ili decentriranost razdiobe podataka, raspršenost, odn. disperzija numeričkih podataka ili varijabilnost oko centra, te oblik razdiobe podataka (asimetrija, nagnutost i zaobljenost distribucije).

### ***Dijagram rasipanja***

Dijagram rasipanja koristio se za prikazivanje povezanosti dvije ili više varijabli, tj. postoji li među varijablama linearna, nelinearna, krivolinijska povezanost, ili između promatranih varijabli uopće nema povezanosti.

### ***Mjere oblika distribucije podataka***

Kao mjere oblika distribucije podataka promatrali su se koeficijent asimetrije (*Skewness*) ili  $\alpha_3$  da se opiše oblik distribucije, te koeficijent zaobljenosti (*Kurtosis*) ili  $\alpha_4$  da se opiše zaobljenost vrha distribucije.

### ***Mjere centralne tendencije i položaja***

Kao mjere centralne tendencije promatrale su se aritmetička sredina i geometrijska sredina, te mod (*Mode*) ili najčešća vrijednost i medijan (*Median*) ili mjera položaja koja dijeli niz podataka na dva jednakobrojna dijela.

### ***Mjere disperzije***

Kao mjere disperzije promatrale su se varijanca ili prosječna vrijednost kvadrata odstupanja pojedinih vrijednosti niza podataka od njihovih prosjeka, standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka u apsolutnom iznosu, koeficijent varijacije kao prosječno odstupanje od prosjeka, te srednje apsolutno odstupanje (*MAD* ili *Mean Absolute Deviation*) ili mjera disperzije temeljena na apsolutnim odstupanjima vrijednosti varijable od prosjeka.

### ***Izdvojenice***

Također se provjerilo postoje li izdvojenice ili „*outlieri*“ tj. ekstremne vrijednosti koje su netipično male ili netipično velike iz bilo kojeg razloga (neuobičajene okolnosti, pogrešno mjerenje, pogrešan unos podataka i sl.).

Osim mjera deskriptivne analize, napravljene su i  $\bar{X} - R$  statističke kontrolne karte.  $\bar{X} - R$  kontrolna karta daje uvid u kretanje proizvodnog procesa na osnovu statističke teorije i

vjerojatnosti. Njome se registriraju dva vrlo važna pokazatelja, a to su kretanje aritmetičkih sredina uzorka i kretanje raspona uzorka.

Ove statističke kontrolne karte su pogodne jer omogućuju jasan pregled stanja i promjena u procesu, imaju ugrađenu osjetljivost na promjene u procesu, te daju pouzdanu kronološku sliku o procesu i ukazuju na potrebu poduzimanja korekcijskih zahvata. Proizvodni proces je pod kontrolom kada su njegove prirodne granice unutar zadanih dozvoljenih granica kontrole (*LCL* ili *Lower Control Limit* i *UCL* ili *Upper Control Limit*). Kontrolne granice moguće je postaviti ili izračunati na osnovu snimljenih podataka iz proizvodnog procesa ( $\bar{X}$  i  $R$ ), zadane tolerancije ( $T$ ) i poznatog rasipanja procesa ( $\sigma_0$ ). Za potrebe ovog rada korišten je treći način, dakle na osnovu poznatog rasipanja procesa.

U analizi kontrolnih karata bitno je obratiti pažnju na srednju liniju, srednji prosjek raspona i kontrolne granice.

Proces je stabilan ako je:

- od posljednjih 25 točaka, svaka u kontrolnim granicama
- od posljednjih 35 točaka, samo jedna van kontrolnih granica
- od posljednjih 100 točaka (više od 50), su dvije van kontrolnih granica.

#### **4.2.1. Analiza varijabli $X_1$ , $X_2$ , $Z_1$ , $Z_2$ , $W_4$ i $W_5$**

Varijable  $X_1$  (temperatura papira),  $X_2$  (vlažnost papira),  $Z_1$  (tvrdoća otopine za vlaženje),  $Z_2$  (viskoznost bojila),  $W_4$  (provodljivost otopine za vlaženje) i  $W_5$  (udio alkohola u otopini za vlaženje) u svim daljnjim proračunima bile su postavljene kao konstante. Kao konstante su bile postavljene iz razloga što ih se ili ne može iz tehničkih razloga u procesu mjeriti, ili se ne može kontrolirati njihov utjecaj na proces. No s obzirom da ih se ne smije zanemariti, bilo je potrebno provesti testiranje značajnosti varijabli u modelu da se provjeri imaju li one značajan utjecaj na ponašanje modela (*vidi poglavlje 5.2.*).

Frekvencija i veličina uzorka od 100 mjerenja temelji se na preliminarnom procjenjivanju sposobnosti procesa koje se provodi na početku odvijanja procesa ili nakon relativno kratkog praćenja procesa kada se uzima uzorak od najmanje 100 jedinica.

Reprezentativnost kao i ostale karakteristike uzorka obrađene su u nastavku rada za svaku varijablu.

Temperatura i vlažnost papira bile su postavljene kao konstante zato što u tijeku proizvodnog procesa tiska zbog tehničkih ograničenja nije bilo u mogućnosti kontrolirati njihove vrijednosti.

Viskoznost bojila bila je postavljena kao konstanta zato što proizvođač bojila podrazumijeva optimalnu viskoznost, ako je primijenjeno pri zadanoj radnoj temperaturi koja se podešava na sustavu za obojenje. Nije predviđeno dodavanje nikakvih dodataka u bojilo koji bi imali utjecaj na njegovu viskoznost.

Otopina za vlaženje može biti tvornički pripremljena i tada njezina tvrdoća ovisi o količini dodataka kao što su sredstvo za podmazivanje, sredstvo za sprečavanje korozije, sredstvo za suzbijanje pjene, te površinski aktivne tvari kao što je alkohol. Ako se priprema u tiskari, njezina tvrdoća ovisi o kvaliteti vode koja se koristi za njezinu pripremu tj. o količini krede i vapnenca u vodi.

Provodljivost otopine za vlaženje ovisi o ionskoj vodljivosti vode, njezinoj tvrdoći i kiselosti. S obzirom da je provodljivost otopine za vlaženje u direktnoj ovisnosti s njezinim kemijskim sastavom, provodljivost je također definirana kao konstanta.

Udio alkohola u otopini za vlaženje također će biti tretiran kao konstanta jer će se koristiti tvornički pripremljena otopina za vlaženje. Iako promjene u temperaturi otopine za vlaženje mogu utjecati na udio alkohola, a time i na pH otopine za vlaženje, te su promjene neznatne i stoga mogu biti zanemarene u eksperimentalnom dijelu rada.

S obzirom da za navedenih šest varijabli nema odstupanja (varijabilnosti) nije bilo moguće napraviti histogram i dijagram rasipanja.

Iz tablica 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5 i 4-6 je vidljivo da nema srednjeg apsolutnog odstupanja i standardne devijacije, te da su srednja i prosječna vrijednost jednake minimalnoj i maksimalnoj vrijednosti. Naknadno je proveden i test značajnosti varijabli u modelu (*vidi poglavlje 5.2.*).

Tablica 4-1. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $X_1$

N	Min °C	Max °C	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablica 4-2. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $X_2$

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablica 4-3. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $Z_1$

N	Min °dH	Max °dH	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablica 4-4. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $Z_2$

N	Min dPa.s	Max dPa.s	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	160,0	160,0	160,0	160,0	160,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablica 4-5. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $W_4$

N	Min $\mu$ s	Max $\mu$ s	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	2000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablica 4-6. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $W_5$

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### 4.2.2. Analiza varijable $W_1$

Varijabla  $W_1$  (temperatura bojila) prva je od analiziranih varijabli koja je u procesu definirana s LSL od 21,0°C, USL od 24,0°C, te TV ili ciljanom vrijednosti od 22,0°C.

Iz tablice 4-7 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 26,9°C, maksimalna 27,2°C, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 27,024.

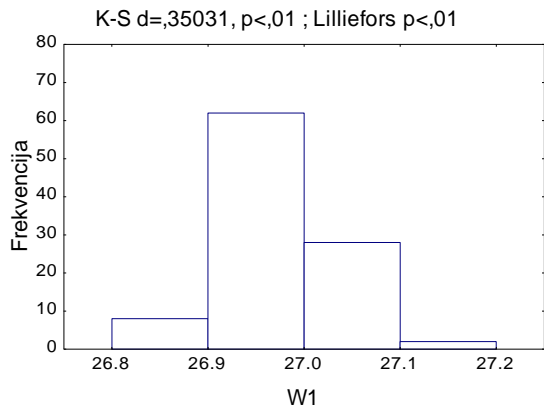
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,06215, te uz koeficijent varijacije od 0,229981 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  (0,304188) koja je veća od nule, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je vrh distribucije zašiljeniji od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  veći od tri (3,334545).

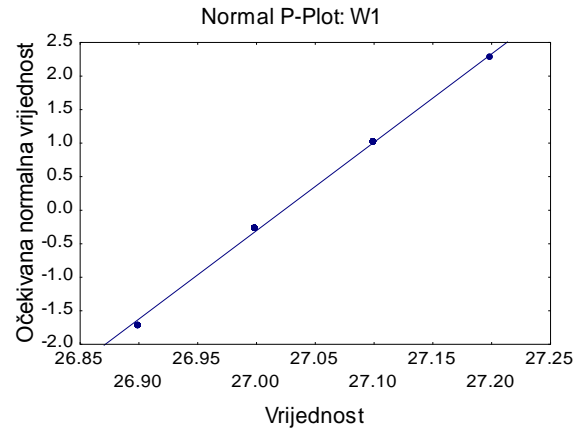
Tablica 4-7. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $W_1$

N	Min °C	Max °C	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	26,9	27,2	27,024	27,0	1,0	0,003863	0,06215	0,229981	0,304188	0,334545

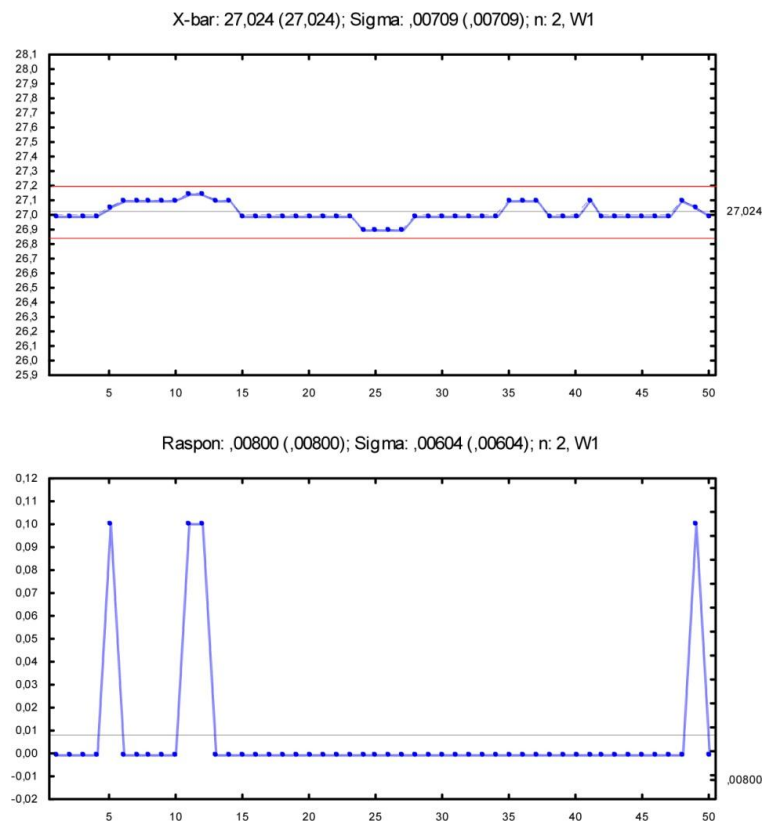
Promatrajući histogram (slika 4-5) također se može vidjeti da je distribucija desno asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-6) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



Slika 4-5. Histogram distribucije varijable  $W_1$

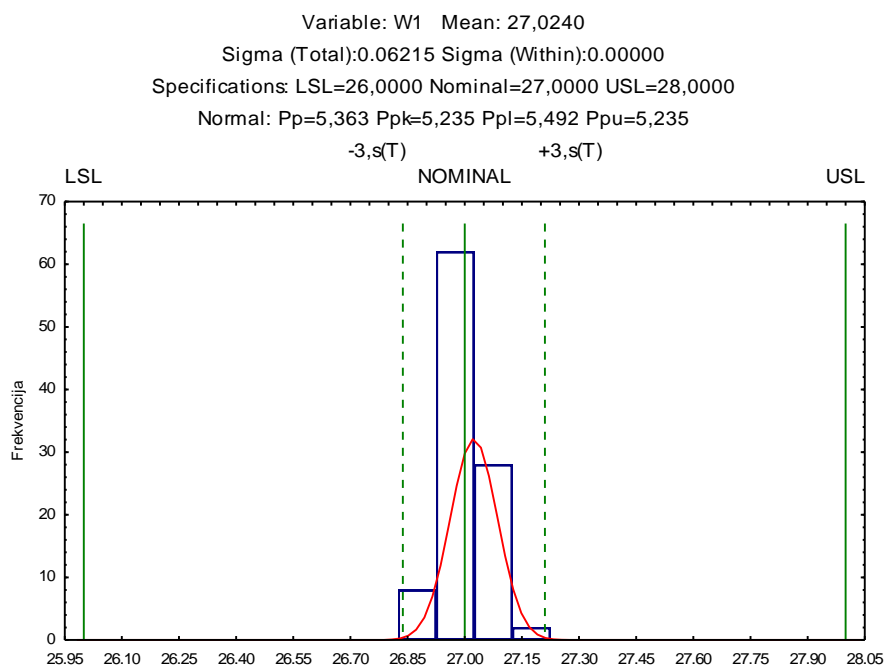


Slika 4-6. Dijagram rasipanja varijable  $W_1$



Slika 4-7.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable  $W_1$





Slika 4-8. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable  $W_1$

Promatrajući  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-7) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-8) može se zaključiti da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.3. Analiza varijable $W_2$

Također je analizirana i varijabla  $W_2$  (temperatura otopine za vlaženje) koja je u procesu definirana s LSL od 8,0°C, USL od 12,0°C, te TV ili ciljanom vrijednosti od 10,2°C.

Iz tablice 4-8 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 9,2°C, maksimalna 10,5°C, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 10,0.

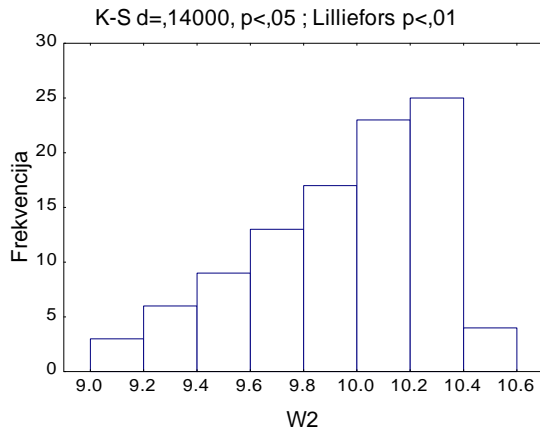
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,338744, koja uz koeficijent varijacije od 3,387440 ukazuje na vrlo malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je manja od nule (-0,65231), može se zaključiti da je distribucija negativno asimetrična, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,56212) pa je vrh distribucije plosnati od normalne distribucije.

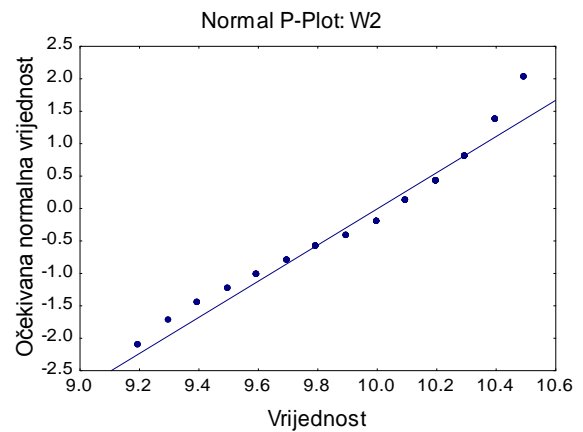
Tablica 4-8. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $W_2$

N	Min °C	Max °C	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	9,2	10,5	10,0	10,1	1,0	0,114747	0,338744	3,38744	-0,65231	-0,43788

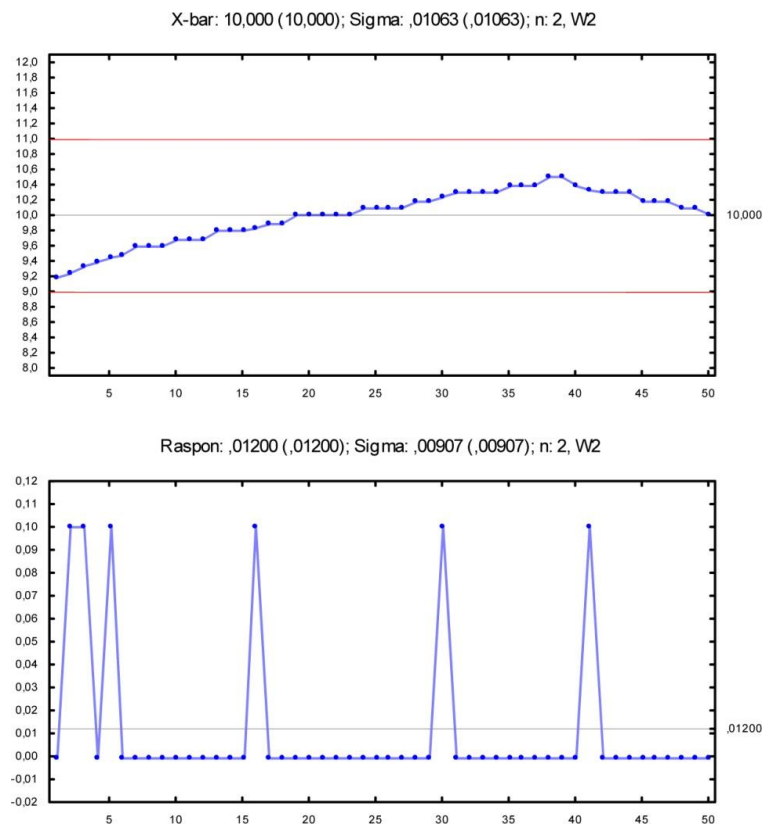
Histogram (slika 4-9) također pokazuje lijevo asimetrična distribuciju, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-10) je vidljivo da u niti u ovim podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



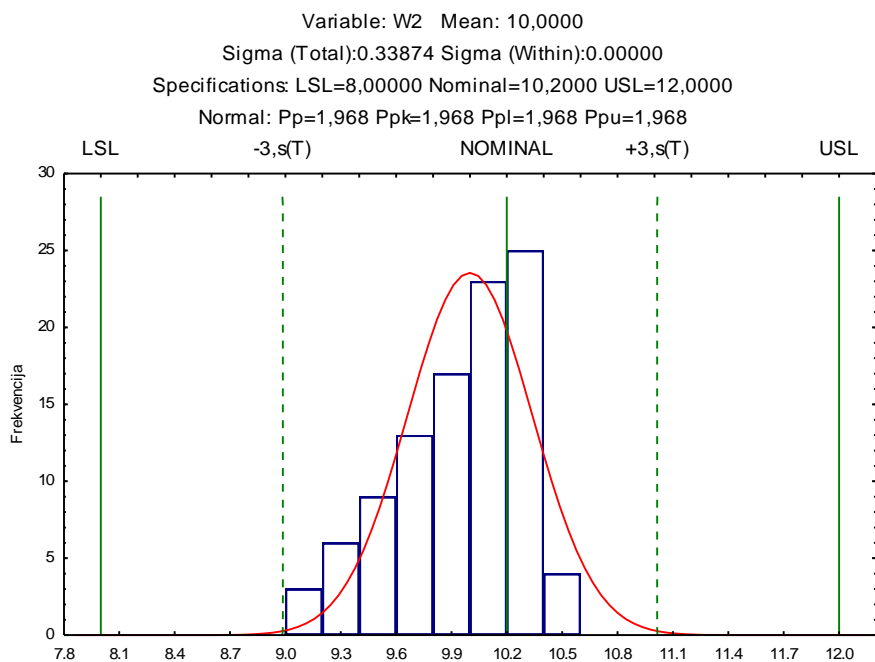
Slika 4-9. Histogram distribucije varijable  $W_2$



Slika 4-10. Dijagram rasipanja varijable  $W_2$



Slika 4-11.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable  $W_2$



Slika 4-12. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable  $W_2$

Analizirajući  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-11) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-12) može se zaključiti da je i ovaj proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.4. Analiza varijable $W_3$

Nadalje je analizirana i varijabla  $W_3$  (pH otopine za vlaženje) koja je u procesu definirana s LSL od 4,0, USL od 7,0, te TV ili ciljanom vrijednosti od 5,6.

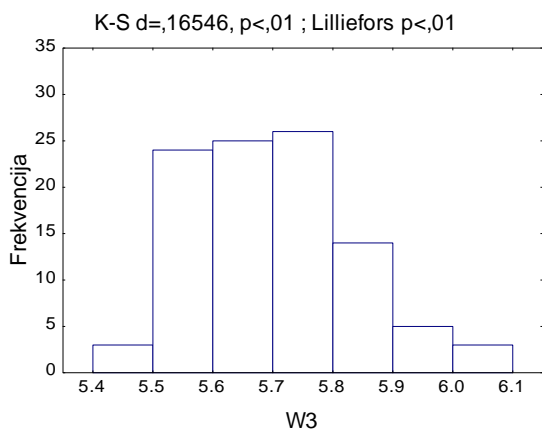
Iz rezultata (tablica 4-9) je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 5,5, maksimalna 6,1, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 5,751.

Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,136696, koja uz koeficijent varijacije od 2,376912 ukazuje na vrlo malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

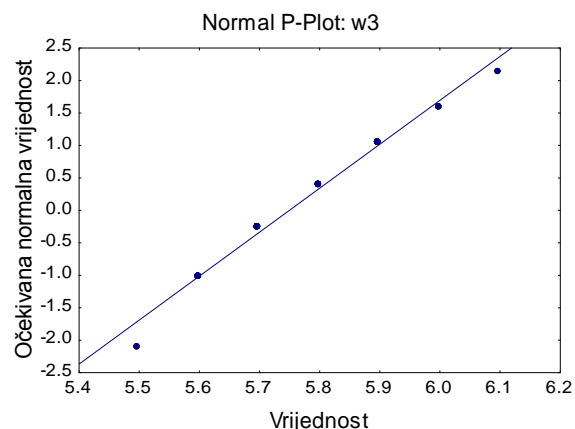
Mjera asimetrije  $\alpha_3$  u iznosu od 0,487054 ukazuje na pozitivno asimetričnu distribuciju, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,8371) pa je vrh i ove distribucije plosniji od normalne distribucije.

Tablica 4-9. Vrijednosti deskriptivne analize varijable  $W_3$

N	Min pH	Max pH	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	5,5	6,1	5,751	5,7	1,0	0,018686	0,136696	2,376912	0,487054	-0,1629



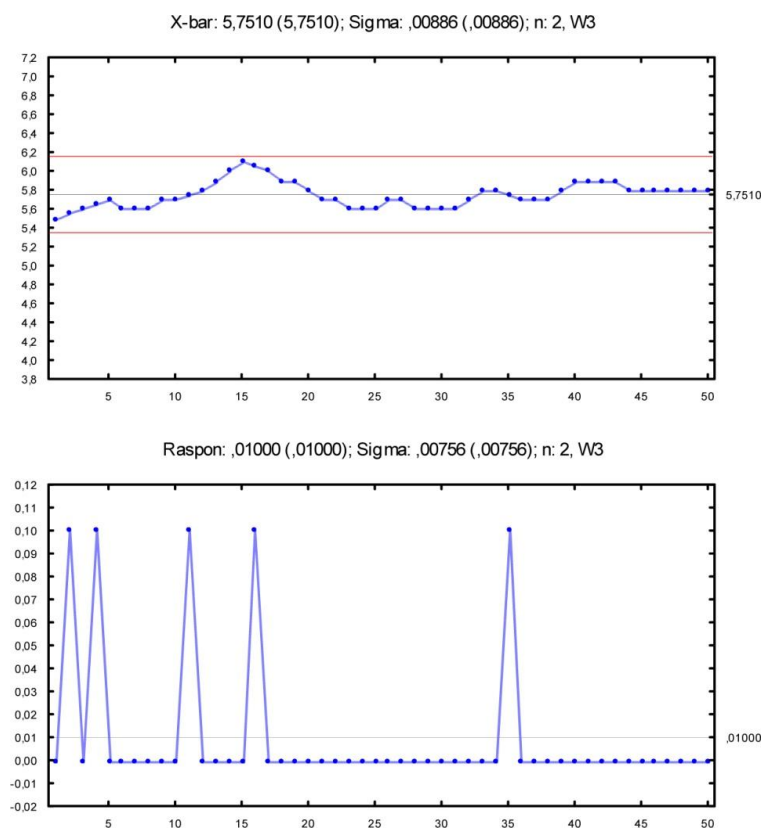
Slika 4-13. Histogram distribucije varijable  $W_3$



Slika 4-14. Dijagram rasipanja varijable  $W_3$

Desno asimetrična distribucija vidljiva je i iz histograma (slika 4-13), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,01 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, mada je iz dijagrama rasipanja (slika 4-14) vidljivo da među podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.

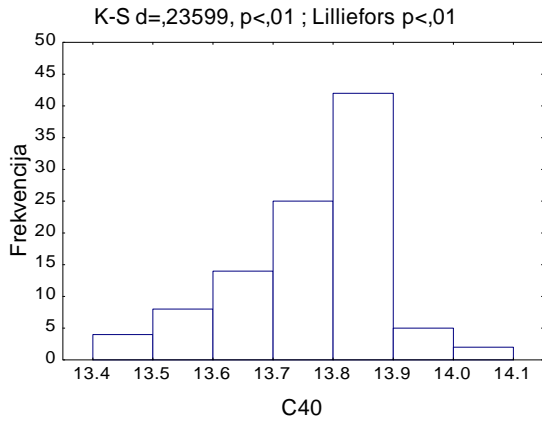
Također izdvojenice ili *outlieri* nisu vidljivi na dijagramu rasipanja (slika 4-14).



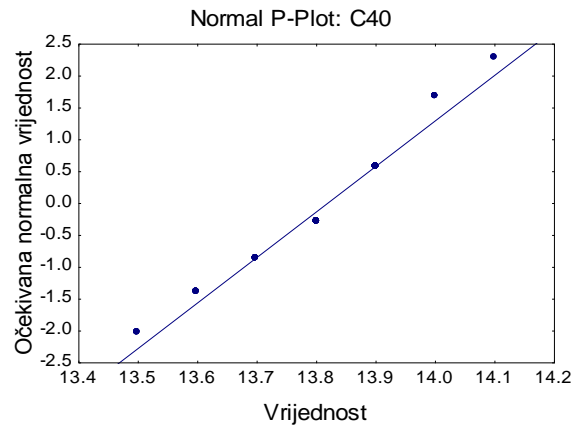
Slika 4-15.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable  $W_3$



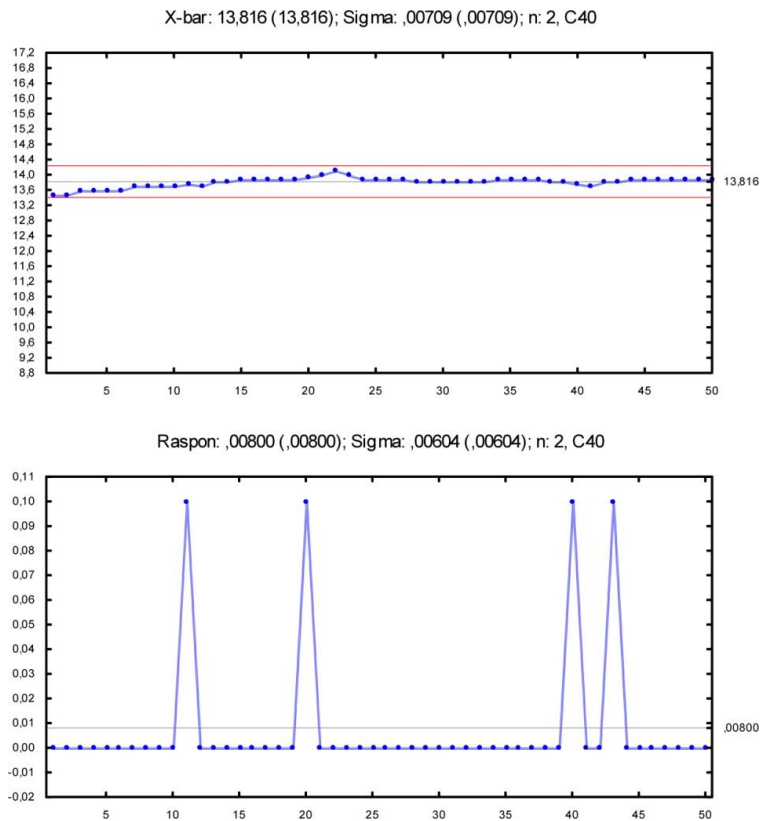
Promatrajući histogram (slika 4-17) također se može vidjeti da je distribucija lijevo asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-18) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



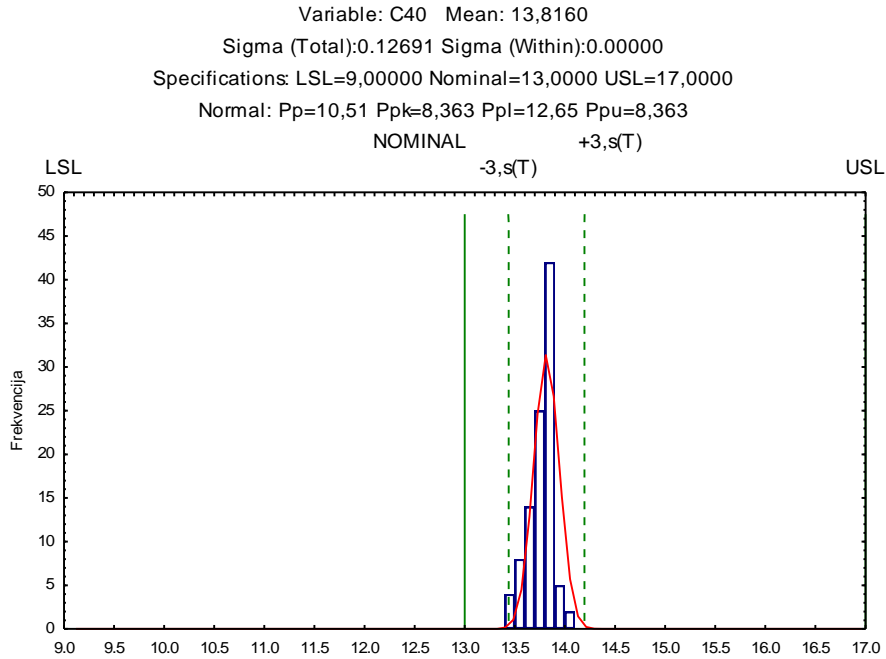
Slika 4-17. Histogram distribucije varijable C40



Slika 4-18. Dijagram rasipanja varijable C40



Slika 4-19.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable C40



*Slika 4-20. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable C40*

Promatrajući  $\bar{X}$  – R kontrolne karte (slika 4-19) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-20) može se zaključiti da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### **4.2.6. Analiza varijable M40**

Također je analizirana i varijabla M40 (40%-tna rastertonska vrijednost boje magenta) koja je u procesu definirana s LSL od 9,0%, USL od 17,0%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 13,0%. Iz tablice 4-11 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 13,4%, maksimalna 13,8%, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 13,588.

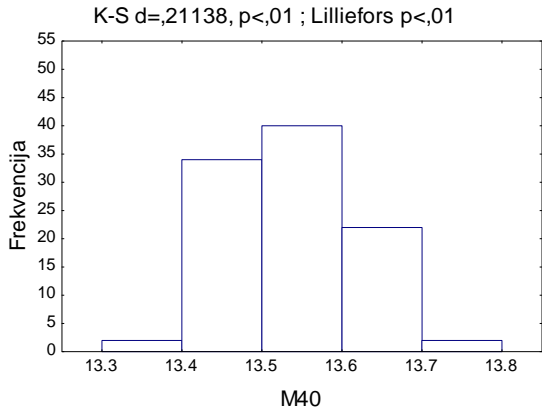
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,084423, koja uz koeficijent varijacije od 0,621307 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je iznosi 0,232527, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,45059) pa je vrh distribucije plosnatiiji od normalne distribucije.

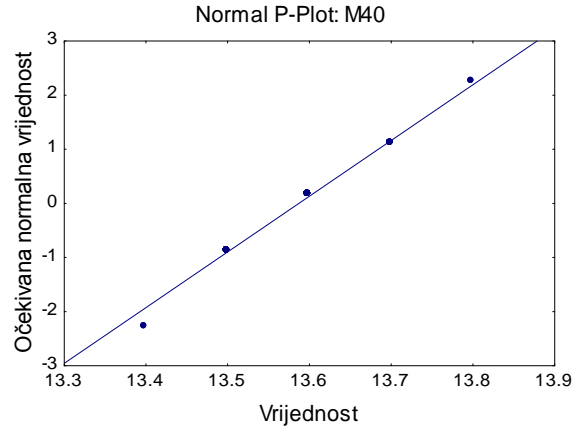
*Tablica 4-11. Vrijednosti deskriptivne analize varijable M40*

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	13,4	13,8	13,588	13,6	1,0	0,007127	0,084423	0,621307	0,232527	-0,54941

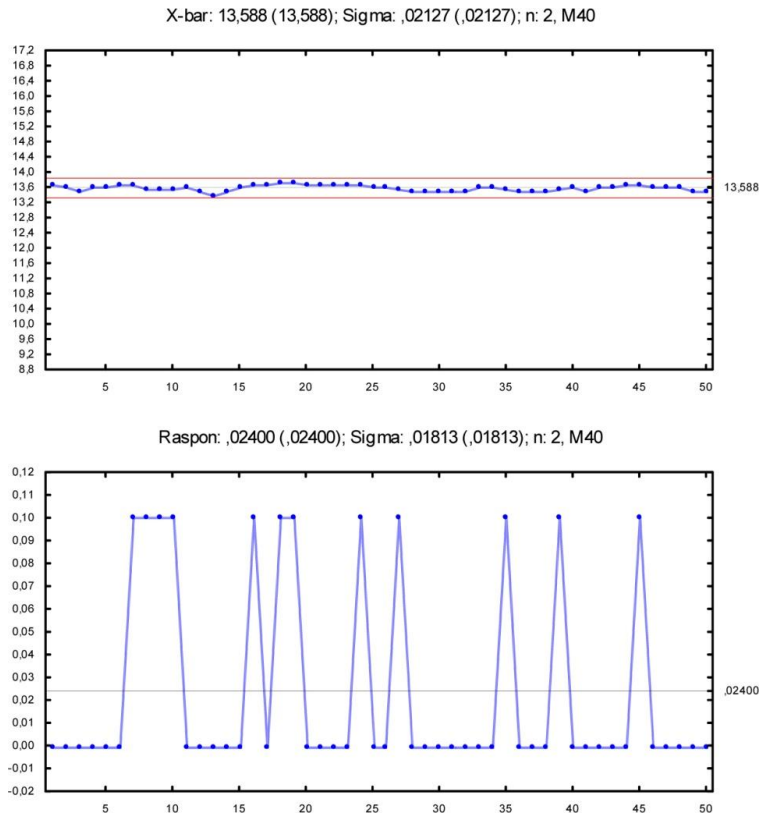
Desno asimetrična distribucija također je vidljiva iz histograma (slika 4-21), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,01 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, mada je iz dijagrama rasipanja (slika 4-22) vidljivo da među podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



Slika 4-21. Histogram distribucije varijable M40

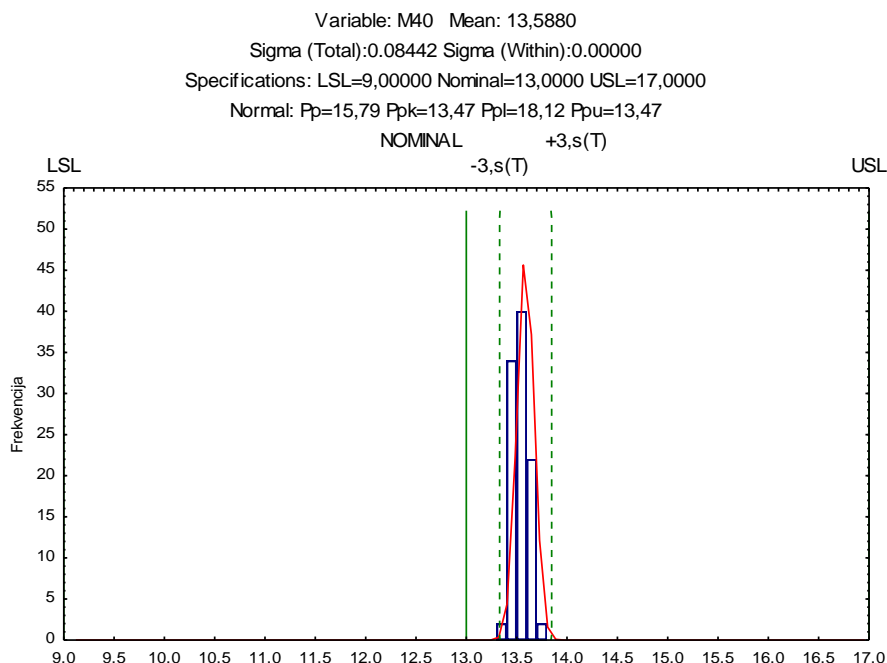


Slika 4-22. Dijagram rasipanja varijable M40



Slika 4-23.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable M40





*Slika 4-24. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable M40*

Iz  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-23) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-24) može se zaključiti da je također i ovaj proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.7. Analiza varijable Y40

Varijabla Y40 (40%-tna rastertonska vrijednost žute boje) također je jedna od analiziranih varijabli, a u procesu je definirana s LSL od 9,0%, USL od 17,0%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 13,0%.

Iz tablice 4-12 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 13,6%, maksimalna 14,0%, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 13,752.

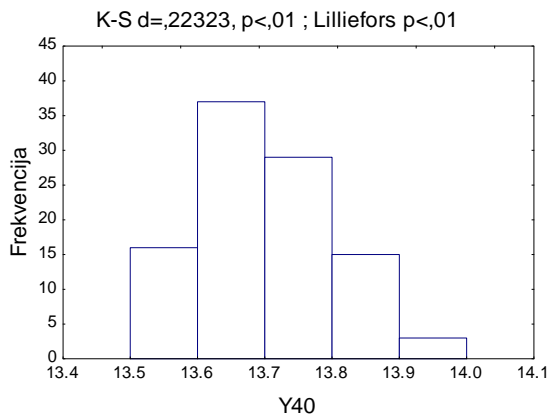
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,126966, te uz koeficijent varijacije od 0,748736 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka i ove varijable.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  (0,341809) koja je veća od nule, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je vrh distribucije plosnatiiji od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,53357).

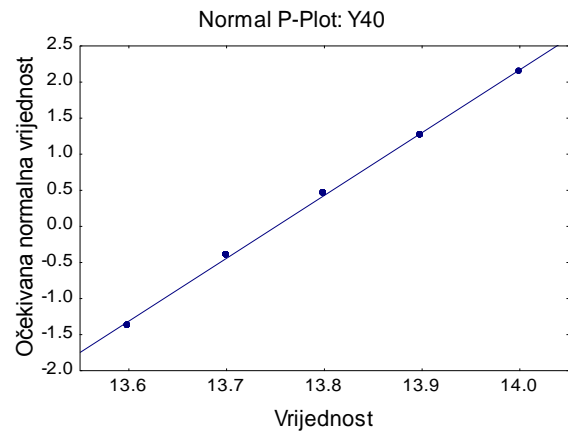
*Tablica 4-12. Vrijednosti deskriptivne analize varijable Y40*

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	13,6	14,0	13,752	13,7	1,0	0,010602	0,102966	0,748736	0,341809	-0,46643

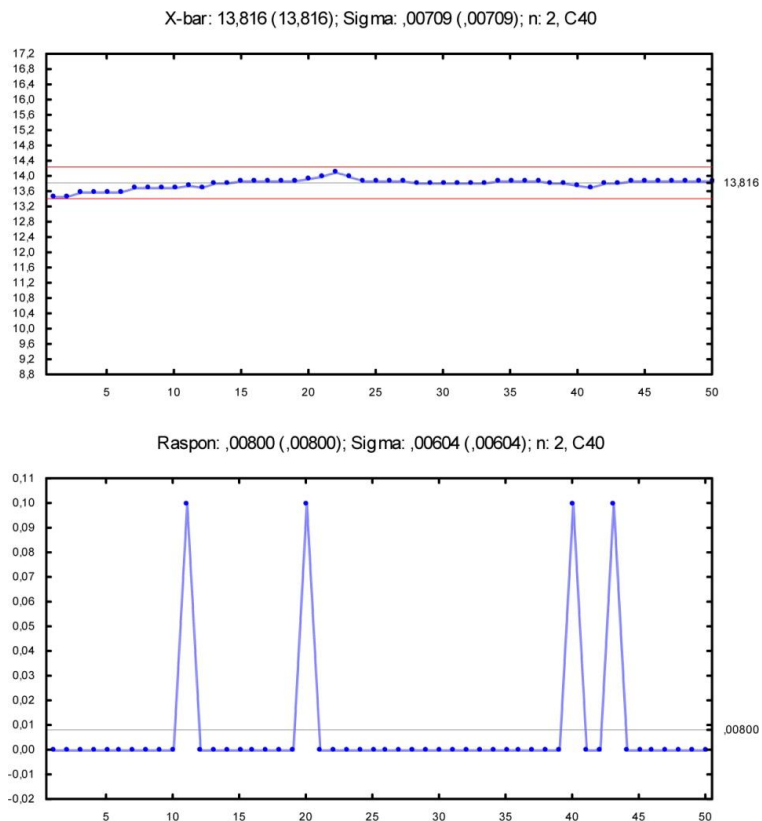
Pozitivno ili desno asimetrična distribucija vidljiva je i iz histograma (slika 4-25), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,01 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani. Dijagram rasipanja koji pokazuje linearnu povezanost (slika 4-26) ne ukazuje na izdvojenice.



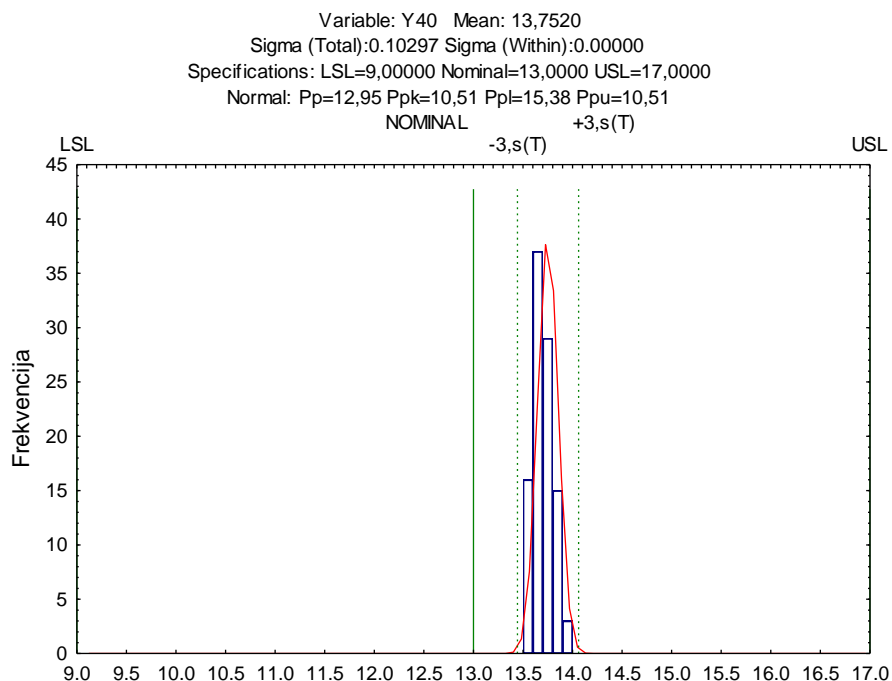
Slika 4-25. Histogram distribucije varijable Y40



Slika 4-26. Dijagram rasipanja varijable Y40



Slika 4-27.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable Y40



Slika 4-28. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable Y40

Analizirajući  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-27) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-28) može se zaključiti da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.8. Analiza varijable K40

Varijabla K40 (40%-tna rastertonska vrijednost crne boje) sljedeća je od analiziranih varijabli koja je u procesu definirana s LSL od 12,0%, USL od 20,0%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 16,0%.

Iz tablice 4-13 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 16,6%, maksimalna 17,0%, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 16,807.

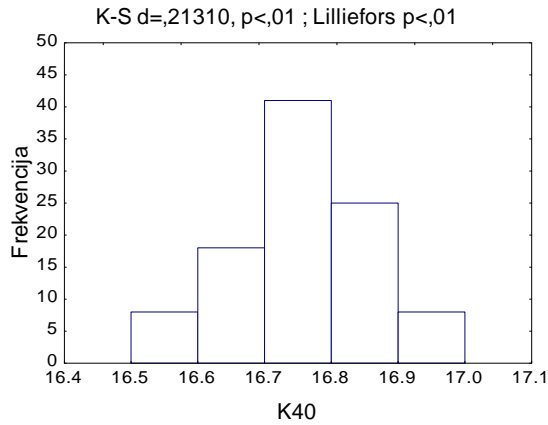
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,103724, te uz koeficijent varijacije od 0,103724 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka ove varijable.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je manja od nule (-0,14225), može se zaključiti da je distribucija negativno asimetrična, dok je vrh distribucije plosnati od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,69019).

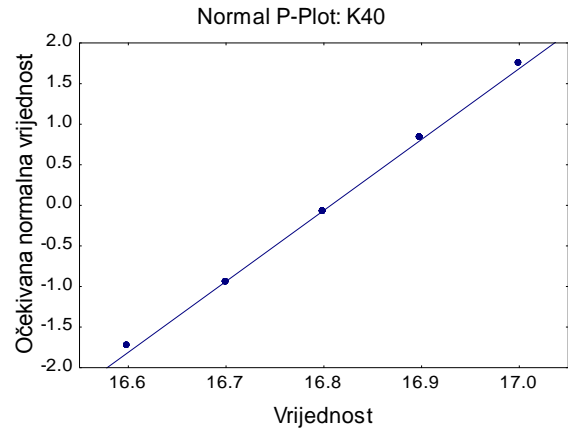
Tablica 4-13. Vrijednosti deskriptivne analize varijable K40

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	16,6	17,0	16,807	16,8	1,0	0,010759	0,103724	0,617145	-0,14225	-0,30981

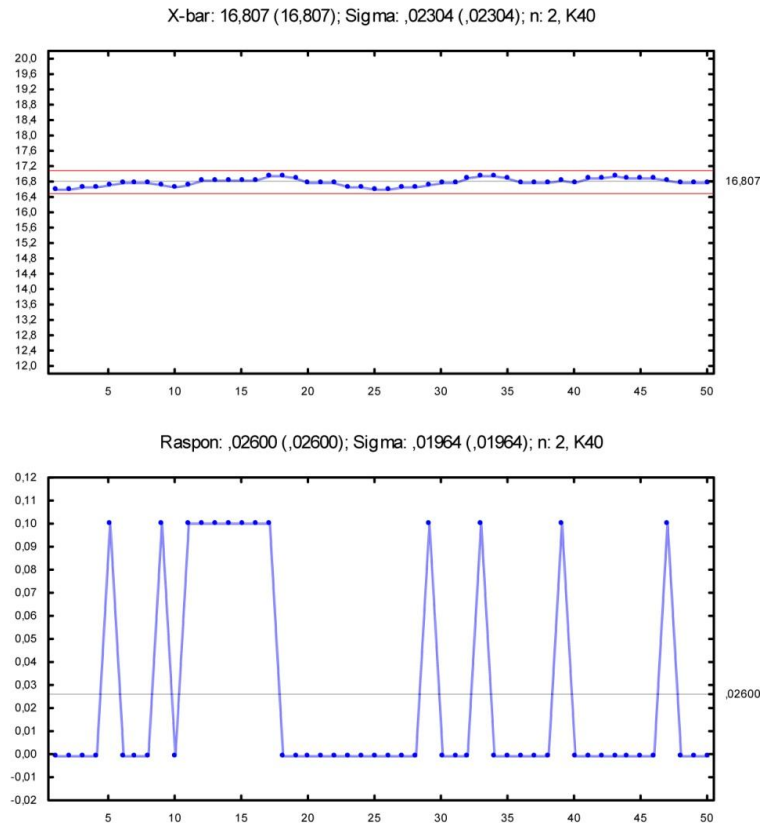
Promatrajući histogram (slika 4-29) također se može vidjeti da je distribucija lijevo asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ( $<0,01$ ) ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-30) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



Slika 4-29. Histogram distribucije varijable K40



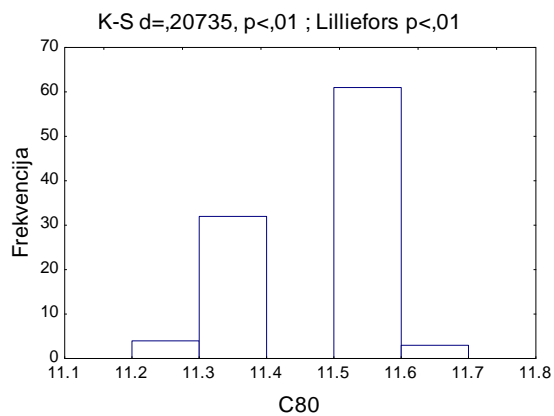
Slika 4-30. Dijagram rasipanja varijable K40



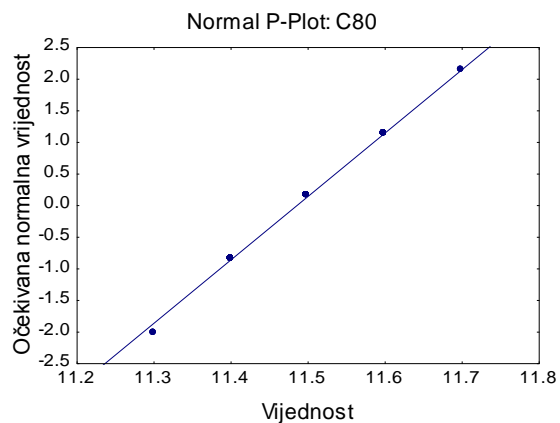
Slika 4-31.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable K40



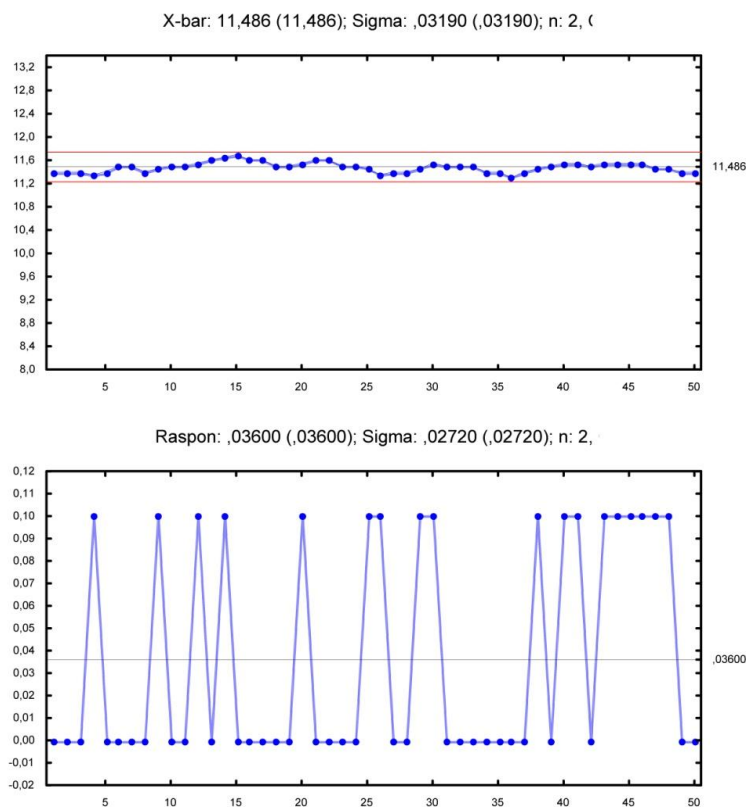
Promatrajući histogram (slika 4-33) također se može vidjeti da je distribucija desno ili pozitivno asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-34) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



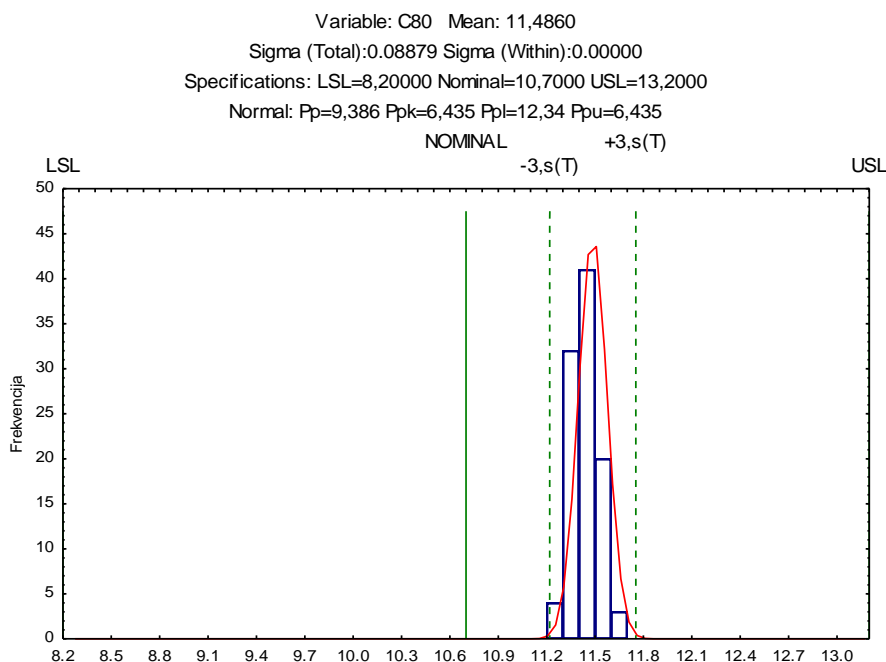
Slika 4-33. Histogram distribucije varijable C80



Slika 4-34. Dijagram rasipanja varijable C80



Slika 4-35.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable C80



*Slika 4-36. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable C80*

Iz  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-35) i histograma preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-36) može se zaključiti da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### **4.2.10. Analiza varijable M80**

Varijabla M40 (80%-tna rastertonska vrijednost boje magenta) u procesu je definirana s LSL od 8,2%, USL od 13,2%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 10,7%.

Kao što je vidljivo u tablici rezultata (tablica 4-15) minimalna vrijednost je iznosila 11,0%, maksimalna 11,4%, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 11,253.

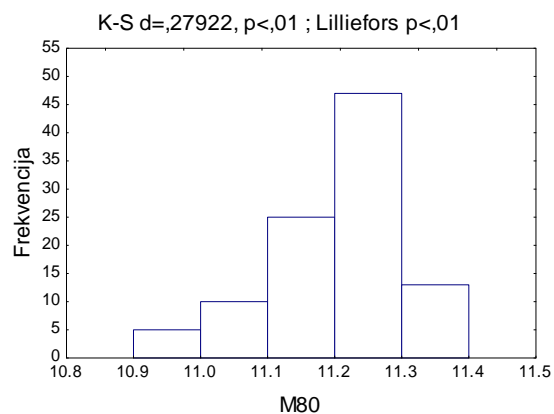
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,10096, koja uz koeficijent varijacije od 0,897183 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

S obzirom da je  $\alpha_3$  ili mjera asimetrije iznosila -0,744528, može se zaključiti da je distribucija negativno asimetrična, dok je pokazatelj zaobljenosti ili  $\alpha_4 + 3$  veći od tri (3,260202) što govori da je vrh distribucije šiljatiji od normalne distribucije.

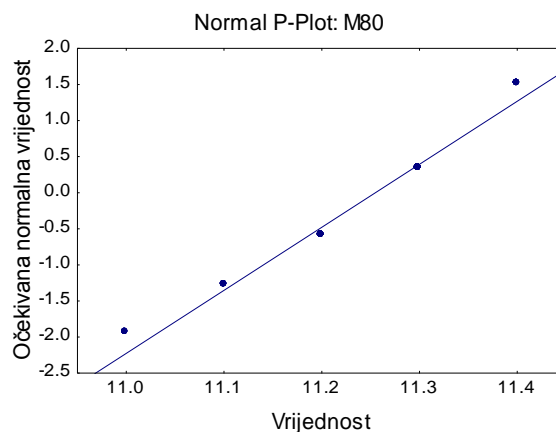
*Tablica 4-15. Vrijednosti deskriptivne analize varijable M80*

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	11,0	11,4	11,253	11,3	1,0	0,010193	0,10096	0,897183	-0,744528	0,260202

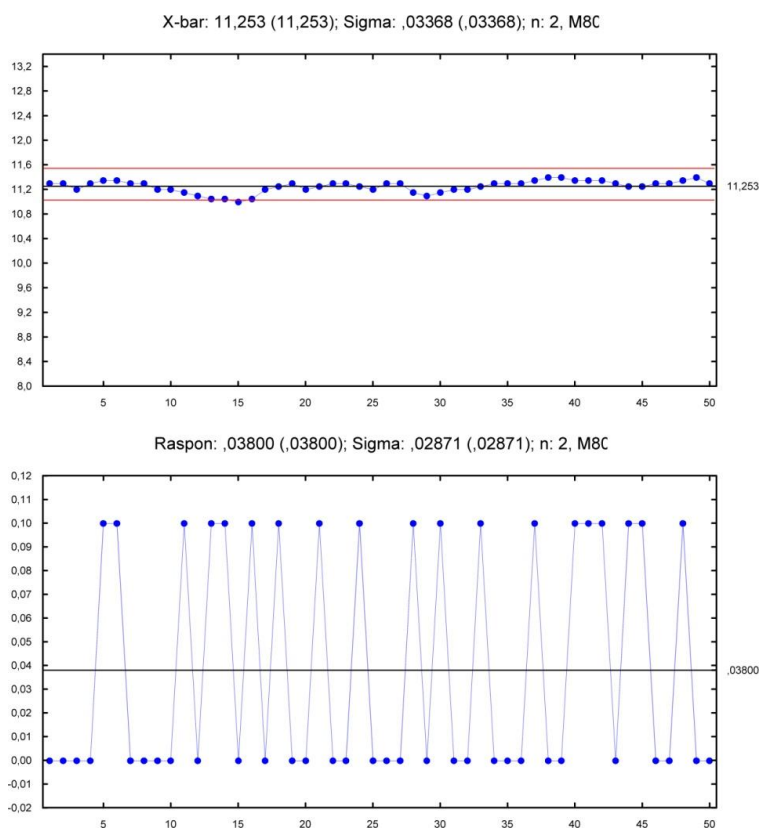
Lijevo asimetrična distribucija također je vidljiva iz histograma (slika 4-37), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,01 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, mada je iz dijagrama rasipanja (slika 4-38) vidljivo da među podacima nema izdvojenica iako je jedna vidljiva na  $\bar{X} - R$  kontrolnoj karti (slika 4-39), te da među njima postoji linearna povezanost.



Slika 4-37. Histogram distribucije varijable M80

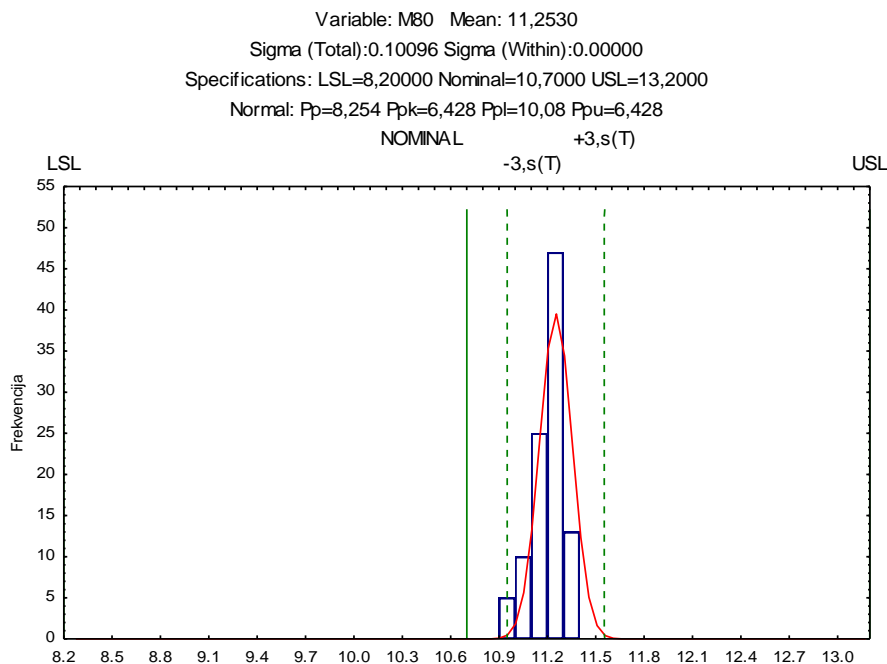


Slika 4-38. Dijagram rasipanja varijable M80



Slika 4-39.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable M80





*Slika 4-40. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable M80*

Analiza  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-39) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-40) pokazala je da jedna vrijednost izvan donje granice kontrole, no s obzirom da je samo jedna točka u zadnjih 35 vrijednosti, proces je i dalje stabilan.

#### **4.2.11. Analiza varijable Y80**

Varijabla Y80 (80%-tna rastertonska vrijednost žute boje) sljedeća je od analiziranih varijabli koja je u procesu definirana s LSL od 8,2%, USL od 13,2%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 10,7%.

Tablica 4-16 pokazuje da je minimalna vrijednost bila 11,4%, maksimalna 11,9%, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 11,63.

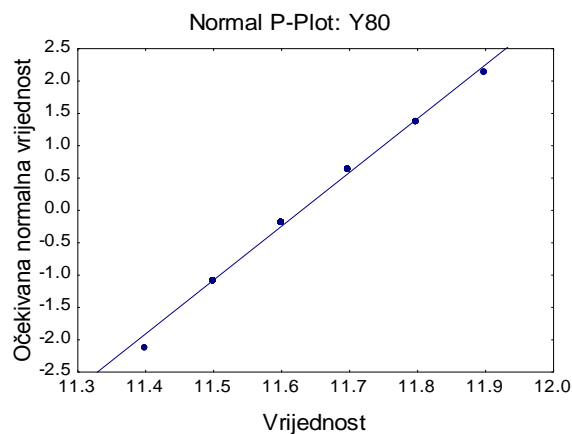
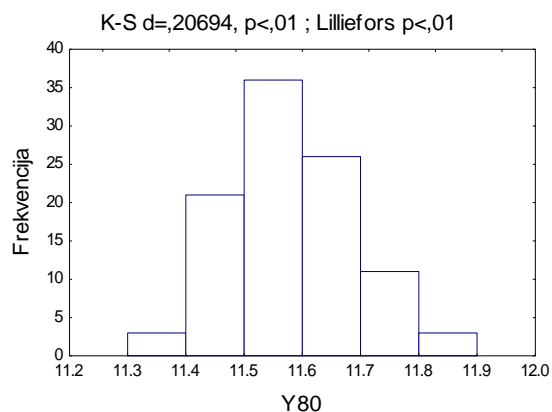
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,110554, te uz koeficijent varijacije od 0,950595 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka i ove varijable.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je veća od nule i iznosi 0,292917, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je vrh distribucije plosnatiji od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,793361).

*Tablica 4-16. Vrijednosti deskriptivne analize varijable Y80*

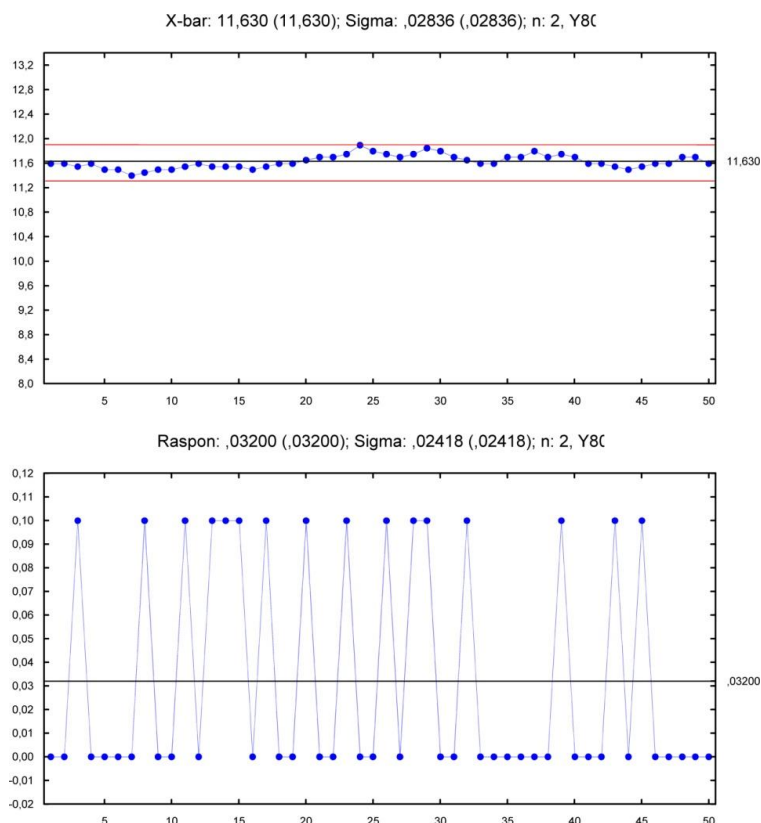
N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	11,4	11,9	11,63	11,6	1,0	0,012222	0,110554	0,950595	0,292917	-0,206639

Histogram (slika 4-40) također pokazuje desno asimetričnu distribuciju, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 4-41) je vidljivo da u ovim podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.

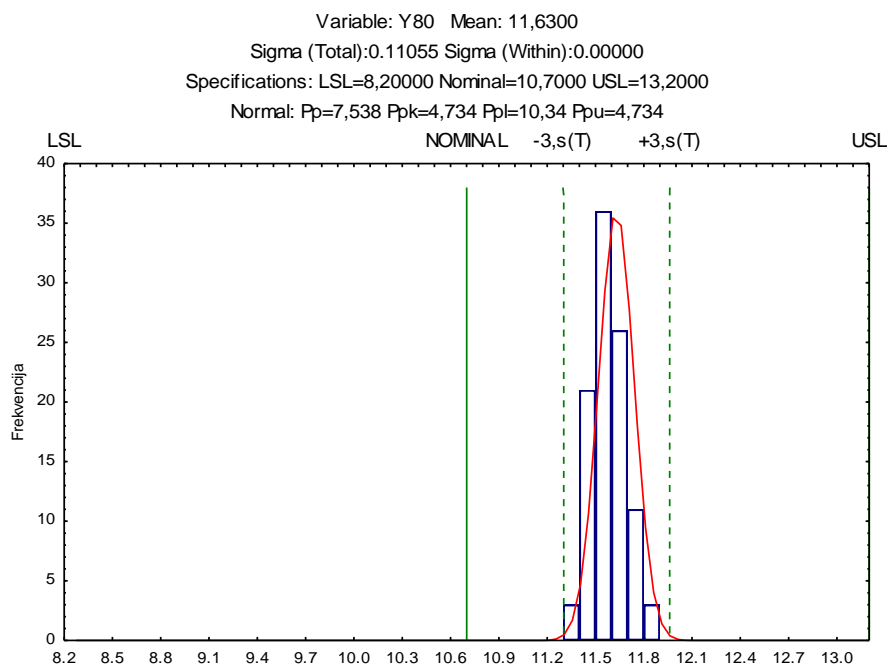


Slika 4-41. Histogram distribucije varijable Y80

Slika 4-42. Dijagram rasipanja varijable Y80



Slika 4-43.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable Y80



*Slika 4-44. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable Y80*

Analizirajući i  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-43) i histogram preliminarne sposobnosti i ovog procesa procesa (slika 4-44) može se zaključiti da je proces također stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### **4.2.12. Analiza varijable K80**

Nadalje je analizirana i varijabla K80 (80%-tna rastertonska vrijednost crne boje) koja je u procesu definirana s LSL od 9,0%, USL od 14,0%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 11,5%.

Iz rezultata (tablica 4-17) je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 12,1%, maksimalna 12,6%, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 12,338.

Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,097214, koja uz koeficijent varijacije od 0,787921 ukazuje na vrlo malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

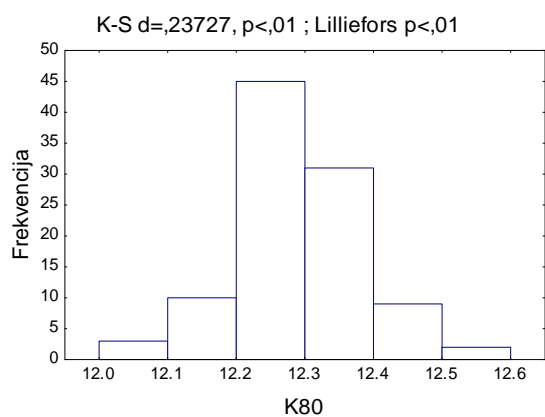
Mjera asimetrije  $\alpha_3$  koja iznosi 0,111557 pokazuje pozitivno asimetričnu distribuciju, dok je  $\alpha_4 + 3$  veći od tri (3,478331) te je vrh ove distribucije šiljatiji od normalne distribucije.

*Tablica 4-17. Vrijednosti deskriptivne analize varijable K80*

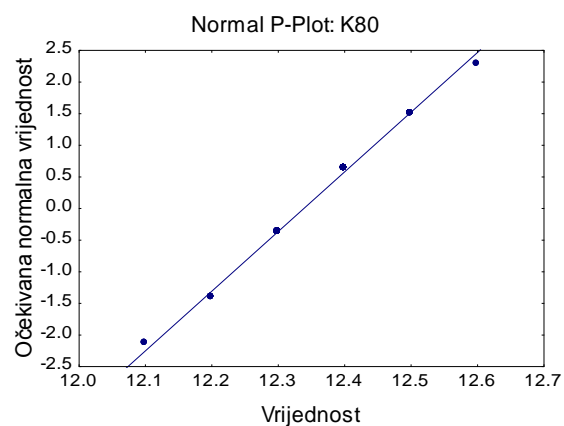
N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	12,1	12,6	12,338	12,3	12,3	0,009451	0,097214	0,787921	0,111557	0,478331

Iz histograma na slici 4-45 također je vidljiva desno asimetrična distribucija, dok razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno

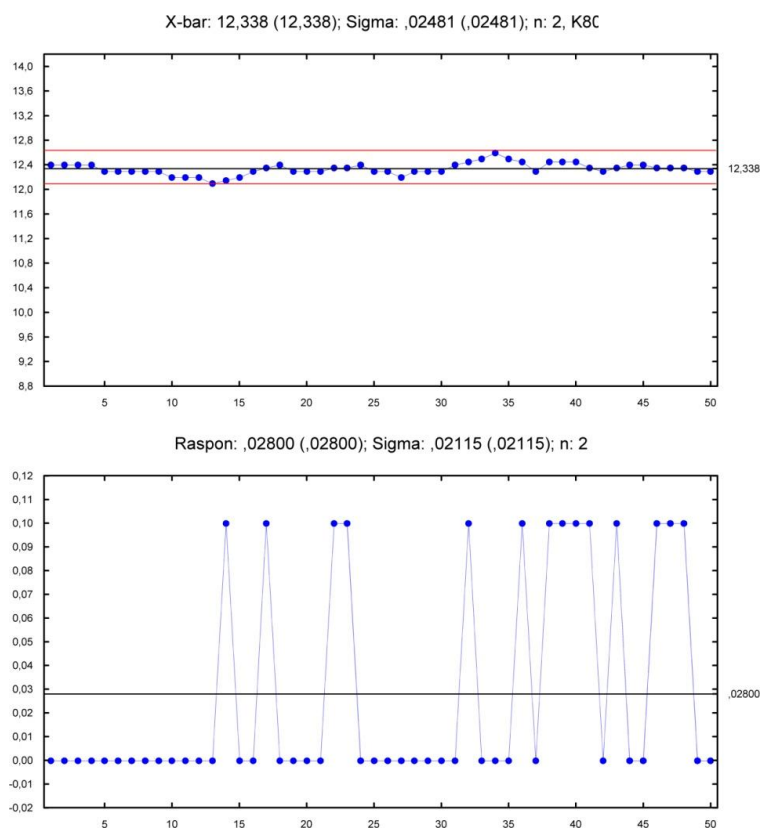
distribuirani. Iz dijagrama rasipanja (slika 4-46) nije vidljivo da u ovim podacima postoje izdvojenice, a vidi se linearna povezanost varijabli.



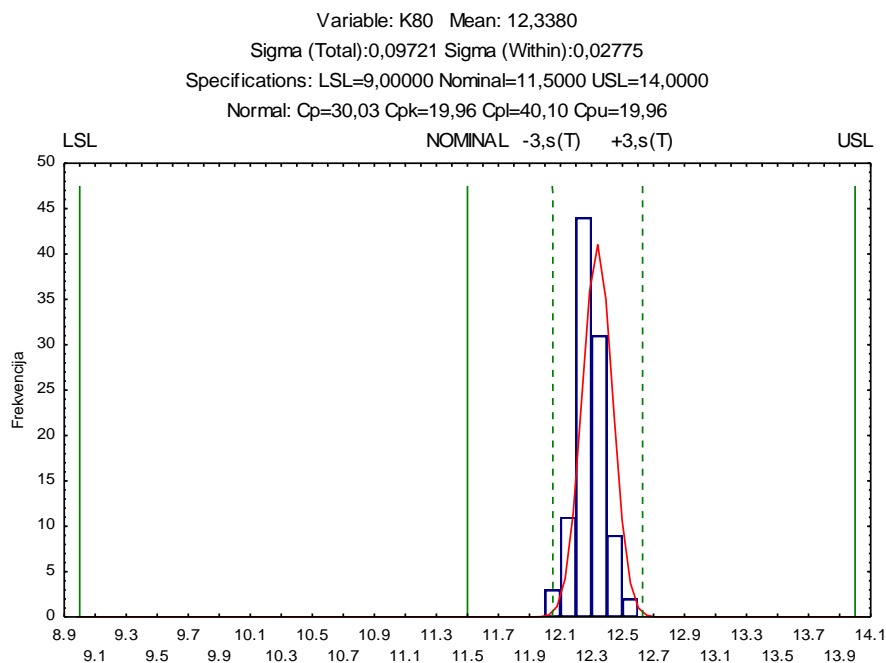
Slika 4-45. Histogram distribucije varijable K80



Slika 4-46. Dijagram rasipanja varijable K80



Slika 4-47.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable K80



*Slika 4-48. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable K80*

Promatrajući  $\bar{X}$  – R kontrolne karte (slika 4-47) i histogram preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-48) može se zaključiti da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### **4.2.13. Analiza varijable C100**

Sljedeća je analizirana varijabla C100 (100%-tna pokrivenost cijan boje) koja je u procesu definirana s LSL od 1,50%, USL od 1,55%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 1,53%.

Iz dobivenih rezultata (tablica 4-18) je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 1,48%, maksimalna 1,56%, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 1,5189.

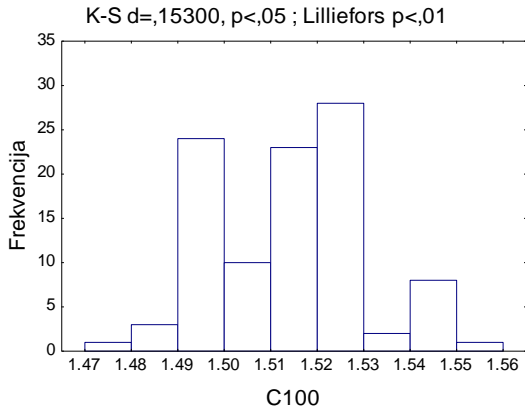
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,016569, koja uz koeficijent varijacije od 1,090862 ukazuje na vrlo malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka varijable.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je iznosi 0,151416, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,564908) pa je vrh distribucije plosnatiiji od normalne distribucije.

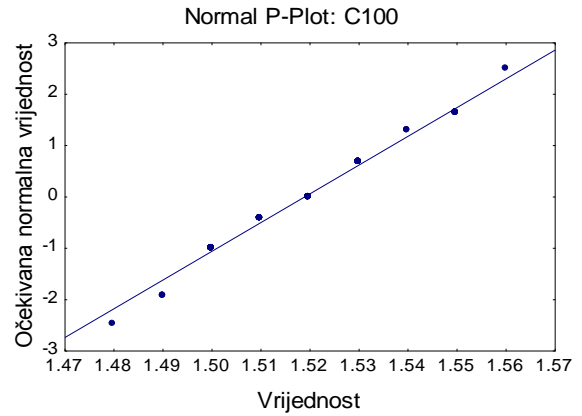
*Tablica 4-18. Vrijednosti deskriptivne analize varijable C100*

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	1,48	1,56	1,5189	1,52	1,0	0,000275	0,016569	1,090862	0,151416	-0,435092

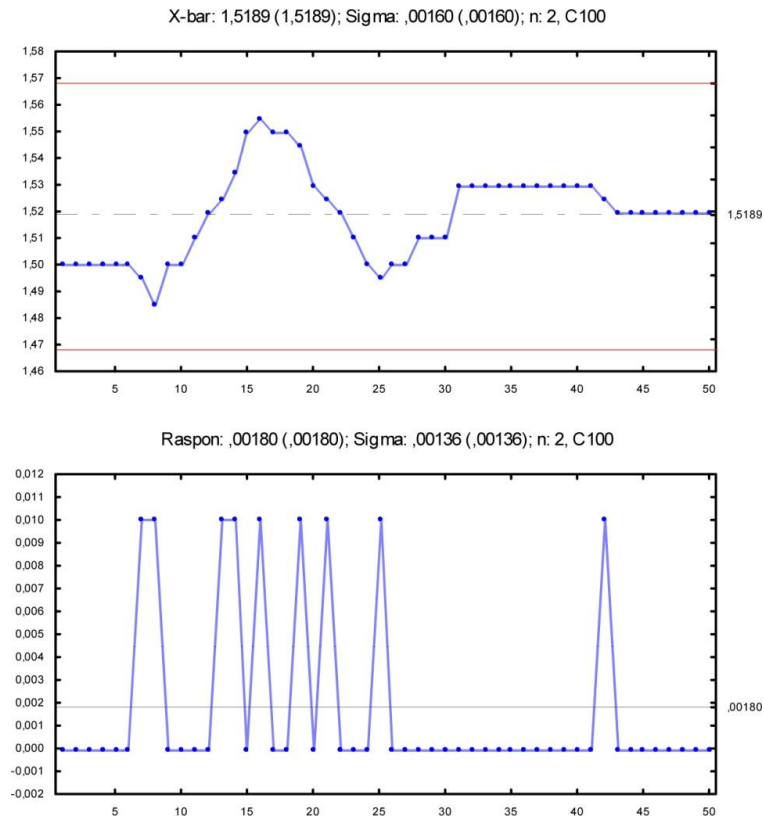
Desno asimetrična distribucija također je vidljiva iz histograma (slika 4-49), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,05 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani. Iz dijagrama rasipanja (slika 4-50) vidljiva je linearna povezanost varijabli, te neprisutnost izdvojenica.



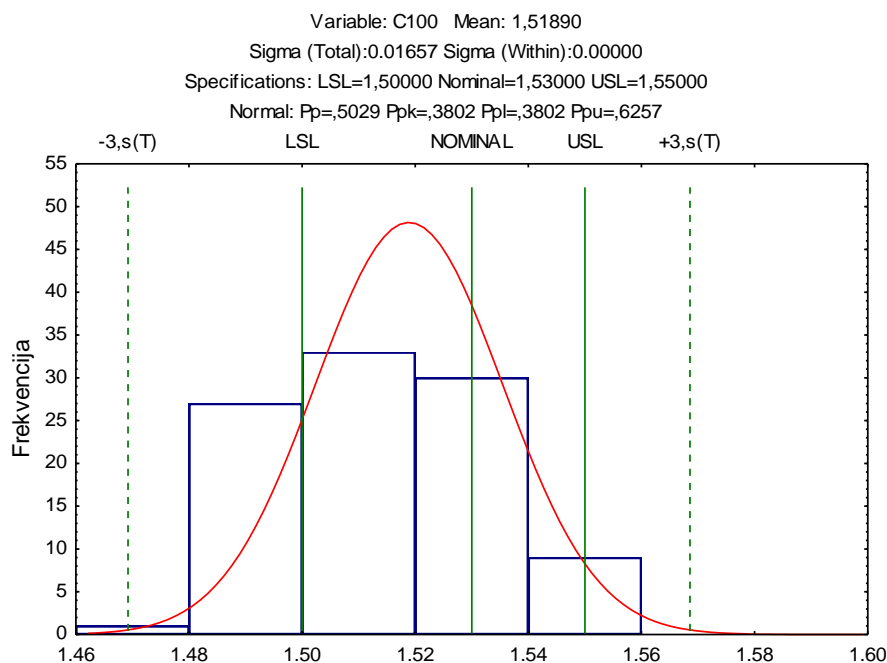
Slika 4-49. Histogram distribucije varijable C100



Slika 4-50. Dijagram rasipanja varijable C100



Slika 4-51.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable C100



Slika 4-52. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable C100

Analizom  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-51) i histograma preliminarne sposobnosti i ovog procesa (slika 4-52) također se može zaključiti da je i ovaj proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.14. Analiza varijable M100

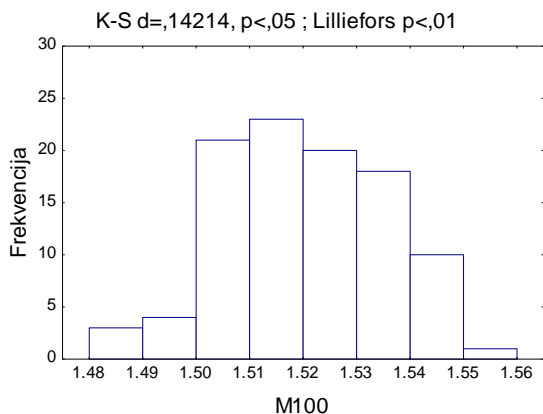
Nadalje je analizirana i varijabla M100 (100%-tna pokrivenost boje magenta) koja je u procesu definirana s LSL od 1,50%, USL od 1,55%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 1,53%. Iz dobivenih rezultata (tablica 4-19) je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 1,49%, maksimalna 1,56%, a srednje apsolutno odstupanje je iznosilo 1,5252.

Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,015406, koja uz koeficijent varijacije od 1,010073 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka varijable C80.

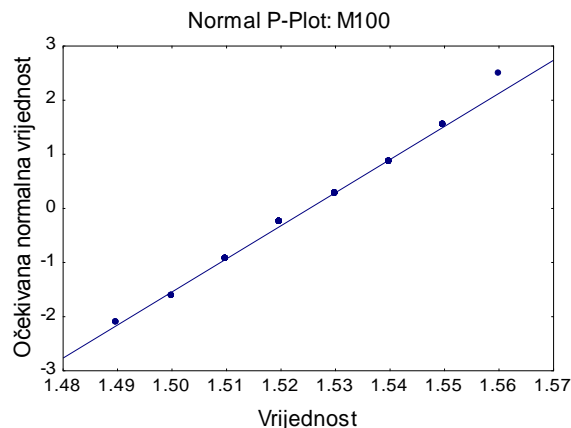
Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  koja je negativna i iznosi -0,046791, može se zaključiti da je distribucija negativno asimetrična, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,475316) pa je vrh distribucije plosnati od normalne distribucije.

Tablica 4-19. Vrijednosti deskriptivne analize varijable M100

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	1,49	1,56	1,5252	1,52	1,0	0,000237	0,015406	1,010073	-0,046791	-0,524684

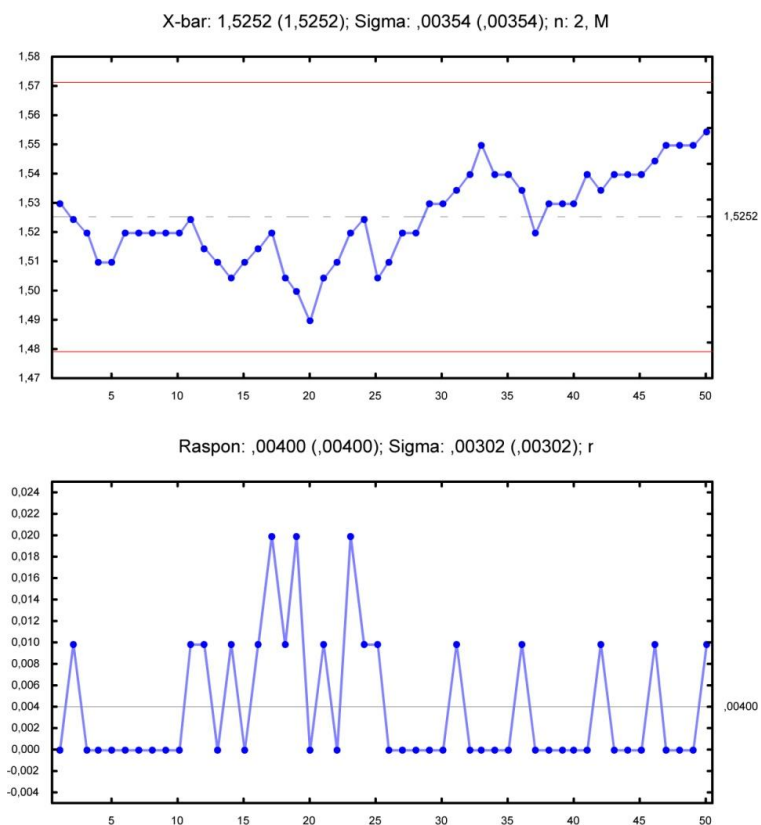


Slika 4-53. Histogram distribucije varijable M100



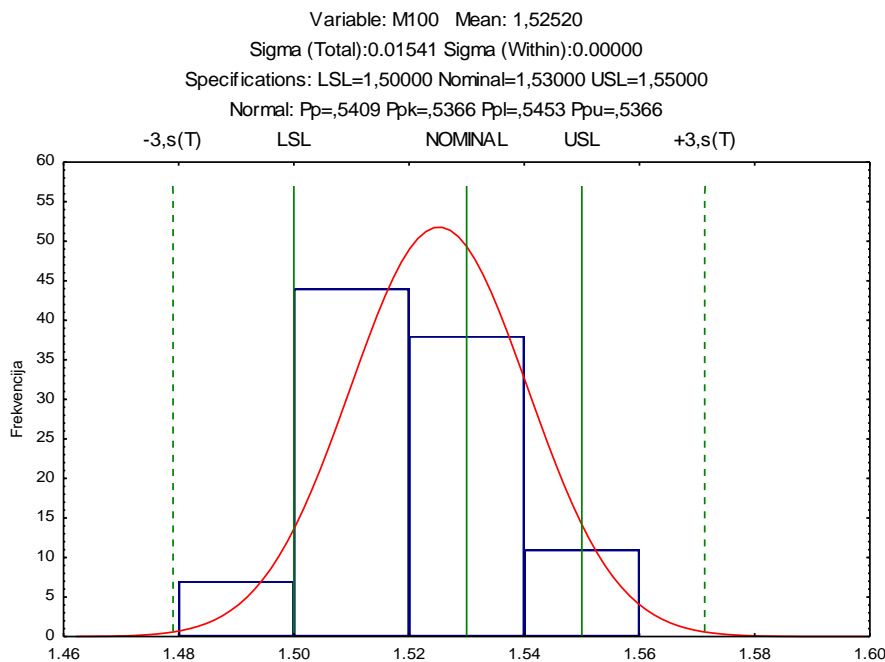
Slika 4-54. Dijagram rasipanja varijable M100

Lijevo ili negativno asimetrična distribucija također je vidljiva iz histograma (slika 4-53), dok je razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,05 što ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani. Iz dijagrama rasipanja (slika 4-54) vidljivo da među podacima nema izdvojenica. Slika 4-54 također pokazuje i linearnu povezanost.



Slika 4-55.  $\bar{X}$ -R kontrolne karte varijable M100





Slika 4-56. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable M100

Analizom  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-55) i histograma preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-56) utvrđeno je da je proces stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.15. Analiza varijable Y100

Varijabla Y100 (100%-tna pokrivenost žute boje) sljedeća je od analiziranih varijabli koja je u procesu definirana s LSL od 1,35%, USL od 1,40%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 1,38%.

Iz tablice 4-20 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 1,34%, maksimalna 1,39%, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 1,365.

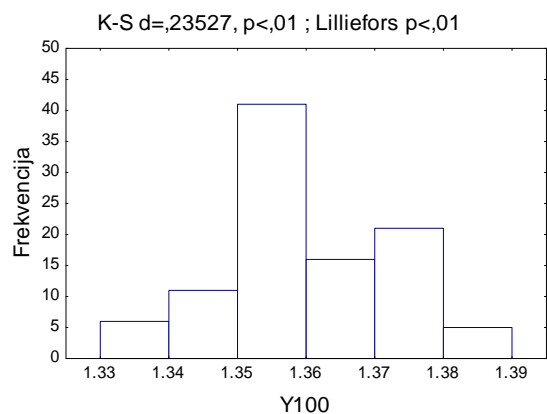
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,012513, te uz koeficijent varijacije od 0,916675 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  (0,07892) koja je veća od nule, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je vrh distribucije plosnatiji od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  manji od tri (2,513023).

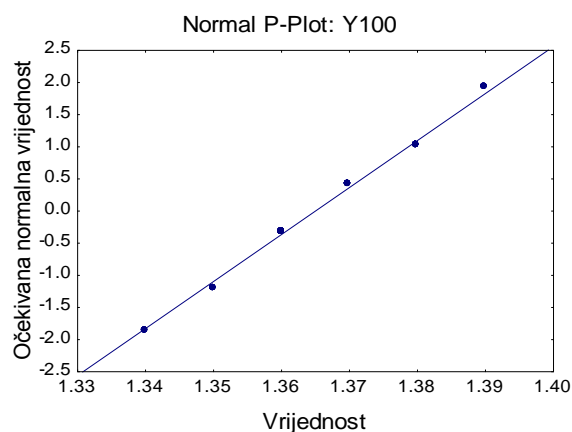
Tablica 4-20. Vrijednosti deskriptivne analize varijable Y100

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	1,34	1,39	1,365	1,36	1,0	0,000157	0,012513	0,916675	0,07892	-0,486977

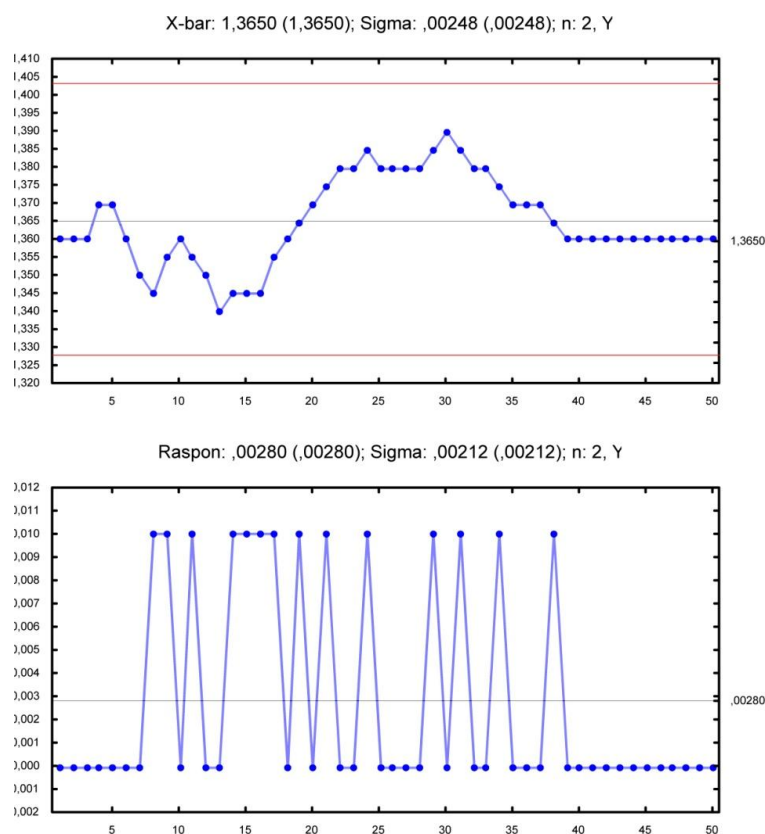
Promatrajući histogram (slika 4-57) također se može vidjeti da je distribucija desno asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa koja je manja od 0,01 ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani. Iz dijagrama rasipanja (slika 4-58) ponovno nije vidljivo da u podacima postoje izdvojenica, a vidljiva je linearna povezanost.



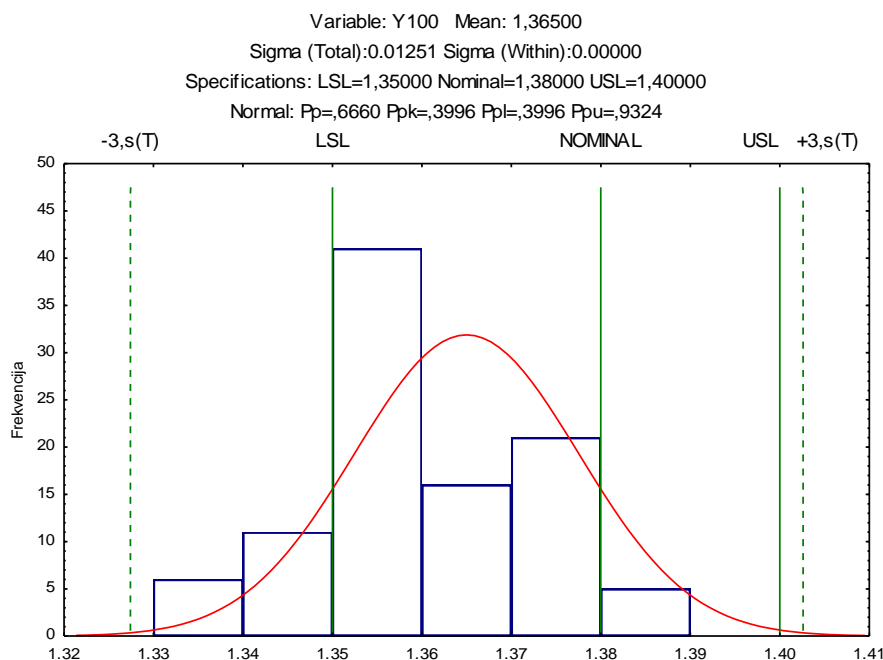
Slika 4-57. Histogram distribucije varijable Y100



Slika 4-58. Dijagram rasipanja varijable Y100



Slika 4-59.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable Y100



Slika 4-60. Histogram preliminarne sposobnosti procesa varijable Y100

Iz  $\bar{X} - R$  kontrolne karte (slika 4-59) i histograma preliminarne sposobnosti procesa (slika 4-60) može se zaključiti da je i ovaj proces također stabilan i da se odvija unutar donje i gornje granice kontrole.

#### 4.2.16. Analiza varijable K100

Posljednja varijabla koja je analizirana bila je varijabla K100 (100%-tna pokrivenost crne boje) koja je u procesu definirana s LSL od 1,80%, USL od 1,80%, te TV ili ciljanom vrijednosti od 1,80%.

Iz tablice 4-21 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila 1,80%, maksimalna 1,82%, dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 1,8006.

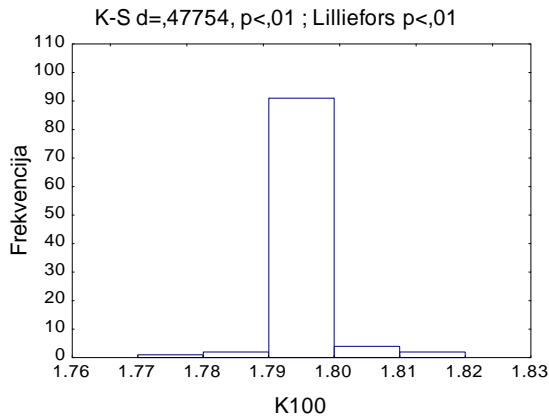
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,002778, te uz koeficijent varijacije od 0,254281 ukazuje na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Mjera asimetrije  $\alpha_3$  (5,097866) veća je od nule pa može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je vrh distribucije zašiljeniji od normalne distribucije jer je  $\alpha_4 + 3$  daleko veći od tri (28,062776).

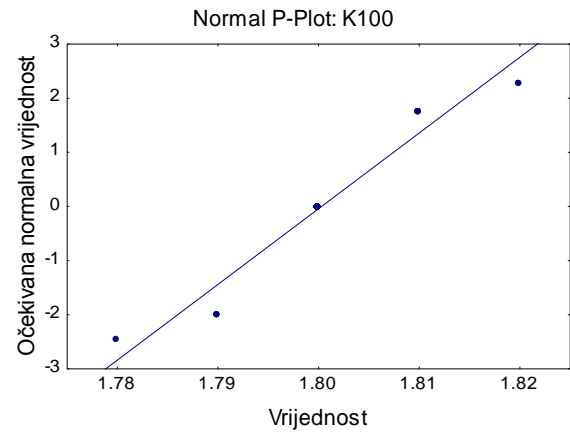
Tablica 4-21. Vrijednosti deskriptivne analize varijable K100

N	Min %	Max %	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
100	1,80	1,82	1,8006	1,8	1,8	0,000008	0,002778	0,254281	5,097866	28,06276

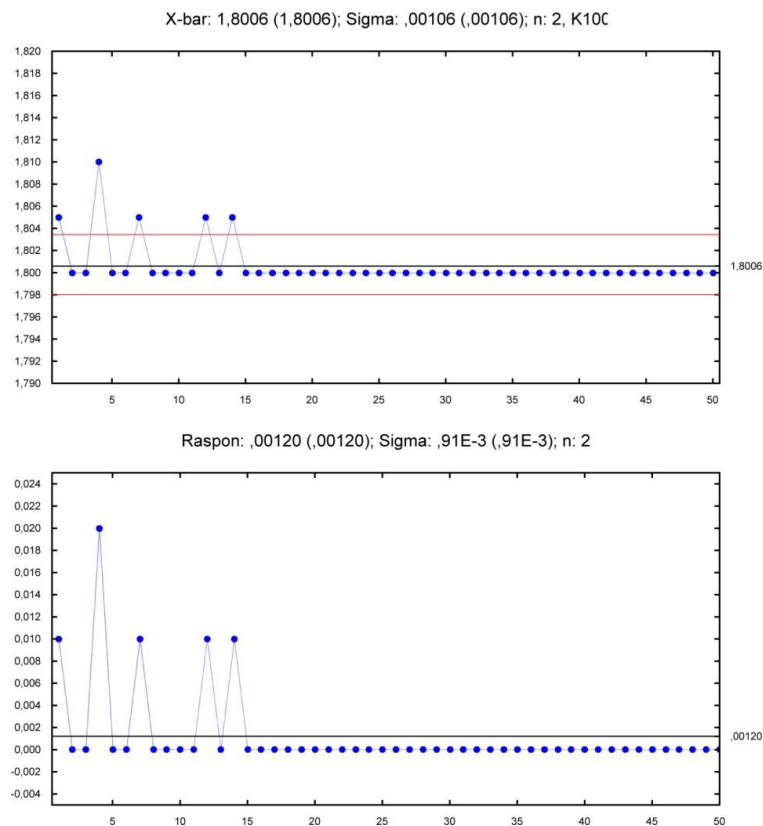
Promatrajući histogram (slika 4-61) također se može vidjeti da je distribucija desno asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa manja od 0,01 ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani. Dijagrama rasipanja (slika 4-62) pokazao linearnu povezanost nije ukazao na postojanje izdvojenica, koje su vidljive na R kontrolnoj karti (slika 4-63).



Slika 4-61. Histogram distribucije varijable K100



Slika 4-62. Dijagram rasipanja varijable K100



Slika 4-63.  $\bar{X} - R$  kontrolne karte varijable K100

Iako je vidljiva prisutnost pet izdvojenica i proces bi se trebao smatrati nestabilnim i izvan granica kontrole, s obzirom da su ciljana vrijednost, kao i gornja i donja granica tolerancije jednake (1,80%), i da je u toku tiska uspostavljena kontrola na procesom ova iznimka neće utjecati na procjenu cjelokupnog nultog procesa.

S obzirom da su ciljana vrijednost, kao i donja i gornja granica tolerancije jednake (1,80%) nije bilo moguće napraviti histogram preliminarne sposobnosti za ovaj proces.

Iako su za sve testirane varijable razine statističke značajnosti p Kolmogorov-Smirnov testa bile manje od 0,05 što ukazuje na to da podaci nisu normalno distribuirani, standardne devijacije ili prosječna odstupanja od prosjeka uz koeficijente varijacije za sve varijable ukazuju na izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka.

Nadalje, iz svih dijagrama rasipanja je vidljivo da u analiziranim podacima nema izdvojenica, te da među njima postoji linearna povezanost.

Najvažnije je istaknuti da analiza  $\bar{X} - R$  kontrolnih karata i histograma preliminarne sposobnosti procesa za sve varijable pokazuje da je proces stabilan i da se odvija unutar donjih i gornjih granice kontrole.

### 4.3. Izračun trenutne razine sigme nultog procesa

Prosječne kompanije u svijetu rade s  $(3 \div 4) \cdot \sigma$ , WCM (*World Class Manufacturing*) s  $(5 \div 6) \cdot \sigma$ , a zrakoplovne kompanije s razinom većom od  $6\sigma$ , pa je stoga prije implementacije Six Sigma metodologije ili modela baziranog na Six Sigma metodologiji bilo potrebno izračunati trenutnu razinu sigme procesa koja bi trebala biti barem u rangu prosječnih svjetskih kompanija (Snee, 2006).

Razina sigme može se računati preko koeficijenta potencijalne stabilnosti procesa, ali i preko sposobnosti procesa u smislu zadovoljavanja definiranih zahtjeva (Yang i Trewn, 2004; Dasgupta, 2003). Ovakav pristup direktno je vezan uz funkcionalne zahtjeve proizvoda (*vidi poglavlje 4.5.*), pa je stoga primijenjen i u ovom radu.

Dakle, izračun trenutne razine sigme za procese ( $k\sigma$ ) baziran je na (Kondić et al., 2009):

- broju proizvoda ili izlaza iz procesa
- broju zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa
- broju pogrešaka u procesima

pa slijedi matematički izraz:

$$\delta = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n}{G \times Z} \quad (8)$$

gdje je:

- $\delta$  – pogreške po primjerku
- $\varepsilon$  – broj pogrešaka za definirani zahtjev
- $G$  – ukupan broj proizvoda (izlaza iz procesa)
- $z$  – broj zahtjeva

Kako se sigma gleda na milijun primjeraka dobiveni se rezultat (pogreške po primjerku) množi s milijun da se dobije broj pogrešaka na milijun proizvoda ili izlaza iz procesa (N).

$$N = \delta \cdot 10^6 \quad (9)$$

Analogno, mogu se izračunati razine sigme za sve glavne i pomoćne procese.

U tablici 4-22 su vrijednosti dobivene mjerenjem (Prilog A) i izračun prema gore navedenoj formuli.

Tablica 4-22. Izračun trenutne razine sigme nultog procesa

Trenutna razina sigme nultog procesa															
G	z	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	$\varepsilon_4$	$\varepsilon_5$	$\varepsilon_6$	$\varepsilon_7$	$\varepsilon_8$	$\varepsilon_9$	$\varepsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	33	0,01650	16500	3,625
		$\varepsilon_{11}$	$\varepsilon_{12}$	$\varepsilon_{13}$	$\varepsilon_{14}$	$\varepsilon_{15}$	$\varepsilon_{16}$	$\varepsilon_{17}$	$\varepsilon_{18}$	$\varepsilon_{19}$	$\varepsilon_{20}$				
		6	5	2	2	1	2	2	0	0	0				

gdje je:

- $\varepsilon_1$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti cijan boje
- $\varepsilon_2$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti magenta boje
- $\varepsilon_3$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti žute boje
- $\varepsilon_4$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti crne boje
- $\varepsilon_5$  – broj pogrešaka prirasta 80%-tne rastertonske vrijednosti cijan boje
- $\varepsilon_6$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti magenta boje
- $\varepsilon_7$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti žute boje
- $\varepsilon_8$  – broj pogrešaka prirasta 40%-tne rastertonske vrijednosti crne boje
- $\varepsilon_9$  – broj pogrešaka vrijednosti 100%-tne pokrivenosti cijan boje
- $\varepsilon_{10}$  – broj pogrešaka vrijednosti 100%-tne pokrivenosti magenta boje
- $\varepsilon_{11}$  – broj pogrešaka vrijednosti 100%-tne pokrivenosti žute boje
- $\varepsilon_{12}$  – broj pogrešaka vrijednosti 100%-tne pokrivenosti crne boje
- $\varepsilon_{13}$  – broj pogrešaka registra tiska (pasera)
- $\varepsilon_{14}$  – broj pogrešaka smicanja rasterskog elementa
- $\varepsilon_{15}$  – broj pogrešaka dubliranja rasterskog elementa

- $\varepsilon_{16}$  – broj pogrešaka razmazivanja rasterskog elementa
- $\varepsilon_{17}$  – broj pogrešaka sivog balansa
- $\varepsilon_{18}$  – broj pogrešaka registra savijanja
- $\varepsilon_{19}$  – broj pogrešaka registra rezanja
- $\varepsilon_{20}$  – broj pogrešaka otiranja otiska

Iz tablice 4-22 je također vidljivo da je trenutna razina sigme nultog procesa 3,626 što zadovoljava inicijalne uvjete za implementaciju modela baziranog na načelima Six Sigma.

#### 4.4. Izračun preliminarne sposobnosti nultog procesa

Razumijevanje strukture procesa i kvantificiranja njegove izvedbe neophodni su za njegovo poboljšanje i uspješno implementiranje i provođenje Six Sigma modela. Stoga je analiza sposobnosti procesa izuzetno važan i dobro definiran alat statističke kontrole procesa koji je u funkciji stalnog unapređenja kvalitete (Wu et al., 2009).

Sposobnost procesa je njegova mogućnost da proizvede proizvod koji zadovoljava specifikacije. Proces će biti sposoban onda kada svi proizvodi budu proizvedeni unutar zadanih tolerancija na temelju objektivnih dokaza u pogledu performansi procesa (Joglekar, 2003). Ili drugim riječima sposobnost procesa označava proces koji je u mogućnosti proizvoditi proizvod u rasponu određenih intervala tolerancije za određena obilježja kvalitete (We et al., 2009).

Sposobnost procesa je i raspon koji sadrži sve moguće vrijednosti specificiranih karakteristika kvalitete generiranih procesom u zadanim uvjetima. Six Sigma učinkovitost procesa sagledava proces iz aspekta  $\sigma$  pomaka u procesu, ali promatranje sposobnosti procesa kroz indekse sposobnosti procesa (*PCIs* ili *Proces Capability Indices*) pruža puno bolji uvid u bit procesa jer se indeksi sposobnosti procesa baziraju na konzistenciji procesa, dosljednosti procesa, gubitcima u procesu itd. (Kane, 1986; Chan et al., 1988; Pearn et al., 1992; Kotz and Lovelace, 1998).

Preliminarno procjenjivanje sposobnosti procesa provodi se na početku odvijanja procesa ili nakon relativno kratkog praćenja procesa (uzorak od najmanje 100 jedinica što i je u slučaju nultog procesa). Tada se u nazivlju indeksa umjesto termina sposobnosti (*Capability*) koristi termin značajka (*Performance*), a računaju se na isti način kao i indeksi sposobnosti procesa.

Za potrebe ovog rada stoga izračunati su sljedeći indeksi preliminarne sposobnosti nultog procesa (tablica 4-23):

- $P_p$  – potencijalna sposobnost procesa
- $P_r$  – omjer sposobnosti
- $P_{pk}$  – demonstrirana izvrsnost
- $P_{pl}$  – donja potencijalna sposobnost
- $P_{pu}$  – gornja potencijalna sposobnost
- $K$  – faktor korekcije necentriranosti.

Tablica 4-23. Indeksi preliminarne sposobnosti nultog procesa

Indeksi preliminarne sposobnosti nultog procesa											
Var	Const C ( $\pm$ )	Const C ( $\pm$ )	LSL	Nom	USL	Pp	Pr	Ppk	Ppl	Ppu	K
W <sub>1</sub>	-3,0000	3,0000	26,00	27,00	28,00	5,3634	0,1865	5,2346	5,4921	5,2346	0,0240
W <sub>2</sub>	-3,0000	3,0000	8,00	10,20	12,00	1,9681	0,5081	1,9681	1,9681	1,9681	0,0000
W <sub>3</sub>	-3,0000	3,0000	4,00	5,60	7,00	3,6577	0,2734	3,0457	4,2698	3,0457	0,1673
C40	-3,0000	3,0000	9,00	13,00	17,00	10,5065	0,0952	8,3632	12,6498	8,3632	0,2040
M40	-3,0000	3,0000	9,00	13,00	17,00	15,7935	0,0631	13,4718	18,1151	13,4718	0,1470
Y40	-3,0000	3,0000	9,00	13,00	17,00	12,9492	0,0772	10,5148	15,3837	10,5148	0,1880
K40	-3,0000	3,0000	12,00	16,00	20,00	12,854	0,0777	10,2613	15,4481	10,2613	0,2018
C80	-3,0000	3,0000	8,20	10,70	13,20	9,3859	0,1065	6,4350	12,3369	6,4350	0,3144
M80	-3,0000	3,0000	8,20	10,70	13,20	8,2541	0,1212	6,4283	10,0799	6,4283	0,2212
Y80	-3,0000	3,0000	8,20	10,70	13,20	7,5378	0,1327	4,7337	10,3418	4,7337	0,3720
K80	-3,0000	3,0000	9,00	11,50	14,00	0,9350	1,0695	0,5879	1,2821	0,5879	0,3712
C100	-3,0000	3,0000	1,50	1,53	1,55	0,5029	1,9883	0,3802	0,3802	0,6257	0,2440
M100	-3,0000	3,0000	1,50	1,53	1,55	0,5409	1,8487	0,5366	0,5453	0,5366	0,0080
Y100	-3,0000	3,0000	1,35	1,38	1,40	0,6660	1,5015	0,3996	0,3996	0,9324	0,4000

Vrijednost indeksa  $P_p$  bi trebala biti veća od 1,33, a vidljivo je da nižu od toga imaju procesi varijabli K80, C100, M100 i Y100. S obzirom da je indeks  $P_r$  recipročna vrijednost indeksa  $P_p$  za očekivati je odstupanja za iste varijable tj. da je vrijednost indeksa veća od 1.  $P_{pl}$  i  $P_{pk}$  ili indeksi donje i gornje sposobnosti su također za ove varijable izvan definiranih vrijednosti. Naime  $P_p$  i  $P_r$  ne pokazuju kako je smješten proces u odnosu na granice specifikacije, pa se to može utvrditi usporedbom ova dva indeksa. Identični iznosi ukazuju na potpunu centriranost procesa (iznosi indeksa jednaki su iznosu indeksa  $C_p$ ), dok iznos manji od 1 ukazuje na pojavu nesukladnosti. Također, proces je pomaknut prema granici specifikacije manjeg iznosa indeksa.

Iznos indeksa  $P_p$  može se korigirati zbog necentriranosti računanjem faktora korekcije necentriranosti  $K$ . Tada se dobiva vrijednost indeksa demonstrirane izvrsnosti  $P_{pk}$ . Kod idealno centriranih procesa  $K$  je jednak nuli, a indeks  $P_{pk}$  jednak je indeksu  $P_p$ . Pomicanjem procesa od ciljane vrijednosti (sredina područja tolerancija),  $K$  se povećava, a vrijednost indeksa  $P_{pk}$  postaje manja od vrijednosti indeksa  $P_p$ .

Kako je vidljivo iz tablice 4-23, sve vrijednosti  $P_{pk}$  indeksa su manje od vrijednosti indeksa  $P_p$ , a iznos korektivnog faktora  $K$  jednak je nuli samo u procesu varijable  $W_2$  gdje su i



vrijednosti  $P_p$ ,  $P_{pl}$  i  $P_{pk}$  indeksa izjednačene pa se može zaključiti da je proces potpuno centriran (zelene oznake brojčanih vrijednosti indeksa).

Narančaste oznake brojčanih vrijednosti indeksa u tablici označavaju granične vrijednosti indeksa, dok crvene oznake brojčanih vrijednosti indeksa označavaju odstupanja. Odstupanja su vidljiva kod 80%-tne rastertonske vrijednosti crne boje, te kod 100%-tnog nanosa boje. Ta odstupanja leže u činjenici da se zbog vrste podloge s nešto tanjim nanosom boje može postići isti vizualni efekt i zadovoljavajuća estetska kvaliteta iz aspekta potrošača, dok se ujedno pojednostavnjuje i pojeftinjuje proizvodni proces jer se smanjuje vrijeme sušenja otiska i količina potrebnog silikata u procesu infra-crvenog sušenja.

Promatrajući nulti proces kroz 15 parcijalnih procesa za 15 mjerenih varijabli može se zaključiti da proces zadovoljava inicijalne uvjete za implementaciju modela baziranog na načelima Six Sigme. Za ostale varijable ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ ,  $Z_4$ ,  $Z_5$  i K100) nije bilo moguće izračunati indekse preliminarne sposobnosti procesa jer nije bilo razlike u vrijednostima gornje i donje granice tolerancije, te ciljane vrijednosti.

#### **4.5. Definiranje funkcionalnih zahtjeva proizvoda**

Funkcionalni zahtjevi proizvoda najčešće su definirani njegovim dizajnom koji je ujedno i glavni element diferencijacije u odnosu na druge supstitutivne proizvode. Funkcionalni zahtjevi proizvoda povezani su s koristi koja se očekuje od proizvoda, a mogu se kategorizirati kao (prema Henry et al., 1989):

- uporabljivost proizvoda
- ergonomska prilagodljivost
- tehnička pouzdanost
- estetska senzibilnost.

Temeljni zahtjev koji se predstavlja pred proizvod jest njegova uporabljivost tj. on mora odgovarati svojoj svrsi. Naime, korisnik ne mora znati ili razumjeti kako proizvod funkcionira, ali u svakom slučaju očekuje da funkcionira. Također, proizvod mora funkcionirati, makar samo određeno vrijeme i u nepovoljnim uvjetima uporabe. On mora biti i dostupan, jednostavan za uporabu, održavanje i eventualno odlaganje.

Proizvod mora biti prilagođen fizičkim i psihičkim potrebama korisnika, pa toga proizvod mora nuditi lakoću uporabe, komfor, higijenu i sigurnost.

Osim što mora biti koristan, proizvod mora biti dostupan i u ekonomskom smislu, dok obilježja materijala i obrade moraju biti usklađeni s onim što će tržište prihvatiti. Izgled proizvoda određuje se prvenstveno, iako ne i isključivo, temeljem preferencija korisnika.

Sukladno navedenom može se zaključiti da se fizički i funkcionalni zahtjevi proizvoda sagledavaju iz aspekta korisnika (uporaba) i aspekta proizvođača (proizvodnja), što pokazuje tablica 4-24.

Tablica 4-24. Funkcionalni zahtjevi proizvoda

Klasifikacija zahtjeva	Upotreba	Proizvodnja
estetika	sklad boja	CMYK 40%, 80%, 100%
funkcija	čitljivost preciznost	paser smicanje dubliranje razmazivanje
ergonomija	ugoda za oko točnost u formatu	sivi balans registar savijanja registar rezanja
struktura i mehanizam	točnost u formatu	registar savijanja registar rezanja
dimenzije	točnost u formatu	registar savijanja registar rezanja
sigurnost i pouzdanost	čistoća	otiranje otiska
prilagodljivost i lakoća uporabe	dizajn prilagođen funkciji	sve navedene karakteristike
motivacija	kvaliteta	sve navedene karakteristike

Na osnovu funkcionalnih zahtjeva računata je trenutna razina sigme ( $\sigma$ ), kako nultog procesa, tako i parcijalnih procesa jer su izlazne veličine parcijalnih procesa ujedno i izlazne veličine koje su bile potrebne za oblikovanje novog modela.

Definiranje funkcionalnih zahtjeva proizvoda bilo je od ključne važnosti za oblikovanje modela jer se na osnovu istih moglo specificirati faktore multikriterijske analize, ali i izračunati trenutnu razinu sigme procesa.

Utvrđivanje točaka kritičnih za kvalitetu (*CTQ* ili *Critical To Quality*) imalo je dvojako polazište. Prvo polazište bila je sinteza dosadašnjih teorijskih i empirijskih saznanja iz područja upravljanja kvalitetom tiska.

Drugo, ključno polazište bilo je određivanje funkcionalnih zahtjeva proizvoda iz aspekta korisnika za koje se zatim moglo definirati metode kontrole i kritične karakteristike proizvoda (*CPC* ili *Critical Product Characteristic*). Ovaj pristup je izuzetno bitan jer se njemu bazira izračun trenutne razine sigme koja će biti definirana kao izlazni faktor modela o čemu će biti riječ kasnije.

U definiranju funkcionalnih zahtjeva proizvoda polazište je bila korisnikova percepcija kvalitete. S obzirom da se radi o tiskovini, od proizvoda se očekuje da se otisak ne otire, da se boje vizualno preklapaju tj. da nema pogrešaka u paseru, da nema dominacije jedne od četiriju osnovnih boja (cijan, magenta, žuta i crna), te da na proizvodu nema odstupanja u dimenzijama. Navedene karakteristike gotovog proizvoda mogu se povezati sa sljedećim mjernim karakteristikama:

- prirast rastertonske vrijednosti u polju 40%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- prirast rastertonske vrijednosti u polju 80%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- gustoća obojenja u polju 100%-tne pokrivenosti boje za cijan, magentu, žutu i crnu boju
- registar tiska (paser)
- geometrijske deformacije rasterskog elementa (smicanje, dubliranje, razmazivanje)
- sivi balans
- registar savijanja papira
- registar rezanja papira
- otiranje otiska.

Stoga je ovih 20 mjernih karakteristika definirano kao broj zahtjeva koji su poslužili za izračun trenutne razine sigme (*vidi poglavlja 4.3. i 5.1.*).

#### **4.6. Definiranje kritičnih karakteristika proizvoda**

Kritične karakteristike proizvoda (*CPC* ili *Critical Product Characteristic*) ona su mjesta na proizvodu koja su usko povezana s točkama kritičnim za kvalitetu (*CTQ* ili *Critical To Quality*). Kritične točke proizvoda imaju snažan utjecaj na sveukupne karakteristike proizvoda i njegovu kvalitetu, pa se zbog toga često u proizvodnom procesu definiraju kao parametri za praćenje istog (Luftig, 1994). U definiranju kritičnih karakteristika proizvoda često se polazi od sagledavanja kvalitete proizvoda iz aspekta potrošača tj. iz funkcionalnih karakteristika proizvoda.

#### 4.6.1. Prirast rastertonskih vrijednosti

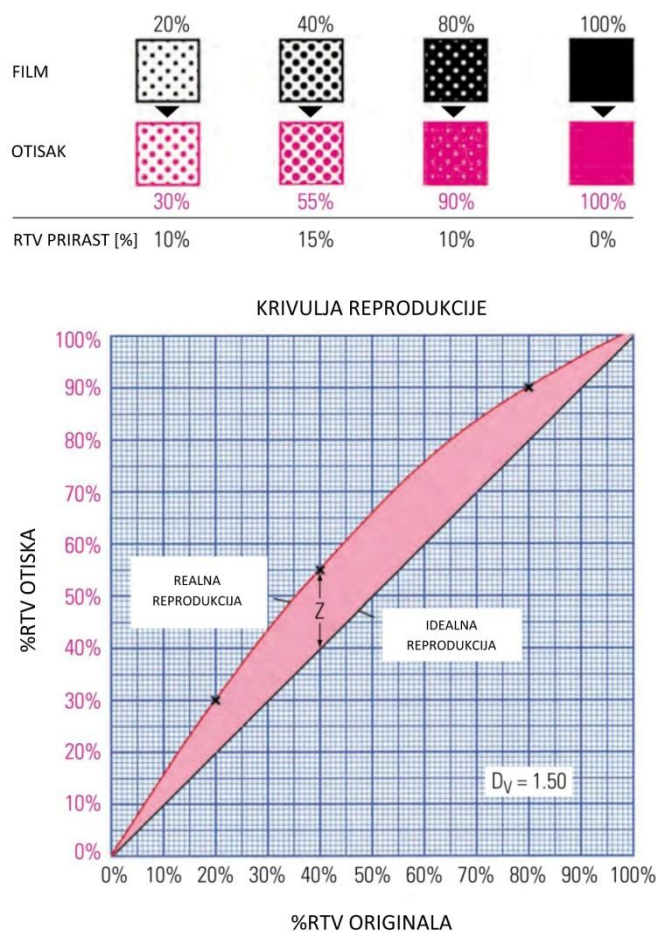
Za rastersko reproduciranje određenog tona bitna je relativna rasterska površina koja se izračunava jednadžbom:

$$a = F_g/F_a \quad (10)$$

gdje je  $F_g$  površina pokrivena rasterskim elementom, a  $F_a$  ukupna površina. Kada se vrijednost relativne rasterske površine pomnoži sa 100 dobiva se rastertonska vrijednost (RTV):

$$RTV = 100(F_g/F_a) \quad (11)$$

Rasterstonska vrijednost RTV izražava se u postotcima i označava se sa %RTV (slika 4-64).



Slika 4-64. Krivulja realne reprodukcije i prirast RTV-a

Izvor: Kipphan, 2001.

Usljed pojave deformacije rasterskih elemenata (rasterske točkice) površina koja se tiska ovisna je o razlici teorijske i stvarne pokrivenosti. Stoga se povećanje stvarne pokrivenosti u odnosu na teorijsku pokrivenost naziva prirast rastertonskih vrijednosti ili RTV-a. No problem prirasta RTV-a je što se vrlo teško može ustanoviti udio geometrijske (smicanje,

dubliranje, razmazivanje) i optičke deformacije koja svaka za sebe djeluje na smanjenje kvalitete otiska (prema Walenski, 1991; Teschner, 1997; Zjakić, 2007).

Prirast RTV-a je pojava koju u realnoj grafičkoj proizvodnji nije moguće izbjeći, pa je stoga neophodno težiti postizanju uvjeta u kojima će pojava prirasta RTV-a biti što manja i u okvirima standardiziranih tolerancija.

Ovaj parametar odabran je iz više razloga, a glavni leži u činjenici da je RTV u direktnoj vezi s rasponom gustoće obojenja u tisku. Tisak s prevelikim gustoćama obojenja prenosi previše bojila na tiskovnu podlogu, pa dolazi do zapunjenja slobodnih površina. Kao posljedica prevelikog nanosa boja također se mogu javiti i problemi sa sušenjem otiska, što pak može dovesti do preslikavanja otiska na poledinu. Odstupanja od dozvoljenih vrijednosti prirasta RTV-a uzrokuju pad kvalitete otiska koji se očituje različitim doživljajem kvalitete otiska (npr. dominacija jedne od boja), a čak i smanjene oštrine otiska.

#### ***4.6.2. Registar tiska ili paser***

Registar tiska ili paser predstavlja točnost otiska odnosno apsolutno poklapanje ili nalijeganje sve četiri boje višebojne reprodukcije (cijan, magenta, žuta i crna).

Paser je odabran kao parametar zato što je postizanje pasera u tisku glavni uvjet kvalitetne višebojne reprodukcije. Neprecizno nalijeganje boje na boju rezultirat će nepreciznim, neoštrim i nečitljivim otiskom koji će biti neugodan za oko, a isto tako i estetski neprihvatljiv.

#### ***4.6.3. Geometrijske deformacije rasterskih elemenata***

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata nastaje uslijed mehaničkih djelovanja na rasterski element za vrijeme i nakon tiska, najčešće zbog različitih obodnih brzina cilindara. Geometrijske deformacije se mogu desiti uslijed smicanja, dubliranja i razmazivanja (prema Walenski, 1991; Teschner, 1997; Zjakić, 2007).

Geometrijske deformacije najvažnije su promjene rasterskih elemenata koje rezultiraju smanjenjem kvalitete tiska jer uslijed njihove pojave dolazi do promjena na rasterskim elementima. Promjene se očituju zapunjenjem rasterskih elemenata i smanjenjem raspona gustoće obojenja, a samim time do toniranja i pada kvalitete otiska. Stoga ih je izuzetno važno pratiti u toku tiska, pa su zato i neizbježni parametri.

### ***Smicanje***

Smicanje je geometrijska deformacija rasterskog elementa kod koje on postaje izdužen u jednom od smjerova što uzrokuje optički vrlo slične gustoće obojenja kao i teoretska veličina rasterskog elementa. Do deformacije rasterskog elementa uslijed smicanja najčešće dolazi zbog različite obodne brzine temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra koja može nastati zbog istrošenosti ili nepravilno postavljene ofsetne gume ili radi neispravnosti stroja.

Smicanje je najčešća pojava koja uzrokuje geometrijsku deformaciju rasterskog elementa.

### ***Dubliranje***

Dubliranje je deformacija rasterskog elementa koja se najčešće događa uslijed dodira cilindara pri nedovoljno napetoj gumenoj navlaci ili nepravilnoj podlozi ispod gumene navlake. Često se javlja i kod obostranog tiska kada dio bojila ostaje na tiskovnom cilindru prvog tiskovnog agregata, pa se nakon okreta arka taj dio otiskuje na poleđini. Također se javlja i kod starijih tiskarskih strojeva. Trag ovakvog rasterskog elementa nema istu gustoću obojenja kao i teoretski rasterski element.

### ***Razmazivanje***

Razmazivanje rasterskog elementa najčešće se događa nakon tiska i to na onim mjestima na stroju na kojima dolazi svježe otisnuti arak u mehanički dodir sa strojem ili kod višebojnog tiska kada je količina ukupnog bojila na otisku tolika da se prilikom tiska sljedeće boje rasterski elementi razmazuju.

Razmazivanje je često na neupojnim materijalima. No isto tako se može javiti i kod tiska na višebojnim tiskarskim strojevima, tiskovni arak nakon tiska jedne boje prenosi se na drugi tiskovni agregat prijenosnim bubnjevima koji mogu uzrokovati razmazivanje.

#### ***4.6.4. Sivi balans***

U procesu tiska svi parametri koji utječu na kvalitetu otiska nisu konstantni, pa stoga dolazi i do neujednačenosti dotoka bojila na tiskovnu podlogu što rezultira oscilacijama u kvaliteti otiska koja se mijenja ovisno o količini bojila na tiskovnoj podlozi tj. refleksiji iste. S obzirom da je višebojnim tiskom moguće kvalitetno reproducirati kromatične boje, ako se radi reprodukcija s malim kromatskim vrijednostima, kontrola tiska može se provoditi mjerenjem polja s točno definiranim rastertonskim vrijednostima CMY boja. RTV u tim poljima su takve da se prilikom optimalnog obojenja dobiva osjećaj sivog tona, a kada su uvjeti i odnosi parametara u tisku poremećeni, neutralno sivo polje sastavljeno od CMY boja neće dati

osjećaj neutralno sive boje kao i polje otisnuto crnom bojom u istoj (obično maloj, srednjoj i velikoj) RTV (prema Walenski, 1991; Teschner, 1997; Zjakić, 2007).

S obzirom da je kontrola sivog balansa bitna za održavanje gustoća obojenja tijekom tiska cjelokupne naklade kako bi se izbjegle oscilacije u kvaliteti tj. u doživljaju boje u ljudskom oku, sivi balans je nužan parametar koji će se pratiti.

#### ***4.6.5. Registar savijanja papira***

Registar savijanja papira označava liniju ili linije savijanja papira za knjigovežnicu, odnosno liniju ili linije po kojima će se tiskovni arak savijati u knjižni slog.

Ovaj parametar izuzetno je važan iz aspekta funkcionalnih zahtjeva proizvoda jer pravilan registar savijanja papira uvjetuje dimenzionalnu ispravnost proizvoda, ali i estetsku prihvatljivost.

#### ***4.6.6. Registar rezanja papira***

Registar rezanja papira označava liniju ili linije rezanja papira za knjigovežnicu, odnosno liniju ili linije po kojima će se tiskovni arak razrezivati i obrezivati.

Ovaj parametar, kao i registar savijanja papira, također je jako važan iz aspekta funkcionalnih zahtjeva proizvoda jer pravilan registar rezanja papira uz dimenzionalnu ispravnost proizvoda i estetsku prihvatljivost, uvjetuje i točnost u formatu.

#### ***4.6.7. Otiranje otiska***

Otiranje otiska vrlo je česta pojava koja je povezana kako s vrstom i kvalitetom tiskovne podloge, tako i s kemijskim sastavom bojila i otopine za vlaženje, a uočava se tako da se laganim potezom preko otiska bojilo skida s površine.

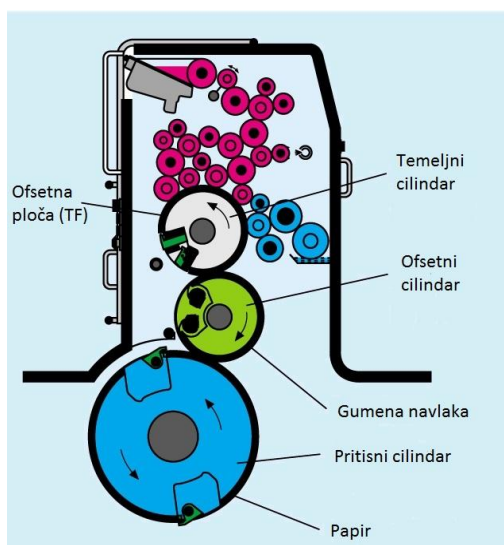
Otiranje je izraženije na manje upojnim tiskovnim podlogama, ako je otopina za vlaženje prelužnata ili joj je tvrdoća prevelika, a može se umanjiti dodavanjem sušila u bojilo.

Otiranje otiska još je jedan parametar koji je neophodno pratiti jer otiranje otiska krajnjem korisniku jasno signalizira nekvalitetu. Od velikog je značaja jer uključuje kvalitetu, estetiku, funkciju, sigurnost, ali i motivaciju.

#### 4.7. Definiranje točaka kritičnih za kvalitetu

S obzirom da su kritične karakteristike proizvoda od utjecaja na njegovu kvalitetu prirasti rastertonskih vrijednosti i nanosi za cijan, magentu, žutu i crnu boju, nanosi boje za cijan, magentu, žutu i crnu boju, registar tiska (paser), geometrijske promjene rasterskih elemenata (smicanje, dubliranje, razmazivanje), sivi balans, registar savijanja i rezanja papira, te otiranje otiska, analizom relevantne literature i nultog procesa, može se zaključiti da su točke najkritičnije i najkarakterističnije za kvalitetu u procesu tiska temperatura boje, temperatura otopine za vlaženje i kiselost (pH) otopine za vlaženje (Riedl et al., 1989; Walenski, 1991; Helbig i Bosse, 1993; Walenski, 1995; Teschner, 1997; DeJidas et al., 1999; MacPhee, 1998; Kipphan, 2001; Ryberg, 2006; Bann, 2007; Johansson et al., 2007; Zjakić, 2007; Hird i Finley, 2009; Amon-Tran et al., 2012). Upravo taj trio utječe na najveći broj kemijskih i fizikalnih reakcija koje imaju direktan utjecaj na kvalitetu višebojne i višetonske reprodukcije, a koja se može opisati i pratiti pomoću navedenih kritičnih karakteristika proizvoda.

Na slici 4-65 prikazani su sustavi za vlaženje (plavo) i obojenje (crveno). Sustav za vlaženje se nalazi uz temeljni cilindar na kojem je ofsetna ploča tj. tiskovna forma. Zadatak mu je da vlaži tiskovnu formu otopinom za vlaženje prije nego na nju dođe bojilo. Otopina za vlaženje nalazi se u spremniku iz kojeg se pomoću valjka duktora prenosi na valjke prenosnike do valjka nanosača koji vlaži tiskovnu formu.



Slika 4-65. Tiskovna jedinica u ofsetnom tisku

Izvor: Kipphan, 2001.



Sustav za obojenje također se nalazi uz temeljni cilindar, ali nakon sustava za vlaženje. Bojilo se nalazi u spremniku iz kojeg ga vadi valjak duktora i prenosi na valjke razribače do valjaka nanosača koji bojilo prenose na tiskovnu formu.

#### **4.7.1. Temperatura bojila**

Temperatura bojila najvažnije je fizikalno svojstvo bojila koje utječe kako na druga fizikalna svojstva (viskoznost), tako i kemijska svojstva bojila jer omogućuje kemijske reakcije unutar samog bojila, kao i na površini tiskovne forme, te na tiskovnoj podlozi. Temperatura bojila direktno je zavisna o temperaturi aparata za obojenje tj. tiskarske jedinice koja se sastoji od sistema naizmjenično postavljenih gumenih i plastičnih valjaka za boju pomoću kojih se održava konstantna potrebna radna temperatura bojila jer svi plastični valjci u sebi imaju cirkularni protok.

Da bi se postigla što vjernija reprodukcija u tisku tj. što veća kvaliteta otiska, potrebno je smanjiti gubitak informacija koji je posebno izražen u samom prijenosu boje s tiskovne forme na tiskovnu podlogu zbog različitih kemijskih i fizikalnih svojstava samog bojila.

S obzirom da se offsetni tisak zasniva na principu oleofilnosti i oleofobnosti tj. hidrofilnosti i hidrofobnosti tiskovne forme, temperatura bojila koja uvjetuje njegova ostala fizikalna i kemijska svojstva u direktnoj je vezi s kvalitetnom reprodukcijom jer omogućava pravilnu raspodjelu bojila na tiskovnoj formi što će nadalje omogućiti i pravilnu reprodukciju tj. prijenos informacija (prema Riedl et al., 1989; Walenski, 1991; Walenski, 1995; Teschner, 1997; MacPhee, 1998; DeJidas i Destree, 1999; Havlíková et al., 2000; Kipphan, 2001; Bann, 2007; Zjakić, 2007; Englund i Verikas, 2008; Hird i Finley, 2009; Sharma i Starr, 2010).

Kao što je već rečeno, temperatura bojila u direktnoj je vezi s viskoznošću bojila. Ako je temperatura previsoka, viskoznost će biti premala tj. bojilo će biti prerijetko što će rezultirati brojnim problemima u tisku. Postoji opasnost od ulaska bojila u sustav za vlaženje što može uzrokovati toniranje otiska ili neoštar otisak i time njegovu slabiju kvalitetu. Također boja koja ima preveliku viskoznost može prašiti na valjcima, što uzrokuje mazanje otiska.

Kod preniske temperature bojila, viskoznost će biti prevelika što će rezultirati čupanjem boje s otiska, ali i lijepljenjem papira za gumu offsetnog cilindra.

#### **4.7.2. Temperatura otopine za vlaženje**

Vrlo važan dio za definiranje kvalitete ofsetnog tiska je otopina za vlaženje koja se nanosi na tiskovnu formu neposredno prije nanošenja bojila. Njezina osnovna zadaća je oleofobizacija

slobodnih površina na tiskovnoj formi. Bojilo koje se potom nanosi veže se samo na tiskovne površine na tiskovnoj formi i zajedno s otopinom za vlaženje, pod utjecajem pritiska, preko ofsetnog gumenog platna prosnosi na tiskovnu podlogu.

Otopina za vlaženje sadrži vodu, gumiarabiku, konzervans, te neku od kombinacija kiselina i soli koje imaju funkciju pufera u otopini. Sukladno kemijskom sastavu otopine za vlaženje, njezina fizikalna svojstva utjecati će na tijek procesa, pa samim time i na izlazne vrijednosti.

Temperatura otopine za vlaženje također je točka kritična za kvalitetu tiska ponovno zbog principa olefilnosti i oleofobnosti tj. hidrofilnosti i hidrofobnosti tiskovne forme. Temperatura otopine za vlaženje utječe na proces njezine adsorpcije na slobodne površine tiskovne forme na način da porastom temperature otopine za vlaženje dolazi do prevelikog vlaženja tiskovne forme što rezultira slabijim hvatanjem boje i lošijom reprodukcijom tj. prijenosom informacija s tiskovne forme na tiskovnu podlogu (prema Riedl et al., 1989; Walenski, 1991; Walenski, 1995; Teschner, 1997; MacPhee, 1998; DeJidas i Destree, 1999; Havlínová et al., 2000; Kipphan, 2001; Bann, 2007; Zjakić, 2007; Englund i Verikas, 2008; Liu i Shen, 2008; Hird i Finley, 2009; Dragčević, 2010; Sharma i Starr, 2010).

#### **4.7.3. Kiselost otopine za vlaženje**

Kiselost otopine za vlaženje (pH) podrazumijeva koncentraciju vodikovih  $H^+$  iona u otopini za vlaženje. S obzirom da je u ofsetnom tisku nužna uspostava ravnoteže između bojila i otopine za vlaženje, kako se ne bi narušila oleofilnost i oleofobnost tj. hidrofilnost i hidrofobnost tiskovne forme, ovo je izuzetno kritična točka za kvalitetu. Narušavanjem navedenih stanja na tiskovnoj formi dolazi do slabijeg sušenja bojila što za sobom povlači otiranje otiska, probleme u paseru, mogućnost razmazivanja rasterskih elemenata. Uz svoju osnovnu ulogu, otopina za vlaženje svojim prolaskom kroz stroj također održava pH vrijednost stroja i omogućava definiranu oksipolimerizaciju bojila, miješajući se s bojom određuje mu viskoznost, hlapljenjem održava temperaturu, a inhibitori korozije iz otopine sprječavaju koroziju dijelova ofsetnog stroja.

Stoga se s pravom može reći da je kiselost otopine za vlaženje jedan od najvažnijih parametara za ostvarenje kvalitetne grafičke reprodukcije.

U procesu tiska nužno što prije uspostaviti ravnotežu boja – otopina za vlaženje. Ako je pH prenizak, boja se neće sušiti, a kod izuzetno niske pH može doći i do oštećenja tiskovne forme. Ako je pak pH previsoka, prekinut će se hidrofilnost tiskovne forme i doći će do pada

kvalitete otiska (prema Walenski, 1991; Teschner, 1997; Kipphan, 2001; Bann, 2007; Zjakić, 2007; Hird i Finley, 2009; Dragčević, 2010).

#### 4.8. Preliminarne aktivnosti pokusa

Preliminarne aktivno pokusa uključuju tri bitna segmenta, definiranje metoda pokusa, definiranje instrumenata pokusa i definiranje uzorka pokusa (slika 4-66).



Slika 4-66. Preliminarne aktivnosti pokusa

##### 4.8.1. Definiranje metoda pokusa

Pokus se izvodio u strogo definiranim i kontroliranim uvjetima mikrookoline kako bi se eventualni vanjski utjecaj temperature i vlage na tiskovni proces sveo na minimum. Stoga je temperatura u pogonu iznosila 22°C, a relativna vlažnost zraka 45% jer su takve bile i vrijednosti temperature i vlage kondicioniranog papira.



Slika 4-67. KBA Rapida 105

Izvor: Radin

Otiskivanje je vršeno na šesterbojnom stroju KBA Rapida 105, formata B1 (slika 4-67). Svi otisci su rađeni na istovjetnoj tiskovnoj podlozi Brigl & Bergmeister BioMatt 130g/m<sup>2</sup>. Glavna korištena metoda koja se primjenjivala bilo je mjerenje, a na svakom od 52 uzorka za svaku od 27 kombinacija definiranih uvjeta (temperatura bojila, temperatura i kiselost otopine za vlaženje) mjerenje je uvijek vršeno na istim zonama i poljima kako bi se eventualne pogreške i odstupanja koja nisu uzrokovana samim tiskovnim procesom svela na minimum.

## 4.8.2. Definiranje instrumenata pokusa

### 4.8.2.1. Stripovi za kontrolu i vođenje tiska

Kontrola kvalitete tiska provodila se pomoću kontrolnih stripova na tiskovnim arcima.

Pomoću kontrolnih stripova se vizualno, te različitim denzitometrijskim i spektrofotometrijskim metodama mogu uočiti eventualna odstupanja od definiranih zahtjeva.

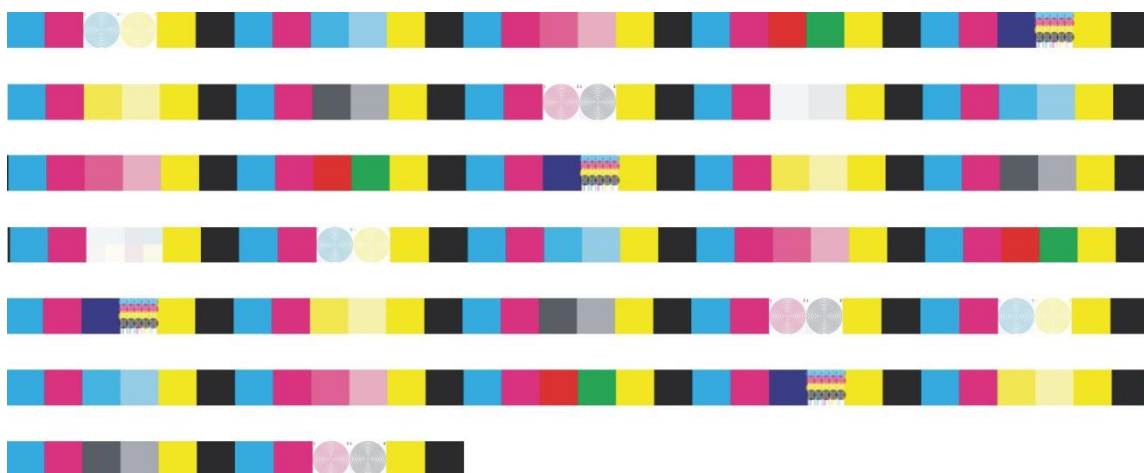
U tu svrhu koristili su se:

- mjerni stripovi tj. polja koja nose informacije o količini boje koja se prenosi na tiskovnu podlogu i koja će reflektirati točan iznos određene spektralne energije u ljudsko oko. Poremećajem tih odnosa izvorna informacija originala neće odgovarati informaciji tj. zahtjevima na originalu. Tu se ubrajaju mjerni stripovi za sivi balans, relativni tiskovni kontrast, pogreške tona i efikasnost boje



Slika 4-68. Primjer mjernog stripa za kontrolu balansa nanosa boje

Izvor: Fogra



Slika 4-69. Korišteni mjerni strip KBA strip K C215

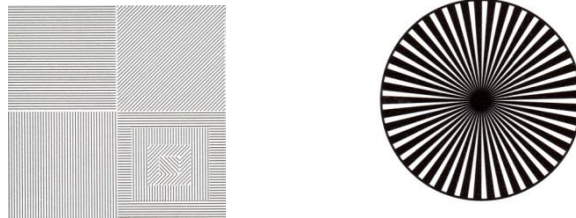
Izvor: Radin



Slika 4-70. Primjer mjernog stripa za kontrolu sivog balansa

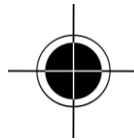
Izvor: Ugra

- signalni stripovi koji pokazuju geometrijsku deformaciju rasterskih elemenata, a sastoje se od tankih vodoravnih, okomitih i kosih crta, koristili su se za detektiranje smicanja i dubliranja. U signalne stripove koji su se koristili također se ubraja i element (križić) koji signalizira greške pasera i registra.



*Slika 4-71. Primjeri signalnih stripova za kontrolu geometrijskih deformacija rasterskih elemenata*

*Izvor: Ugra*



*Slika 4-72. Signalni strip za kontrolu pasera*

*Izvor: Ugra*

#### 4.8.2.2. Mjerni instrumenti

- termometar i higrometar za papir (tzv. „sablja“) Dostmann P300W



*Slika 4-73. Sablja Dostmann P300W*

*Izvor: Radin*

- denzitometar TECHKON SpectroDens D-61462 A603013 Advanced.



*Slika 4-74. Denzitometar TECHKON SpectroDens D-61462 A603013 Advanced*

*Izvor: Radin*

#### 4.8.2.3. Softveri

- KBA Rapida 105 LogoTronic Professional System (regulacija i kontrola svih uvjeta na stroju)
- KBA Rapida 105 DensiTronic (regulacija i kontrola nanosa bojila)



*Slika 4-75. KBA Rapida 105 DensiTronic*

*Izvor: Radin*

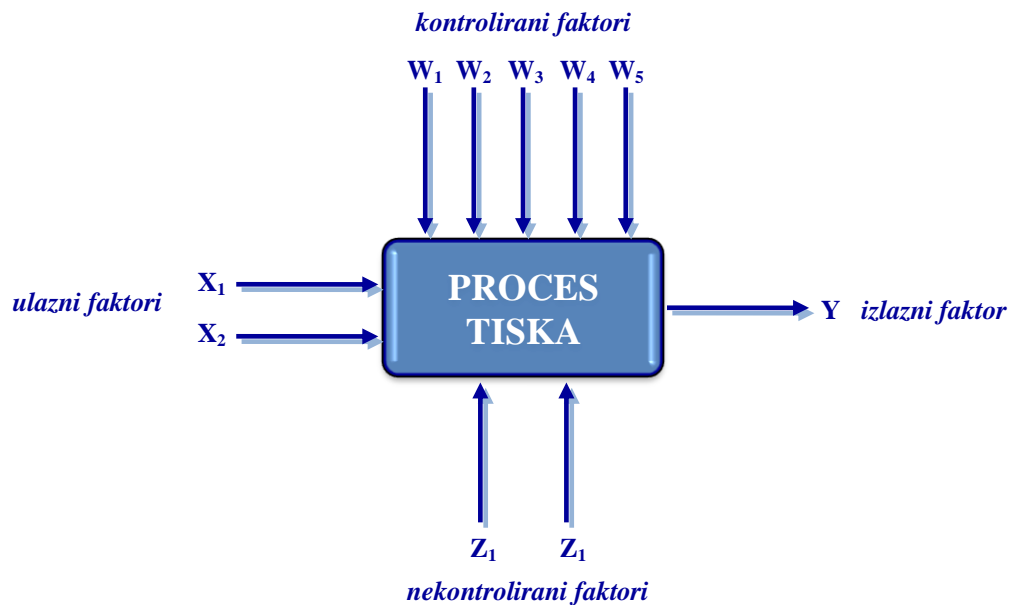
- Statistica 10.0 i 12.0
- Matlab 7.9.0 i R2013a.

### **4.8.3. Definiranje uzorka pokusa**

#### 4.8.3.1. Definiranje faktora višekriterijske analize

S obzirom da je koncept pokusa na osnovu kojeg se oblikovao model za optimizaciju procesa tiska baziran na mogućnosti kontrole utjecajnih faktora u istraživanom procesu, oblikovanje

samog modela istraživanja baziralo se na stohastičkom pristupu, preciznije sa tehnološko prihvatljivim parametrima (slika 4-76). Stoga su uzimani u obzir i svi ograničavajući faktori u problemu, kao i kriteriji optimalnosti koji su definirani funkcijom cilja. To je zapravo formalizirani (analitički) oblik ocjene željenog cilja u procesu.



Slika 4-76. Shematski prikaz modela procesa

Sljedeći korak, sukladno definiranim kritičnim karakteristikama proizvoda, točkama kritičnim za kvalitetu i analizi nultog procesa bio je odrediti maksimalan opseg svake karakteristike tj. faktora višekriterijske analize i varijacije u procesu za svaku od navedenih karakteristika (tablica 4-25).

Tablica 4-25. Faktori višekriterijske analize

Vrsta faktora	Oznaka	Gornja granica (USL)	Ciljana vrijednost (TV)	Donja granica (LSL)
<b>Ulazni faktori X</b>				
temperatura papira	X <sub>1</sub>	24,0	22,0	21,0
vlažnost papira	X <sub>2</sub>	50,0	45,0	45,0
<b>Kontrolirani faktori W</b>				
temperatura bojila	W <sub>1</sub>	28,0	27,0	26,0
temperatura otopine za vlaženje	W <sub>2</sub>	12,0	10,2	8,0
kiselost otopine za vlaženje	W <sub>3</sub>	7	5,6	4
provodljivost otopine za vlaženje	W <sub>4</sub>	3200	1950	1000
udio alkohola u otopini za vlaženje	W <sub>5</sub>	10,0	8,5	5,0
<b>Nekontrolirani faktori Z</b>				
viskoznost bojila	Z <sub>1</sub>			
	C	160	160	160
	M	180	180	180
	Y	140	140	140
	K	150	150	150
tvrdća otopine za vlaženje	Z <sub>2</sub>	12,0	9,0	6,0
<b>Izlazni faktor Y</b>				
razina sigme $\sigma$	Y <sub>1</sub>	6,000	6,000	3,000

#### 4.8.3.1.1. Definiranje ulaznih faktora višekriterijske analize

##### *Definiranje ulaznog faktora X<sub>1</sub>*

Temperatura papira definirana je kao prvi ulazni faktor ili faktor X<sub>1</sub>. Od velike je važnosti za proces tiska jer je papir dimenzionalno nestabilan u promjenjivim uvjetima temperature i vlage, posebno zbog njegove higroskopne naravi. Promjene dimenzija papira u toku procesa tiska kod višebojne reprodukcije uzrokuju tzv. gubitak pasera tj. četiri osnovne boje (CMYK) ne naliježu pravilno jedna na drugu čime se ne dobiva ispravan prijenos informacija i u konačnici kvalitetan proizvod.

Iako je temperatura papira od velikog značaja za kvalitetu, u modelu višekriterijske analize bila je tretirana kao konstanta zbog tehničke nemogućnosti mjerenja temperature papira u toku tiska, pa je vrednovana samo ulazna vrijednost temperature.



### ***Definiranje ulaznog faktora $X_2$***

Sljedeći ulazni faktor bila je vlažnost papira koja je u direktnoj vezi s temperaturom papira, a također utječe na dimenzionalnu stabilnost papira, pa s time i kvalitetu višebojne reprodukcije.

Niti vlagu papira također nije bilo moguće mjeriti u procesu tiska, pa je i ova veličina u modelu bila tretirana kao konstanta s izmjerenom vrijednošću na početku procesa tj. prije ulaska papira u stroj.

#### 4.8.3.1.2. Definiranje kontroliranih faktora višekriterijske analize

### ***Definiranje kontroliranog faktora $W_1$***

Temperatura bojila bila je prvi kontrolirani faktor. S obzirom da je temperatura boje i točka kritična za kvalitetu detaljnije je opisana u poglavlju 4.6.1.

### ***Definiranje kontroliranog faktora $W_2$***

Temperatura otopine za vlaženje definirana je kao treći kontrolirani faktor, a s obzirom da je i ona prepoznata kao točka kritična za kvalitetu detaljnije je opisana u poglavlju 4.6.2.

### ***Definiranje kontroliranog faktora $W_3$***

Koncentracija vodikovih iona služi kao mjera za kiselost ili lužnatost otopine (pH) i bila je treći kontrolirani faktor. No i kiselost otopine za vlaženje također je točka kritična za kvalitetu, pa je već detaljnije opisana u poglavlju 4.7.6.

### ***Definiranje kontroliranog faktora $W_4$***

Četvrti kontrolirani faktor bila je provodljivost otopine za vlaženje. Provodljivost otopine za vlaženje omogućuje kvalitetnu reprodukciju i u direktnoj je korelaciji s količinom topljivih natrijevih iona u otopini koji zamjenjuju kalcijeve i magnezijeve ione čineći vodu mekšom čime i raste provodljivost otopine. S obzirom da je teško definirati vrijednost za provodljivost i da se utvrđuje na način da se mjeri otpor koji pruža elektrolit tj. otopina za vlaženje prolazu električne struje, i provodljivost je uzeta kao konstanta.

### ***Definiranje kontroliranog faktora $W_5$***

Sljedeći kontrolirani faktor bio je udio alkohola u otopini za vlaženje. U otopinu za vlaženje dodaju se kapilarno aktivne tvari kako bi se smanjila površinska napetost, ubrzalo sušenje

otisnute boje i smanjila tendencija emulgiranja otopine za vlaženje s bojom. To mogu biti alkoholi, detergenti i masne kiseline, a najčešće se dodaje 12 %-tni II-propanol. Udio alkohola u otopini za vlaženje također je uzet kao konstanta jer otopine za vlaženje najčešće dolaze tvornički pripremljene.

#### 4.8.3.1.3. Definiranje nekontroliranih faktora višekriterijske analize

Definiranje nekontroliranih faktora višekriterijske analize temeljilo se na matematičkoj konstanti koja je fiksna numerička vrijednost i ne mora izravno uključivati nikakva fizička mjerenja. Nasuprot matematičkoj je kondicijska ili fizička konstanta za koju se vjeruje da je univerzalne prirode.

##### ***Definiranje nekontroliranog faktora $Z_1$***

Viskoznost boje ( $\eta$ ) faktor je od izuzetne važnosti za kvalitetu tiskovnog procesa i same reprodukcije, no iako na viskoznost djeluju klimatski uvjeti (temperatura i vlaga pogona) pretpostavlja se da će biti optimalna ako je i optimalna radna temperatura tiskarske jedinice. Na viskoznost boje ne može se utjecati dodavanjem nekih drugih sastojaka u boju jer to nije predviđeno prema tvorničkim specifikacijama, pa je stoga uzeta kao konstanta.

##### ***Definiranje nekontroliranog faktora $Z_2$***

Tvrdoća (dH) otopine za vlaženje ovisi o tvrdoći vode koja se koristi kao baza za otopinu, pa ako je ona bogata kredom i vapnencem koji sadrže ione kalcija i magnezija može doći do taloženja netopivih soli na valjcima. Stoga se na nekim tiskarskim strojevima instaliraju jedinice za omekšivanje vode koji uklanjaju kalcijeve i magnezijeve ione. Također se u otopinu za vlaženje mogu dodati različita sredstva za omekšavanje. S obzirom da se otopine za vlaženje najčešće kupuju tvornički pripremljene, i tvrdoća otopine za vlaženje bila je definirana kao konstanta.

#### 4.8.3.1.4. Definiranje izlaznog faktora višekriterijske analize

Izlazni faktor Y ili vrijednost trenutne razine sigme procesa ( $k\sigma$ ) bazirna je na broju proizvoda ili izlaza iz procesa, broju zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa i broju pogrešaka u procesima, a pobliže je opisana u poglavlju 4.3.

#### 4.8.3.2. Oblikovanje plana pokusa

U istraživačkoj praksi postoje dva načina izrade plana pokusa. To su tzv. upotreba „povijesnih“ podataka upotreba planiranih pokusa. Koncept upotrebe „povijesnih“ podataka primjenjuje se kada ne postoji mogućnost kontrole utjecajnih faktora zbog raznih ograničenja vezanih za kontinuiranost procesa ili zbog visokih troškova istraživanja. Koncept planiranja pokusa je baziran na mogućnosti kontrole utjecajnih faktora u istraživanom procesu, te oblikovanje modela po stohastičkom načelu, a radi eliminacije utjecaja nekontroliranih faktora u procesu (Hinkelman i Kempthorne, 2008).

Planiranje pokusa se svodi na odabir adekvatnog modela pokusa iz već postojećeg kataloga pokusa, ili oblikovanjem, a uzimajući u obzir ograničavajuće faktore u problemu, ili pak neke od kriterija optimalnosti (Cox i Reid, 2000). U ovisnosti o odzivu koji se želi dobiti može se odabrati tip pokusa koji se dodatno oblikuje odabirom ili modifikacijom željenih stanja pokusa (točaka), a vezano za različite promjene zahtjeva (rješenja) ili oblika rezultata (Coleman i Montgomery, 1993).

Plan pokusa predstavlja način definiranja protokola za iznalaženje funkcionalnih ovisnosti između ulaza i izlaza procesa, a za potrebe ovog rada primijenio se višefaktorni plan pokusa. Procesna tiska označen je mnogobrojnim utjecajnim faktorima koji djeluju direktno, međusobno i po jačini različito na tijek ishoda pokusa. Važno je istaknuti da se ovim pristupom u tijeku eksperimenta varira više utjecajnih faktora istodobno, no da je minimalan broj eksperimentalnih točaka u odnosu na količinu dobivenih informacija o zakonitosti procesa. Time se višestruko smanjuju troškovi i vrijeme trajanja eksperimentalnih ispitivanja procesa.

##### 4.8.3.2.1. Definiranje faktorskih kombinacija optimizacijskog modela

S obzirom da su analizom nultog procesa uočena najčešća odstupanja od 0,2 od ciljane vrijednosti, rasponi u kojima se protežu tri kontrolirana faktora (nezavisne varijable), kao i njihove kombinacije vidljivi su u tablici 4-26. Ta tri kontrolirana faktora odabrana su detaljnom analizom recentne literature iz područja ofsetnog tiska.

Tablica 4-26. Kombinacije trijasa optimizacijskih faktora

Kombinacija	W <sub>1</sub> temp. bojila	W <sub>2</sub> temp. otopine	W <sub>3</sub> pH otopine
	raspon: 26,8 = W <sub>1,1</sub> 27,0 = W <sub>1,2</sub> 27,2 = W <sub>1,3</sub>	raspon: 10,0 = W <sub>2,1</sub> 10,2 = W <sub>2,2</sub> 10,4 = W <sub>2,3</sub>	raspon: 5,4 = W <sub>3,1</sub> 5,6 = W <sub>3,2</sub> 5,8 = W <sub>3,3</sub>
1.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,1</sub>
2.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,2</sub>
3.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,3</sub>
4.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,1</sub>
5.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,2</sub>
6.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,3</sub>
7.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,1</sub>
8.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,2</sub>
9.	W <sub>1,1</sub>	W <sub>2,1</sub>	W <sub>3,3</sub>
10.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,1</sub>
11.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,2</sub>
12.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,3</sub>
13.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,1</sub>
14.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,2</sub>
15.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,3</sub>
16.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,1</sub>
17.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,2</sub>
18.	W <sub>1,2</sub>	W <sub>2,2</sub>	W <sub>3,3</sub>
19.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,1</sub>
20.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,2</sub>
21.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,3</sub>
22.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,1</sub>
23.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,2</sub>
24.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,3</sub>
25.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,1</sub>
26.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,2</sub>
27.	W <sub>1,3</sub>	W <sub>2,3</sub>	W <sub>3,3</sub>

Sukladno utvrđenim kombinacijama optimizacijskih trijasa, pridružene su im i njihove numeričke vrijednosti (tablica 4-27) prema kojima je izvršeno 27 serija (3<sup>3</sup>) parcijalnih mjerenja s definiranim brojem eksperimentalnih ponavljanja u strogo definiranim uvjetima pogona i podešenosti tiskarskog stroja (*vidi poglavlje 4.8.1.*).

Tablica 4-27. Numeričke vrijednosti kombinacija trijasa optimizacijskih faktora

Kombinacija	W <sub>1</sub> temp. boje	W <sub>2</sub> temp. otopine	W <sub>3</sub> pH otopine
	raspon: 26,8 27,0 27,2	raspon: 10,0 10,2 10,4	raspon: 5,4 5,6 5,8
1.	26,8	10,0	5,4
2.	26,8	10,0	5,6
3.	26,8	10,0	5,8
4.	26,8	10,2	5,4
5.	26,8	10,2	5,6
6.	26,8	10,2	5,8
7.	26,8	10,4	5,4
8.	26,8	10,4	5,6
9.	26,8	10,4	5,8
10.	27,0	10,0	5,4
11.	27,0	10,0	5,6
12.	27,0	10,0	5,8
13.	27,0	10,2	5,4
14.	27,0	10,2	5,6
15.	27,0	10,2	5,8
16.	27,0	10,4	5,4
17.	27,0	10,4	5,6
18.	27,0	10,4	5,8
19.	27,2	10,0	5,4
20.	27,2	10,0	5,6
21.	27,2	10,0	5,8
22.	27,2	10,2	5,4
23.	27,2	10,2	5,6
24.	27,2	10,2	5,8
25.	27,2	10,4	5,4
26.	27,2	10,4	5,6
27.	27,2	10,4	5,8

#### 4.8.3.2.2. Definiranje broja eksperimentalnih ponavljanja

Plan pokusa označava eksperimentalno istraživanje za dobivanje funkcija obradivosti, a koje se odvija po točno određenom protokolu. Stoga je bilo potrebno utvrditi broj eksperimentalnih ponavljanja. S obzirom da je stupanj višefaktorskog plana direktno povezan sa stupnjem matematičkog modela, pošto se radi o matematičkom modelu drugog stupnja, primijenit će se i višefaktorski plan pokusa drugog stupnja.

Nakon što su definirane ulazne veličine procesa, odnosno nezavisni utjecajni faktori (nezavisnost u prvoj aproksimacijskoj pretpostavci), potrebno je bilo odrediti razine variranja faktora. Najviše se primjenjuju ortogonalni planovi s variranjem faktora na dvije razine, tj.  $x_{i,min}$  i  $x_{i,max}$ .

Planovi čiji se faktori variraju na dvije razine nazivaju se planovi tipa  $2^k$  gdje je  $k$  broj faktora, odnosno nezavisnih varijabli.

Da bi se dobili podaci potrebni za oblikovanje modela za optimizaciju tiska bilo je potrebno provesti pokus u definiranim i kontroliranim uvjetima. Postupak mjerenja provodio se na

način da se samo tri faktora odaberu kao ključna u modelu i da se promatra kako njihova promjena utječe na promjenu izlaznog faktora. Iako bi bilo idealno da se promatra svih pet kontroliranih faktora, ako se uzmu u obzir sve njihove kombinacije dolazi se do  $5^5$  kombinacija uvjeta mjerenja.

Ukupan broj eksperimentalnih ponavljanja za svaku kombinaciju uvjeta mjerenja izračunat je se prema sljedećoj formuli:

$$N = 2^k + 2k + n \quad (12)$$

gdje je:

-  $N$  – broj eksperimentalnih ponavljanja

-  $k$  – broj faktora

-  $n$  – broj ponavljanja u središtu

iz čega slijedi:

$$N = 2^5 + 2 \cdot 5 + 10 = 52 \quad (13)$$

Dakle, s 3 faktora dobilo se  $3^3$  ili 27 kombinacija za kontrolirane uvjete mjerenja, a za svaki uvjet izvršena su 52 ponovljena mjerenja.

#### 4.8.3.2.3. Definiranje plana uzorkovanja

U istraživačkoj praksi se često upotrebljava djelimično prikupljanje podataka korištenjem različitih metoda, najčešće zasnovanih na teoriji vjerojatnosti. Kada je god moguće poželjno je izabrati slučajni uzorak koji se sastavlja prema određenim načelima koji odgovaraju zakonu slučaja. Jednostavni slučajni uzorak veličine  $n$  elemenata dobiva se iz osnovnog skupa koji ima  $N$  elemenata ako se izbor obavlja tako da svaki uzorak veličine  $n$  koji se može izabrati iz tog osnovnog skupa ima istu vjerojatnost da bude izabran.

Međutim za potrebe ovog rada korištena je metoda sistematskog uzorka (eng. *Systematic sample*). Sistematski uzorak se formira na način da se po redu broje elementi u osnovnom skupu. Kod ovog izbora također postoji za svaku jedinicu u osnovnom skupu jednaka mogućnost da bude izabrana u uzorak ako je broj elemenata koji se bira točan djeliteľ broja elemenata u osnovnom skupu (Newbold et al., 2007).

U tu svrhu koristila se frakcija uzorka  $f$ . To je omjer jedinica u uzorku i broja jedinica u osnovnom skupu.

$$f = \frac{n}{N} \quad (14)$$

gdje je:

-  $f$  – frakcija uzorka

-  $n$  – broj jedinica u uzorku

-  $N$  – broj jedinica u osnovnom skupu

iz čega slijedi:

$$f = \frac{15000}{52} = 288 \quad (15)$$

Dakle, korak odabira je recipročan izraz frakcije  $\frac{1}{f} = 288$ . Za izvlačenje uzorka uzeo se jedan broj između 1 i 288 (odabran je 100.) i od njega se počelo izvlačenje svakog 288. uzorka dok se nije izvuklo svih 52.

## 5. MODELIRANJE

Modeliranje podrazumijeva odabir različitih tehnika modeliranja i njihovu primjenu na ulazni podatkovni set. U tom procesu se također parametri procesa kalibriraju na optimalne vrijednosti.

S obzirom da eksperimentalno istraživanje počinje izborom matematičkog aparata koji će modelu u prvoj aproksimaciji dati dovoljno točnu aproksimaciju stvarnog, nepoznatog, analitičkog oblika funkcije odziva, definirati matematički model ne znači samo odrediti njegov stupanj, već i napraviti predikcijski izbor nezavisnih utjecajnih parametara koji ulaze u model. Svi ostali potencijalni parametri moraju biti konstantni. Ako se pokaže da predloženi matematički model od tri parametra ne odgovara preciznijem realnom modelu, postupak započinje ispočetka prilagođavanjem novog matematičkog modela ili izborom drugačijeg intervala variranja faktora modela (prema Kleijnen, 2008).

Za potrebe ovog rada pretpostavlja se viševarijabilna kvadratna funkcija oblika:

$$F(x_1, x_2) = a \cdot x_1^2 + b \cdot x_2^2 + c \cdot x_1 x_2 + d \cdot x_1 + e \cdot x_2 + f \quad (16)$$

Također se može koristiti kubna funkcija, ali i kompleksnije metode poput neuronskih mreža kako bi se odbila funkcija koja opisuje proces bez prethodne pretpostavke o funkciji.

### 5.1. Skupna analiza 27 parcijalnih procesa

Prema utvrđenom broju eksperimentalnih ponavljanja proveden je pokus u definiranim i kontroliranim uvjetima da se varijacije i eventualni vanjski utjecaji svedu na minimum.

Vrijednosti izlaznog faktora Y (trenutna razina sigme procesa) izračunate su na isti način kao i trenutna razina sigme nultog procesa (*poglavlje 4.2.*) Dakle izračun se bazirao na broju proizvoda ili izlaza iz procesa, broju zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa i broju pogrešaka u procesima.

Kao što je i očekivano sve trenutne razine sigme su u rasponu između  $(3,6 \div 3,8) \cdot \sigma$ , što je apsolutno u okviru  $(3 \div 4) \cdot \sigma$  prosječnih svjetskih kompanija (tablica 5-1).

Ovakvi iznosi trenutnih razina sigme zadovoljavaju inicijalne uvjete za oblikovanje optimizacijskog modela na načelima Six Sigme.







23.	G	z	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$	$\epsilon_7$	$\epsilon_8$	$\epsilon_9$	$\epsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
	52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	16	0,015384	15384	3,685
			$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{14}$	$\epsilon_{15}$	$\epsilon_{16}$	$\epsilon_{17}$	$\epsilon_{18}$	$\epsilon_{19}$	$\epsilon_{20}$				
			2	5	1	1	0	1	1	1	0	0				
24.	G	z	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$	$\epsilon_7$	$\epsilon_8$	$\epsilon_9$	$\epsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
	52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	17	0,016346	16346	3,680
			$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{14}$	$\epsilon_{15}$	$\epsilon_{16}$	$\epsilon_{17}$	$\epsilon_{18}$	$\epsilon_{19}$	$\epsilon_{20}$				
			2	3	2	1	1	1	1	1	0	0				
25.	G	z	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$	$\epsilon_7$	$\epsilon_8$	$\epsilon_9$	$\epsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
	52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	17	0,016346	16346	3,680
			$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{14}$	$\epsilon_{15}$	$\epsilon_{16}$	$\epsilon_{17}$	$\epsilon_{18}$	$\epsilon_{19}$	$\epsilon_{20}$				
			2	5	1	1	1	1	1	1	1	0				
26.	G	z	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$	$\epsilon_7$	$\epsilon_8$	$\epsilon_9$	$\epsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
	52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	16	0,015384	15384	3,685
			$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{14}$	$\epsilon_{15}$	$\epsilon_{16}$	$\epsilon_{17}$	$\epsilon_{18}$	$\epsilon_{19}$	$\epsilon_{20}$				
			1	4	2	1	1	1	1	1	1	0				
27.	G	z	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$	$\epsilon_4$	$\epsilon_5$	$\epsilon_6$	$\epsilon_7$	$\epsilon_8$	$\epsilon_9$	$\epsilon_{10}$	$\delta$	$\sigma$	N (PPM)	$k\sigma$
	52	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	17	0,016346	16346	3,680
			$\epsilon_{11}$	$\epsilon_{12}$	$\epsilon_{13}$	$\epsilon_{14}$	$\epsilon_{15}$	$\epsilon_{16}$	$\epsilon_{17}$	$\epsilon_{18}$	$\epsilon_{19}$	$\epsilon_{20}$				
			3	5	1	2	1	1	1	0	1	0				

U sljedećem koraku napravljena je deskriptivna analiza izlazne vrijednosti Y kako bi se opisale osnovne karakteristike podataka

Također su se za pravilo zaključivanja o distribuciji podataka uz razinu statističke značajnosti od 95% definirale hipoteze:

$H_0$ : distribucija podataka je oblika normalne distribucije

$H_1$ : distribucija podataka nije oblika normalne distribucije

Pri čemu je pravilo odlučivanja:

ako je  $p$ -vrijednost  $> \alpha$ , ne može se odbaciti  $H_0$

ako je  $p$ -vrijednost  $< \alpha$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvaća  $H_1$

Kao što je već ranije spomenuto prosječne svjetske kompanije rade s  $(3 \div 4) \cdot \sigma$ , pa je stoga izlazna varijabla Y definirana s LSL od  $3 \cdot \sigma$ , a USL od  $4 \cdot \sigma$ . Ciljana vrijednost ili TV je bila  $3,5 \cdot \sigma$ .

Iz tablice 5-2 je vidljivo da je minimalna vrijednost bila  $3,680 \cdot \sigma$ , a maksimalna  $3,710 \cdot \sigma$ , dok je srednje apsolutno odstupanje iznosilo 3,691.

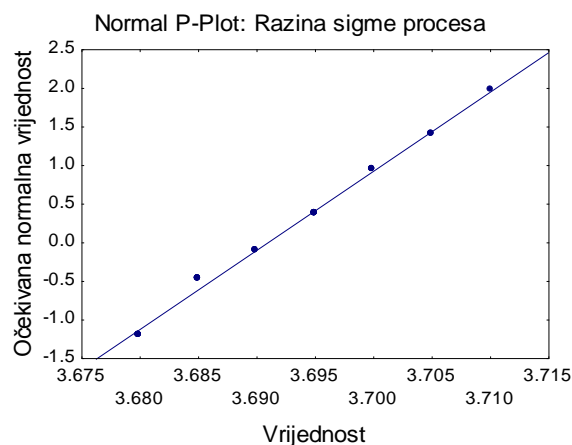
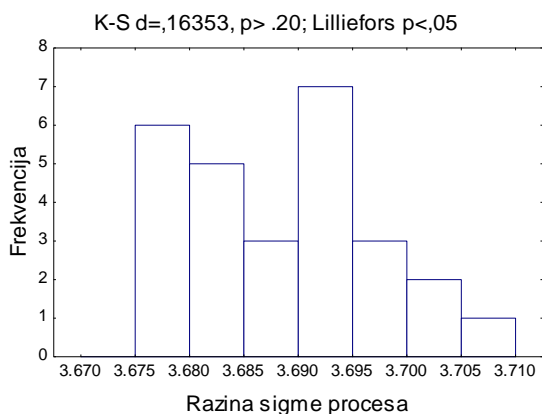
Standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka iznosila je 0,008807, te uz koeficijent varijacije od 0,238602 ukazuje na vrlo malu disperziju podataka, te veliku reprezentativnost prosjeka.

Nadalje, promatrajući mjeru asimetrije  $\alpha_3$  (0,318678) koja je veća od nule, može se zaključiti da je distribucija pozitivno asimetrična, dok je  $\alpha_4 + 3$  manji od 3 (2,201514), pa je vrh distribucije plosnati od normalne distribucije.

Tablica 5-2. Vrijednosti deskriptivne analize izlazne vrijednosti Y

N	Min $\sigma$	Max $\sigma$	Mean	Median	Mode	Var	Std.Dev.	Coef.Var.	Skew.	Kurt.
27	3,680	3,710	3,691	3,690	3,695	0,000078	0,008807	0,238602	0,318678	-0,798486

Iz histograma na slici 5-1 također se može vidjeti da je distribucija desno asimetrična. S obzirom da je vrijednost standardne devijacije mala (0,008807), za razinu statističke značajnosti ne očitava Lilliefors p vrijednost, već p vrijednost Kolmogorov-Smirnov testa koja je veća od 0,20 što ukazuje na normalnu distribuciju. Iz dijagrama rasipanja (slika 5-2) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.



Slika 5-1. Histogram distribucije izlazne vrijednosti Y

Slika 5-2. Dijagram rasipanja izlazne vrijednosti Y

Promatrajući histogram (slika 5-1) također se može vidjeti da je distribucija desno asimetrična, a razina statističke značajnosti  $p$  Kolmogorov-Smirnov testa ukazuje da podaci nisu normalno distribuirani, no iz dijagrama rasipanja (slika 5-2) je vidljivo da u podacima nema izdvojenica i da među njima postoji linearna povezanost.

## 5.2. Testiranje značajnosti varijabli u modelu

S obzirom da model uključuje šest konstanti bilo je potrebno provesti test u kojem se pretpostavljaju ograničenja ili restrikcije na varijable modela. Testovi koji se provode u tu svrhu mogu biti pojedinačni i grupni, a omogućuju da se postojećoj regresijskoj jednadžbi doda skup novih regresorskih varijabli i testira ima li taj skup varijabli signifikantan doprinos objašnjavaivanju varijacija zavisne varijable (Wilks, 2007).

Za procjenu značajnosti varijabli u ovom modelu pogodan je bio test tvrdnje da je jedna ili više regresorskih varijabli suvišna u modelu, tj. da nova varijabla ili skup varijabli nije značajan.

S obzirom da se početni nelinearni model ne može linearizirati, da bi se potom promatrao kao model višestruke linearne regresije, moguće je primijeniti test o izostavljenoj značajnoj regresorskoj varijabli ili test o uključivanju suvišne regresorske varijable, tj. Likelihood Ratio test koji je pogodan i za linearne i nelinearne modele (Gelman i Hill, 2006).

U modelu za optimizaciju su ulazni faktori, nekontrolirani faktori i dva kontrolirana faktora definirani kao konstante, pa je stoga bilo potrebno provesti testiranje značajnosti varijabli kako bi se provjerilo da neka od navedenih varijabli ipak nije značajna u modelu. U tu svrhu primijenjen je Likelihood Ratio test.

Testiranje značajnosti varijable  $X_1$  u modelu prikazano je u tablici 5-3. Kao što je vidljivo vrijednost parametra  $p$  iznosi 0,02442, što ukazuje na to da varijabla  $X_1$  nije značajna u budućem optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-3. Testiranje značajnosti varijable  $X_1$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 100 (0_process) Dep. var: X1 Loss: Max likelihood Final loss: ,000000000 Chi <sup>2</sup> ( 4)=11,200 p=,02442					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	-849,120	-1057,75	5272,664	-2088,56	-1611,41
Odds ratio (unit ch)	0,000	0,00		0,00	0,00
Odds ratio (range)		0,00		0,00	0,00

Nadalje je provedeno testiranje varijable  $X_2$ , što pokazuje tablica 5-4. Iz tablice je vidljivo da je vrijednost parametra  $p$  ponovno 0,02442 što znači da niti varijabla  $X_2$  nije značajna u budućem optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-4. Testiranje značajnosti varijable  $X_2$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 100 (0_process) Dep. var: X2 Loss: Max likelihood Final loss: ,000000000 Chi <sup>2</sup> ( 4)=11,200 p=,02442					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	-849,120	-1057,75	5272,664	-2088,56	-1611,41
Odds ratio (unit ch)	0,000	0,00		0,00	0,00
Odds ratio (range)		0,00		0,00	0,00

Testirana je i varijabla  $W_4$  što pokazuje tablica 5-5, gdje je ponovno vidljivo da  $p$  iznosi 0,02442 što ukazuje na to da niti varijabla  $W_4$  neće biti značajna u optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-5. Testiranje značajnosti varijable  $W_4$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 100 (0_process) Dep. var: X2 Loss: Max likelihood Final loss: ,000000000 Chi <sup>2</sup> ( 4)=11,200 p=,02442					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	-849,120	-1057,75	5272,664	-2088,56	-1611,41
Odds ratio (unit ch)	0,000	0,00		0,00	0,00
Odds ratio (range)		0,00		0,00	0,00

Sljedeća varijabla koja je testirana bila je  $W_5$ , a iz tablice 5-6 je vidljivo da  $p$  vrijednost iznosi 0,04101 što znači da niti varijabla  $W_5$  ne bi bila značajna u optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-6. Testiranje značajnosti varijable  $W_5$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 20 1's: 13 (0_process) Dep. var: W5 Loss: Max likelihood Final loss: 17,142199728 Chi <sup>2</sup> ( 4)=9,9671 p=,04101					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	9,56	-56,6465	-76,2424	303,373	-121,882
Odds ratio (unit ch)	14148,68	0,0000	0,0000		0,000
Odds ratio (range)		0,0589	0,1015	8965,891	0,087

Varijabla  $Z_1$  također je testirana, a iz tablice 5-7 je vidljivo da je vrijednost parametra  $p$  0,02442 što znači da niti varijabla  $Z_1$  neće imati značaja u optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-7. Testiranje značajnosti varijable  $Z_1$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 100 (0_process) Dep. var: Z1 Loss: Max likelihood Final loss: ,000000000 Chi <sup>2</sup> ( 4)=11,200 p=,02442					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	-849,120	-1057,75	5272,664	-2088,56	-1611,41
Odds ratio (unit ch)	0,000	0,00		0,00	0,00
Odds ratio (range)		0,00		0,00	0,00

I na kraju je testirana i varijabla  $Z_2$ , a iz tablice 5-8 je vidljivo da je vrijednost parametra  $p$  0,02442 što znači da niti varijabla  $Z_2$  ne bi bila od značaja u optimizacijskom modelu u okviru pretpostavljenih konstanti.

Tablica 5-8. Testiranje značajnosti varijable  $Z_2$  u modelu

Model: Logistic regression (logit) N of 0's: 100 (0_process) Dep. var: Z2 Loss: Max likelihood Final loss: ,000000000 Chi <sup>2</sup> ( 4)=11,200 p=,02442					
	Const.B0	C100	M100	Y100	K100
Estimate	-849,120	-1057,75	5272,664	-2088,56	-1611,41
Odds ratio (unit ch)	0,000	0,00		0,00	0,00
Odds ratio (range)		0,00		0,00	0,00

Pošto je izvršeno testiranje svih šest varijabli koji će u modelu predstavljati konstante zaključilo se da niti jedna od njih nije statistički značajna, te stoga u modelu mogu ostati definirane kao pretpostavljene konstante.

Nadalje je bilo potrebno testirati utjecaj ulaznih varijabli  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$  na izlaznu vrijednost  $Y$ , tj. razinu sigme procesa. S obzirom da je broj varijabli bio malen (27), u tu svrhu je proveden neparametrijski Wilcoxon test za zavisne varijable. Neparametrijski testovi imaju manju snagu otkrivanja stvarnog efekta u odnosu na ekvivalentni parametrijski test.

### **Testiranje utjecaja varijable $W_1$ na izlaznu vrijednost $Y$**

Za pravilo zaključivanja o utjecaju varijable  $W_1$  na izlaznu vrijednost  $Y$  uz razinu statističke značajnosti od 95% definirane su hipoteze:

**$H_0$ :** varijabla  $W_1$  nema utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

**$H_1$ :** varijabla  $W_1$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

Pri čemu je pravilo odlučivanja:

ako je  $p$ -vrijednost  $> \alpha$ , ne može se odbaciti  $H_0$

ako je  $p$ -vrijednost  $< \alpha$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvaća  $H_1$

Tablica 5-9. Testiranje utjecaja varijable  $W_1$  na izlaznu vrijednost  $Y$

Wilcoxon Matched Pairs Test ( $W_1$ )				
Marked tests are significant at $p < ,0500$				
Pair od Variables	Valid N	T	Z	p-value
$W_1$ i Razina sigme procesa $Y$	27	0,00	4,540725	0,000006

Kao što je vidljivo iz tablice 5-9,  $p$  vrijednost je manja od 0,05, pa se odbacuje hipoteza  $H_0$  i prihvaća hipoteza  $H_1$ , tj. varijabla  $W_1$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$ .

### **Testiranje utjecaja varijable $W_2$ na izlaznu vrijednost $Y$**

Za pravilo zaključivanja o utjecaju varijable  $W_2$  na izlaznu vrijednost  $Y$  uz razinu statističke značajnosti od 95% definirane su hipoteze:

**$H_0$ :** varijabla  $W_2$  nema utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

**$H_1$ :** varijabla  $W_2$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

Pri čemu je pravilo odlučivanja:

ako je  $p$ -vrijednost  $> \alpha$ , ne može se odbaciti  $H_0$

ako je  $p$ -vrijednost  $< \alpha$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvaća  $H_1$

Tablica 5-10. Testiranje utjecaja varijable  $W_1$  na izlaznu vrijednost  $Y$

Wilcoxon Matched Pairs Test ( $W_2$ )				
Marked tests are significant at $p < ,0500$				
Pair od Variables	Valid N	T	Z	p-value
$W_2$ i Razina sigme procesa $Y$	27	0,00	4,540725	0,000006

Ponovno je vidljivo iz tablice 5-10, da je  $p$  vrijednost manja od 0,05, pa se odbacuje hipoteza  $H_0$  i prihvaća hipoteza  $H_1$ , tj. da i varijabla  $W_2$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$ .

### **Testiranje utjecaja varijable $W_3$ na izlaznu vrijednost $Y$**

Za pravilo zaključivanja o utjecaju varijable  $W_3$  na izlaznu vrijednost  $Y$  uz razinu statističke značajnosti od 95% definirane su hipoteze:

$H_0$ : varijabla  $W_3$  nema utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

$H_1$ : varijabla  $W_3$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$

Pri čemu je pravilo odlučivanja:

ako je  $p$ -vrijednost  $> \alpha$ , ne može se odbaciti  $H_0$

ako je  $p$ -vrijednost  $< \alpha$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvaća  $H_1$

Tablica 5-11. Testiranje utjecaja varijable  $W_1$  na izlaznu vrijednost  $Y$

Wilcoxon Matched Pairs Test ( $W_3$ )				
Marked tests are significant at $p < ,0500$				
Pair od Variables	Valid N	T	Z	p-value
$W_3$ i Razina sigme procesa $Y$	27	0,00	4,540725	0,000006

I iz tablice 5-11 također je vidljivo da je  $p$  vrijednost manja od 0,05, pa se i u ovom slučaju odbacuje hipoteza  $H_0$  i prihvaća hipoteza  $H_1$ , tj. da varijabla  $W_3$  ima utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$ .

Nakon provedenog Wilcoxon neparametrijskog testa za testiranje utjecaja pojedinih varijabli na izlaznu vrijednost procesa može se zaključiti da sve tri varijable ( $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$ ) imaju utjecaj na izlaznu vrijednost  $Y$ , tj. na razinu sigme procesa.

### **5.3. Aproksimacija funkcije modela**

Za kvalitetno definiranje kvalitete izlaznih vrijednosti procesa tiska bilo je potrebno definirati što više parametara iz samog proizvodnog procesa kako bi se smanjenje tražene razine kvalitete što brže i jednostavnije ustanovilo. Stoga je od izuzetne važnosti standardizacija cjelokupnog procesa, kao i svih ulaznih vrijednosti koje u njega ulaze.

Analizom učinaka, istražujući parametre koji značajno utječu na vrijednosti izlaznih varijabli tehnoloških i proizvodnih procesa, moguće je dobiti njihovu međusobnu ovisnost, te formulirati zakonitost pojave preko matematičkog modela (Montgomery, 2004). Opisana pojava se izražava u matematičkom obliku (funkcija) koji je pogodan za različite metode optimizacije. No da bi se optimizacija mogla provesti potrebno je definirati vezu između pojedinih utjecajnih faktora unutar procesa. To je moguće pomoću dva osnovna tipa pristupa



mjerenju i analizi pojava: nekontrolirani (praćenjem procesa) što rezultira izradom regresijskog modela, te kontrolirani poznat po terminu planiranje pokusa (Montgomery, 1997).

Pristup upotrebom „povijesnih“ podataka ili pristup pronalazjenja odzivne funkcije u istraživanju zakonitosti pojava ili procesa jest uporaba empirijskih podataka. Ovaj pristup je pogodan kada ne postoji mogućnost kontrole faktora u procesu zbog raznih ograničenja vezanih za kontinuiranost procesa (npr. nemogućnost zaustavljanja proizvodnje i izvođenje pokusa po planu jer to povlači za sobom ne samo dodatne troškove već zahtijeva i drugačije postavke promatranih kontroliranih faktora). Osim toga takav pristup ograničava količinu informacija koju je moguće dobiti nakon analize. Osnovni model provođenja istraživanja po ovom načelu jest uporaba regresijske analize. Ovisno o broju nezavisnih varijabli regresijska analiza može se podijeliti na jednostruku ili višestruku, te ovisno o obliku utjecaja pojedinih nezavisnih faktora na linearnu i nelinearnu. Međutim regresijsku analizu je potrebno shvatiti i kao dio analize bilo kojeg planiranog pokusa jer kao rezultat na kraju daje oblik odzivne funkcije sa svim utjecajnim parametrima i koeficijentima.

Kako bi se optimizacija mogla provesti potrebno je definirati vezu između promatrane pojave ili procesa i utjecajnih faktora što je i učinjeno pokusom.

Matematički model ako je adekvatan, predstavlja povoljnu aproksimaciju stvarnog, nepoznatog, analitičkog oblika funkcije odziva.

Ako se u procesu čija je stvarna funkcija stanja procesa nepoznata, definiraju ulazi ( $x_i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ), onda se matematički model procesa može napisati u obliku:

$$\eta = \Phi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) \quad (17)$$

Funkcija  $\eta$  je hipotetična veličina, a u matematičkom modelu koji se dobije nakon eksperimentalnog ispitivanja je prisutna i greška eksperimenta  $\varepsilon$ , pa vrijedi sljedeći izraz:

$$\eta = \Phi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) + \varepsilon \quad (18)$$

Kao što je već rečeno, modeli se mogu aproksimirati kao linearne i nelinearne funkcije (Snyman, 2005), a kada se govori o linearnoj funkciji nezavisnih varijabli, tada aproksimacijska funkcija modela prvog reda glasi:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (19)$$

U slučaju da postoji nelinearnost i da linearna funkcija nije odgovarajuća aproksimacija modela, potrebno je koristiti polinom višeg stupnja, najčešće drugog reda:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i b + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i^2 + \sum_{i < 1} + \sum_{j=2} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (20)$$

S obzirom da su dobiveni podaci o vrijednosti funkcije  $f$  u točkama  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , tj.  $f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_m)$ , cilj je aproksimirati funkciju  $f$  polinomom:

$$h(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 \quad (21)$$

stupnja  $n$ , gdje je  $n < m$ .

Također za svaki polinom postoje i pripadajuće greške ili odstupanja aproksimacije:

$$\varepsilon_i = f(x_i) - h(x_i), i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

Najbolja aproksimacija je ona za koju je suma kvadrata odstupanja minimalna tj. za koju se doseže

$$\min f(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^m [f(x_i) - h(x)]^2 \quad (23)$$

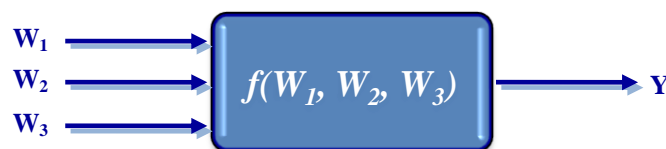
odnosno

$$\min f(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^m [f(x_i) - (a_n x_i^n + a_{n-1} x_i^{n-1} + \dots + a_1 x_i + a_0)] \quad (24)$$

## 5.4. Izrada modela

### 5.4.1. Generiranje optimizacijske jednadžbe

Detaljnim mjerenjima dobivena je potvrda da promjenom varijabli ulaza u definiranom procesu tj. sustavu na izlazu će se dobiti drugačiji odziv. S obzirom da se zadani sustav budućeg optimizacijskog modela sastoji od više ulaznih varijabli, gledala se ovisnost o samo tri ulazna parametra tj. temperaturi bojila, temperaturi otopine za vlaženje i kiselosti otopine za vlaženje. Na izlazu se dobivala vrijednost trenutne razine sigme. Stoga se shematski sustav generiranja optimizacijske jednadžbe može predložiti slikom 5-3.



Slika 5-3. Shematski prikaz sustava generiranja optimizacijske jednadžbe

### 5.4.2. Pristup problemu

S obzirom da postoji povezanost tri parametra ( $W_1, W_2$  i  $W_3$ ) s vrijednošću izlaza  $Y$  (tablica 5-1. Trenutne razine sigmi parcijalnih procesa), cilj je bio dobiti jednadžbu koja će najbolje opisati njihovu povezanost. Kada se dobije jednadžba, vrlo lako ju je optimizirati i dobiti specifične vrijednosti ulaza s kojima se dobiva najbolja izlazna vrijednost, tj.  $6\sigma$ . Za potrebe generiranja te jednadžbe koristila se tablica 4-27 (*Numeričke vrijednosti kombinacija parametara optimizacijskih faktora*) ulaznih parametara (u daljnjem tekstu tablica ulaznih parametara i odziva), a kao ulazne značajke u matematičkom algoritmu vrijednosti iz tablice 5-12.

Tablica 5-12. Ulazne značajke u matematičkom algoritmu

$W_1$ temp. boje	$W_2$ temp. otopine	$W_3$ pH otopine
raspon: 26,8 = $W_{1,1}$ 27,0 = $W_{1,2}$ 27,2 = $W_{1,3}$	raspon: 10,0 = $W_{2,1}$ 10,2 = $W_{2,2}$ 10,4 = $W_{2,3}$	raspon: 5,4 = $W_{3,1}$ 5,6 = $W_{3,2}$ 5,8 = $W_{3,3}$

Kako bi se pojednostavio postupak traženja prikladne jednadžbe koja će najbolje opisati odziv sustava na ulazne parametre, koristila se metoda najmanjih kvadrata. U ovom slučaju ta metoda bila je najprikladnija i najjednostavnija jer se njom pokušava smanjiti odstupanje od modela i poznatih izlaznih podataka ( $Y$ ) da pri tome odstupanje nije veće od 1% od mjerenih rezultata što je poslije i dokazano. Za potrebe simulacije korišten je matematičko – funkcionalni program Matlab.

Stoga se traži minimum funkcije:

$$R^2 \equiv \sum [y_i - f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_n)]^2 \quad (25)$$

Ako se nađe minimum dobit će se opis procesa koji je najbliži izmjerenim izlazima  $y_i$  s obzirom na ulaze  $x_i$ .

Utvrđeno je da

- postoje parametri  $a$  i  $b$  takvi da se za svaku vrijednost  $x$  nezavisne varijable  $X$ , zavisnu varijablu  $Y$  može pisati kao:

$$Y = x^T A x + B x + c + \varepsilon \quad (26)$$

gdje je:

-  $A$  – gornja trokutasta matrica

-  $B$  – vektor

-  $c$  – skalar

-  $x$  – vektor ulaza

-  $\varepsilon$  – normalna slučajna varijabla s očekivanjem  $E(\varepsilon) = 0$  i standardnom devijacijom  $V(\varepsilon) = \sigma^2$ , te je  $\sigma^2$  jednaka za sve vrijednosti  $x$

- od svih pravaca  $y = ax + b$ , najvjerojatniji pravac regresije je onaj za koji je suma kvadrata odstupanja minimalna

$$f(a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots, c) = \sum_{i=1}^N [\vec{y}_i - \vec{x}_i^T A \vec{x}_i + B^T \vec{x}_i + c] \quad (27)$$

- suma kvadrata odstupanja je minimalna kada istodobno vrijedi

$$\frac{\partial f}{\partial a_1}, \frac{\partial f}{\partial a_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial b_1}, \dots, \frac{\partial f}{\partial c} \quad (28)$$

- polinom koji će aproksimirati funkciju glasi:

$$y = c_1 W_1^2 + c_2 W_2^2 + c_3 W_3^2 + c_4 W_1 W_2 + c_5 W_1 W_3 + c_6 W_2 W_3 + c_7 W_1 + c_8 W_2 + c_9 W_3 + c_{10} \quad (29)$$

Stoga je u narednim koracima bilo potrebno napraviti sljedeće:

- definirati izgled funkcije
- uvrstiti u nju ulazne varijable
- oduzeti od izmjerene izlazne vrijednosti
- kvadrirati i zbrojiti sve takve kombinacije u zajedničku funkciju  $F$
- tražiti gdje je funkcija  $F$  najmanja, tj. gdje će za određene konstante odstupanje od rješenja biti najmanje.

Za budući model jednadžba je funkcija triju varijabli:

$$Y = f(w_1, w_2, w_3) \quad (30)$$

Radi jednostavnosti zapisa i simulacije navedenu zadanu funkciju zapisuje se u vektorskom obliku s ulaznim parametrima u obliku vektora. Na taj način se može s bilo kakvom ulaznom matricom dobiti vektor rezultata za svaki pojedini slučaj iz tablice.

Nadalje, u matričnom obliku zadana nelinearna funkcija glasi:

$$Y = W^T \cdot A \cdot W + B \cdot W + C \quad (31)$$

gdje je:

- $Y$  - vektor izlaznih vrijednosti
- $W$  - vektor ulaznih vrijednosti
- $A$  - matrica konstanti od  $c_1$  do  $c_6$
- $B$  - vektor konstanti od  $c_7$  do  $c_9$
- $C$  - konstanta  $c_{10}$

Puni oblik nelinearne funkcije glasi

$$Y = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (32)$$

Za svaku kombinaciju  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$  iz tablice 4-27 dobiva se drugačiji vektor  $Y$ . Ova jednadžba oduzima se od vrijednosti koje su dobivene mjerenjem i zatim se kvadrira, a rezultat pridružuje jednoj varijabli i na taj način nastavljen je postupak dok nije obuhvaćeno svih 27 slučajeva.

### 1. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (33)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (34)$$

### 2. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (35)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (36)$$

### 3. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (37)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (38)$$

### 4. kombinacija

$$3,685 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (39)$$

$$3,685 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (40)$$

### 5. kombinacija

$$3,685 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (41)$$

$$3,685 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (42)$$

### 6. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (43)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (44)$$

### 7. kombinacija

$$3,690 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (45)$$

$$3,690 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (46)$$

### 8. kombinacija

$$3,695 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (47)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (48)$$

### 9. kombinacija

$$3,700 = c_1 \cdot 26,8^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 26,8 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 26,8 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 26,8 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (49)$$

$$3,700 = \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 26,8 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (50)$$

### 10. kombinacija

$$3,705 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,80 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (51)$$

$$3,705 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (52)$$

### 11. kombinacija

$$3,695 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (53)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (54)$$

### 12. kombinacija

$$3,700 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (55)$$

$$3,700 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (56)$$

### 13. kombinacija

$$3,705 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (57)$$

$$3,705 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (58)$$

### 14. kombinacija

$$3,710 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (59)$$

$$3,710 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (60)$$

**15. kombinacija**

$$3,695 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (61)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (62)$$

**16. kombinacija**

$$3,700 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (63)$$

$$3,700 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (64)$$

**17. kombinacija**

$$3,695 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (65)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (66)$$

**18. kombinacija**

$$3,695 = c_1 \cdot 27,0^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,0 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,0 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,0 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (67)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,0 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (68)$$

**19. kombinacija**

$$3,690 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (69)$$



$$3,690 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (70)$$

**20. kombinacija**

$$3,695 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (71)$$

$$3,695 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (72)$$

**21. kombinacija**

$$3,690 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,0^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,0 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,0 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,0 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (73)$$

$$3,690 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,0 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (74)$$

**22. kombinacija**

$$3,685 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (75)$$

$$3,685 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (76)$$

**23. kombinacija**

$$3,685 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (77)$$

$$3,685 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (78)$$

**24. kombinacija**

$$3,680 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,2^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,2 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,2 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,2 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (79)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,2 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (80)$$

### 25. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,4^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,4 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,4 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,4 + c_{10} \quad (81)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,4 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (82)$$

### 26. kombinacija

$$3,685 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,6^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,6 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,6 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,6 + c_{10} \quad (83)$$

$$3,685 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,6 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (84)$$

### 27. kombinacija

$$3,680 = c_1 \cdot 27,2^2 + c_2 \cdot 10,4^2 + c_3 \cdot 5,8^2 + c_4 \cdot 27,2 \cdot 10,4 + c_5 \cdot 27,2 \cdot 5,8 + c_6 \cdot 10,4 \cdot 5,8 + c_7 \cdot 27,2 + c_8 \cdot 10,4 + c_9 \cdot 5,8 + c_{10} \quad (85)$$

$$3,680 = \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 27,2 \\ 10,4 \\ 5,8 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (86)$$

#### 5.4.3. Matlab kod

Jednadžba je dobivena korištenjem softvera Matlab koji je idealan za složene, iterativne, nelinearne i matricne izračune.

Prvobitno je bilo potrebno definirati ulazne značajke u matematičkom algoritmu prema tablici 5-8. Proces je opisan višedimenzionalnom kvadratnom funkcijom.

```
w1=[26.8 27 27.2];
w2=[10 10.2 10.4];
w3=[5.4 5.6 5.8];
W=zeros(27,3);
br=1;

for i=1:3
```

```

for j=1:3
    for k=1:3
        W(br,:)= [w1(i) w2(j) w3(k)];
        br=br+1;
    end
end
end
end

```

I algoritamski zapis polinoma koji će aproksimirati podatke.

```

for i=1:10
    exp(i)=W(i*2,:)*A*W (i*2,:)+B*W (i*2,:)+C- Y(i);
end

```

```
Rj=solve(exp);
```

Program za generiranje potrebne jednadžbe se sastoji od tri M skripte:

- **FuncY.m**
- **Fmin.m**
- **Provjera.m**

### **FuncY.m**

Skripta za generiranje generira početne uvjete i metodom najmanjih kvadrata stvara jednadžbu F koja se kasnije koristila za pronalazak potrebnih konstanti. U toj metodi se traži minimum kvadrata pogreške, dakle kvadrat razlike izmjerenih izlaznih vrijednosti i vrijednosti funkcije koja je dobivena softverom.

Skripta radi sljedeće:

- generira početnu matricu W i vektor izmjerenih izlaznih vrijednosti Y
- generira matricu konstanti A, vektor konstanti B i konstantu C
- 27 puta izvršava matrični izračun metode najmanjih kvadrata i pridružuje ih u varijablu F
- kao izlaznu vrijednost daje zbroj kvadrata spremljen u varijabli F.

```

function [ J ] = Funcy(x)
% FUNCY Summary of this function goes here
% Detailed explanation goes here

a11=x(1,1);
a12=x(1,2);
a13=x(1,3);
a21= 0;

```

```

a22=x(1,4);
a23=x(1,5);
a31= 0;
a32= 0;
a33=x(1,6);
b1=x(1,7);
b2=x(1,8);
b3=x(1,9);
c=x(1,10);
w1=[26.8 27 27.2];
w2=[10 10.2 10.4];
w3=[5.4 5.6 5.8];
W=zeros(27,3);
br=1;

for i=1:3
    for j=1:3
        for k=1:3
            W(br,:)= [w1(i) w2(j) w3(k)];
            br=br+1;
        end
    end
end

end

Y=[ 3.6800 3.6800 3.6800 3.6850 3.6850 3.6950 3.6900 3.6950 3.7000 3.7050 3.6950
3.7000 3.7050 3.7100 3.6950 3.7000 3.6950 3.6950 3.6900 3.6950 3.6900 3.6850 3.6850
3.6800 3.6800 3.6850 3.6800 ];
A = [a11 a12 a13; a21 a22 a23; a31 a32 a33];
B = [b1 b2 b3];
C = [c];
J=0;
for i=1:27

    J = J + [ Y(i) - W(i,:)*A*W (i,:)' - B*W (i,:)' - C ]*[ Y(i) - W(i,:)*A*W (i,:)' - B*W (i,:)' - C
];

end
end

```

### **Fmin.m**

Ovo je skripta koja traži koje vrijednosti konstanti  $c_{1-10}$  najbolje opisuju zadanu funkciju, te izbacuje njihove vrijednosti. S obzirom da je funkcija kvadratna, a ne linearna, koristila se već ugrađena naredba u Matlab-u zvana '*fminsearch*' koja traži minimume kvadrata pogreške nelinearnih funkcija. Ova metoda minimizacije (Simplex metoda) koristi višedimenzionalne primitive (za 2D to je trokut, za 3D četverostrana piramida itd.) i posebna pravila mijenjanja vrhova tih primitiva da nađe minimum.

Također, ona za pridruženu funkciju i početne vrijednosti konstanti  $c_{1-10}$  gleda gdje će funkcija  $F$  imati lokalni minimum, tj. za koje će imati najmanje odstupanje.

Dodatno se u toj naredbi još podešavaju parametri po potrebi kako bi se brže izvršio kod.

Skripta radi sljedeće:

100 puta izvršava petlju u kojoj:

- generira početnu vrijednost za svaki  $c_{1-10}$  u intervalu od 1.5 do -1.5 (simulacijom se ustanovilo da u tom intervalu daje zadovoljavajuće rezultate) i sprema u vektor  $Zam$
- poziva naredbu '*fminsearch*' sa funkcijom  $FuncY$  i  $Zam$  sa 10.000 iteracija, te najbolje vrijednosti konstanti  $c_{1-10}$  sprema u vektor  $X$ . U varijablu  $i_{min}$  pridružuje koliko je odstupanje u tom slučaju od idealne vrijednosti
- uspoređuje da li je odstupanje manje od odstupanja najbolje vrijednosti do sada
  - ako je, sprema tu vrijednost i taj vektor  $X$  u vektor  $Xrj$ , te nastavlja
  - ako nije, nastavlja s programom.

```
inajb = 1;
opt=optimset('MaxIter',10000000,'MaxFunEvals',10000000,'TolFun',0.01,'Display','final');

for i=1:100

Zam = 2 * [(-0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand) (-
0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand) (-0.5+rand)];

[X,imin] = fminsearch('Funky',Zam,opt);

if ( imin < inajb )
    inajb = imin;
    Xnajb = X;
    Znajb = Zam;

end

end
```

### Provjera.m

Ova skripta služi za izračunavanje odstupanja od očekivane vrijednosti. Skripta radi sljedeće:

- za 27 različitih kombinacija ulaza izračunava koliko se dobije kao izlazna vrijednost funkcije ako se koriste vrijednosti za konstante  $c_{1-10}$  dobivenih izračunom, te sprema rješenja u vektor  $Yp$
- izračunava odstupanje svakog od 27 rješenja od očekivane vrijednosti u postocima, te sprema odstupanja u  $Ypogreške$ .

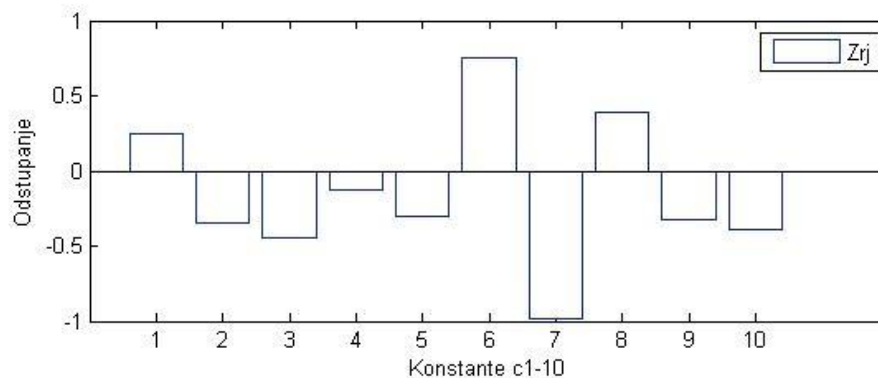
```

for i=1:27
    Yp(i)= W(i,:)*[X(1) X(2) X(3); 0 X(4) X(5); 0 0 X(6)]*W (i,:) + [X(7) X(8) X(9)]*W (i,:)
    + X(10);
end
Yerror = abs (Yp' - Y)./Y;

```

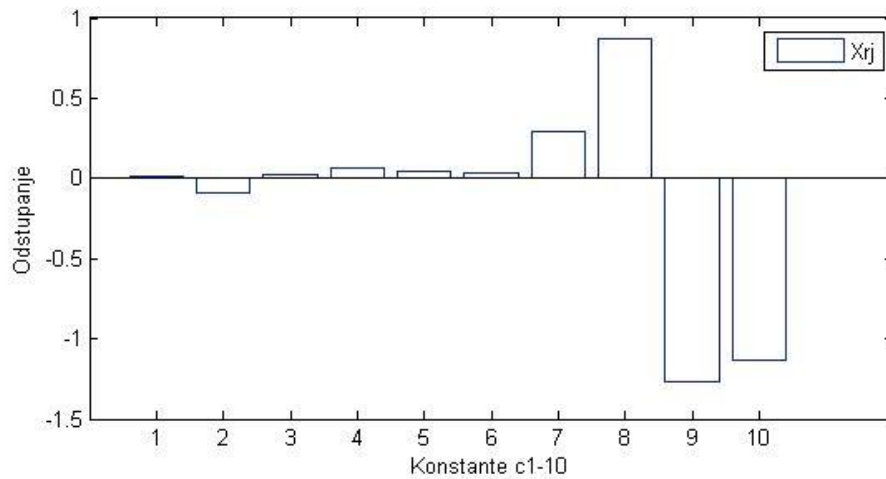
## 5.5. Rezultati

Iz razloga što numerički postupak optimizacije nalazi samo lokalne minimume, a zapravo je potrebno dobiti globalni minimum, program se pokretao nekoliko puta s različitim početnim točkama kako bi se spriječilo da postupak uvijek upadne u isti lokalni minimum. Nakon izvršavanja programa gledalo se za koje početne nasumično odabrane točke (za svaku konstantu  $c_{1-10}$  posebno) konačna funkcija daje vrijednosti koje najmanje odstupaju od vrijednosti dobivenih mjerenjem. Za sljedeće početne vrijednosti konstanti (početne točke) dobivena je najbolja aproksimacija vrijednosti (slika 5-4).



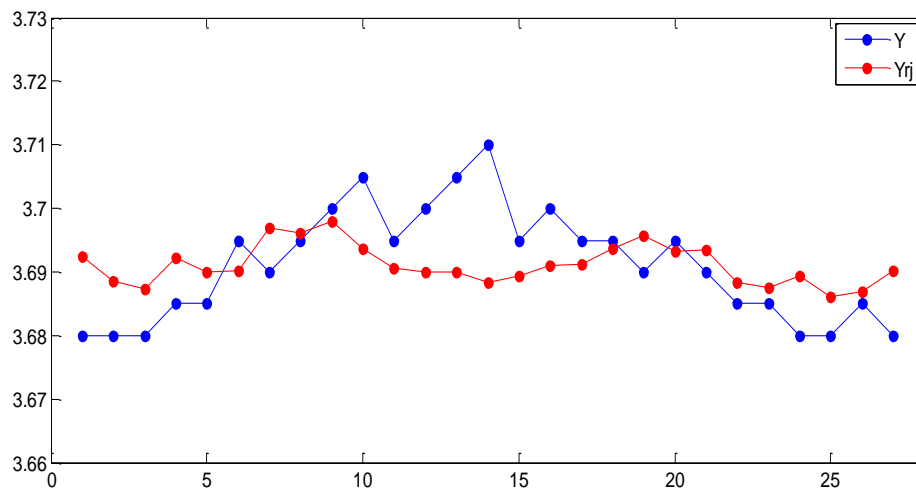
Slika 5-4. Najpovoljnija aproksimacija početnih vrijednosti konstanti

Konačne vrijednosti konstanti  $c_{1-10}$  koje su dobivene pokretanjem funkcije  $F_{\min}$  su prikazane grafički (slika 5-5).



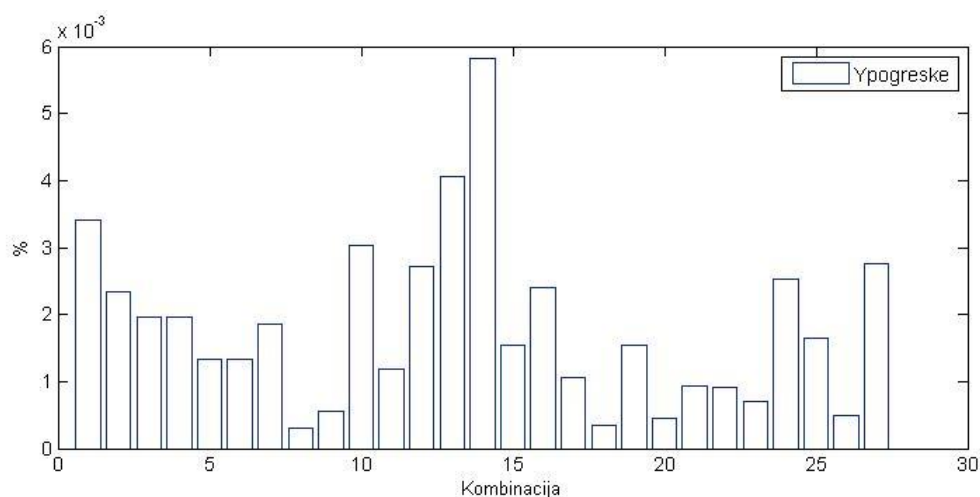
Slika 5-5. Konačne vrijednosti konstanti

Vrijednosti variraju između 1 i -1.5. Za te vrijednosti konstanti dobivaju se sljedeće vrijednosti funkcije (slika 5-6).



Slika 5-6. Prikaz dobivenih i očekivanih rezultata

Za svaki od ulaznih parametara dobiva se različito odstupanje od očekivane vrijednosti. Odstupanje nije veliko, tj. gotovo je zanemarivo jer se radi o odstupanju manjem od 1% (točnije do 0,006%) što se vidi na sljedećem grafu (slika 5-7).



Slika 5-7. Postotna vrijednost odstupanja za različite vrijednosti ulaza u modelu

Pošto je najveće odstupanje od očekivanog manje od 1% (0,006%) može se zaključiti da vrijednosti konstanti dobivenih ovim postupkom i ovim programom zadovoljavaju aproksimaciju funkcije.

Optimalne kombinacije parametara dobivene su u 8. kombinaciji jer je za tu kombinaciju postotno odstupanje najmanje i iznosi 0,0003% (slika 5-7).

Pažljivim odabirom alata, metoda i mjerenja može se lako dobiti traženu vrijednost bez velikog odstupanja. Metode najmanjih kvadrata se uspostavila kao dobra aproksimacija krivulje sa odstupanjem manjim od 1%, a sa dodatnim usavršavanjem bi se moglo smanjiti i na puno manje. Matrično postavljanje i izračunavanje nepoznanica jako olakšava izračun velikog broja nepoznanica sa puno jednadžbi.

Uzeto je generiranje funkcije u ovisnosti o tri varijable, a bez sumnje sa modifikacijom i dodatnim radom, mjerenjem i proučavanjem bi se mogla napraviti aproksimacija funkcije u ovisnosti o svim mogućim faktorima koji bi utjecali na izlazne rezultate.

## 5.6. Provjera modela

Kako bi se potvrdila važnost odabranih varijabli  $W$  u modelu, napravljena je kontrola reziduala. Varijable  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$  su svaka pojedinačno postavljane na nul vrijednost, te su izračunate izlazne vrijednosti kroz prethodno dobivenu jednadžbu. U slučaju da se izlazne vrijednosti neznatno razlikuju od prijašnjih vrijednosti, ta varijabla bi se smatrala nebitnom za model.

U nastavku su prikazani dobiveni rezultati.



### Isključivanje varijable $W_1$

Polinom koji će aproksimirati funkciju je sljedeći:

$$Y = c_1 \cdot 0 + c_2 W_2^2 + c_3 W_3^2 + c_4 \cdot 0 \cdot W_2 + c_5 \cdot 0 \cdot W_3 + c_6 W_2 W_3 + c_7 \cdot 0 + c_8 W_2 + c_9 W_3 + c_{10} \quad (87)$$

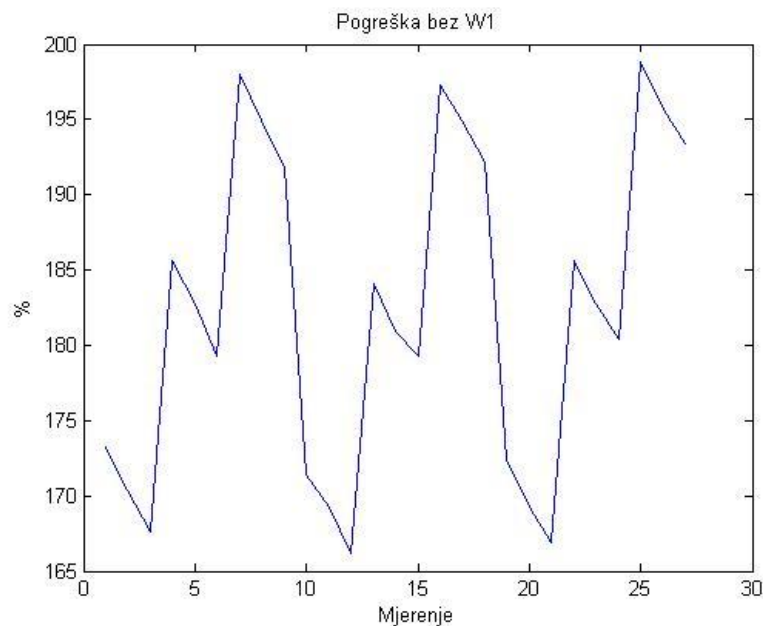
Ili skraćeno:

$$Y = c_2 W_2^2 + c_3 W_3^2 + c_6 W_2 W_3 + c_8 W_2 + c_9 W_3 + c_{10} \quad (88)$$

Zapis u matričnom obliku glasi:

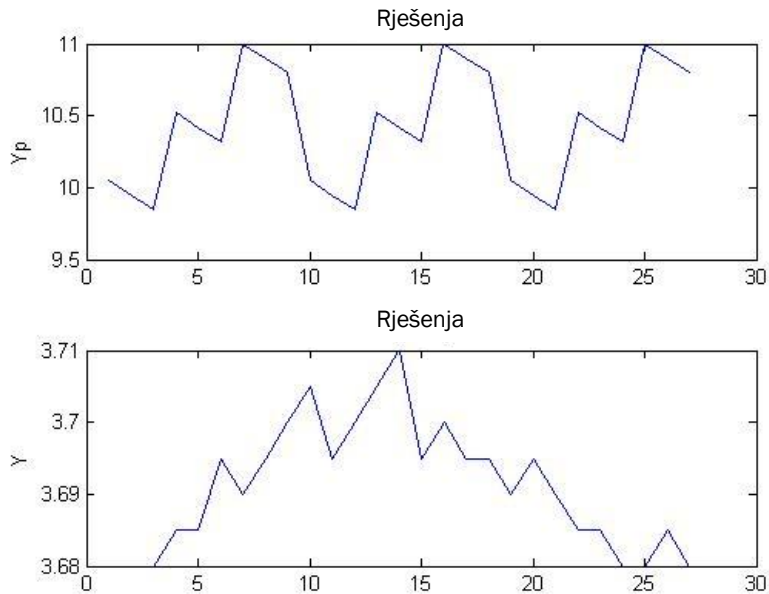
$$Y = \begin{bmatrix} 0 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (89)$$

Nakon isključivanja varijable  $W_1$  dobivaju se vrijednosti pogreške vidljive na slici 5-8.



Slika 5-8. Pogreška s isključenom varijablom  $W_1$

Iz slike 5-9 je vidljivo da je razlika je velika s obzirom na dobivenu prijašnju vrijednost modela.



Slika 5-9. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom  $W_1$

### **Isključivanje varijable $W_2$**

Polinom koji će aproksimirati funkciju je sljedeći:

$$Y = c_1 W_1^2 + c_2 \cdot 0 + c_3 W_3^2 + c_4 W_1 \cdot 0 + c_5 W_1 W_3 + c_6 \cdot 0 \cdot W_3 + c_7 \cdot W_1 + c_8 \cdot 0 + c_9 W_3 + c_{10} \quad (90)$$

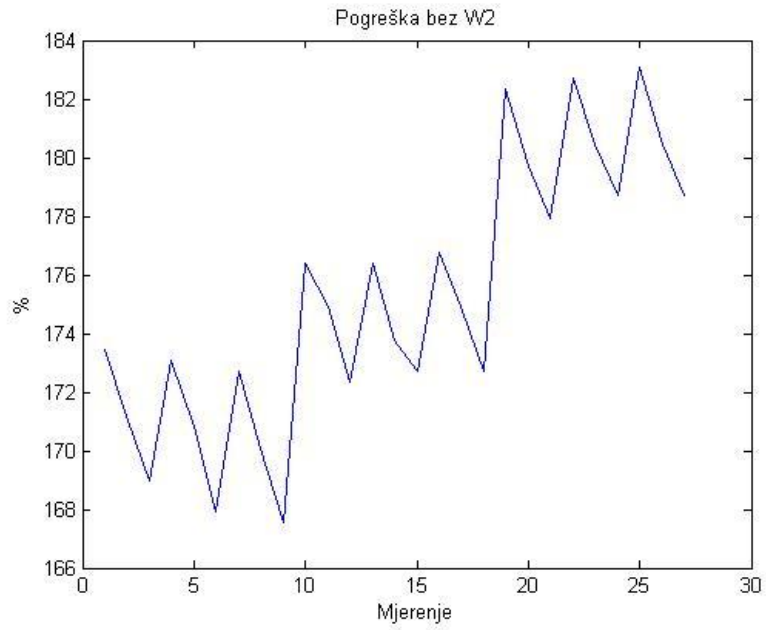
Ili skraćeno:

$$Y = c_1 W_1^2 + c_3 W_3^2 + c_5 W_1 W_3 + c_7 W_1 + c_9 W_3 + c_{10} \quad (91)$$

Zapis u matičnom obliku glasi:

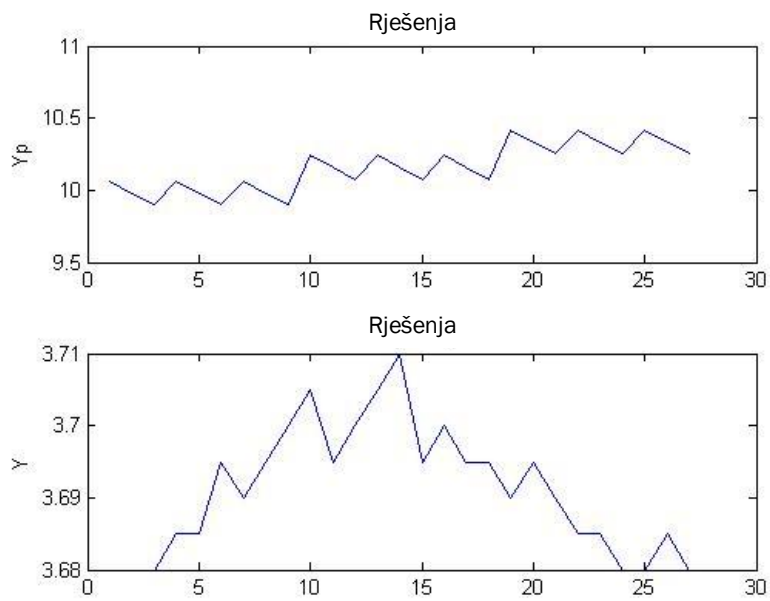
$$Y = \begin{bmatrix} W_1 \\ 0 \\ W_3 \end{bmatrix}^T * \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_1 \\ 0 \\ W_3 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] * \begin{bmatrix} W_1 \\ 0 \\ W_3 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (92)$$

Nakon isključivanja varijable  $W_2$  dobivaju se vrijednosti pogreške vidljive na slici 5-10.



Slika 5-10. Pogreška s isključenom varijablom  $W_2$

Iz slike 5-11 također je vidljiva velika razlika s obzirom na dobivenu prijašnju vrijednost modela.



Slika 5-11. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom  $W_2$

### Isključivanje varijable $W_3$

Polinom koji će aproksimirati funkciju je sljedeći:

$$Y = c_1 W_1^2 + c_2 W_2^2 + c_3 \cdot 0 + c_4 W_1 W_2 + c_5 W_1 \cdot 0 + c_6 W_2 \cdot 0 + c_7 W_1 + c_8 W_2 + c_9 \cdot 0 + c_{10} \quad (93)$$

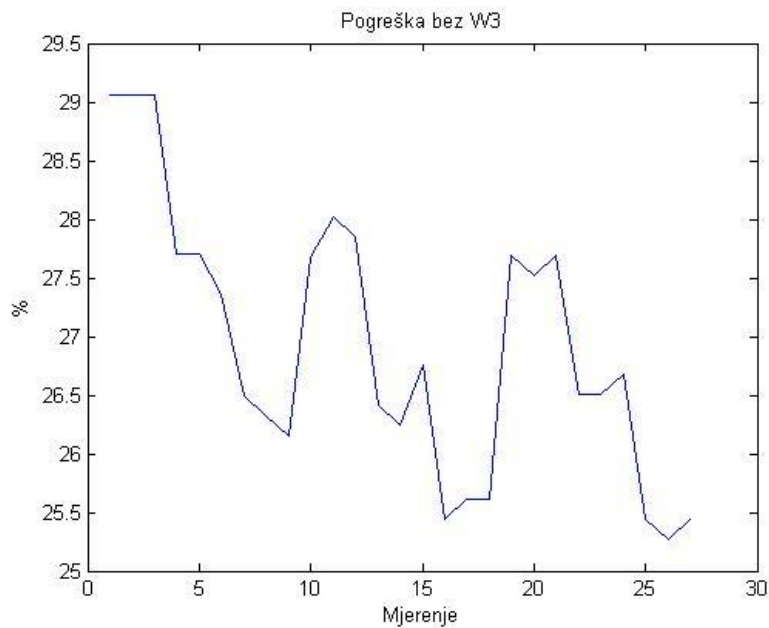
Ili skraćeno:

$$Y = c_1 W_1^2 + c_2 W_2^2 + c_4 W_1 W_2 + c_6 W_2 + c_8 W_2 + c_{10} \quad (94)$$

Zapis u matričnom obliku glasi:

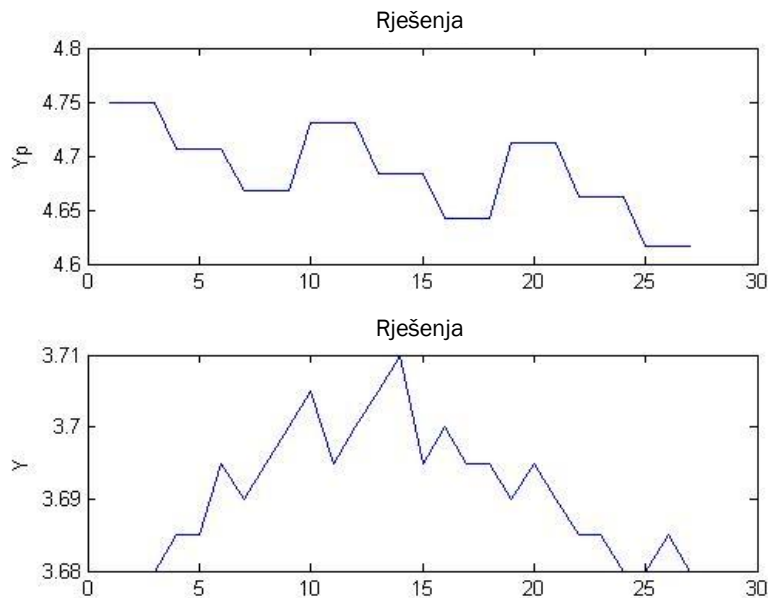
$$Y = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ 0 \end{bmatrix}^T * \begin{bmatrix} c_1 & c_4 & c_5 \\ 0 & c_2 & c_6 \\ 0 & 0 & c_3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ 0 \end{bmatrix} + [c_7 \quad c_8 \quad c_9] * \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ 0 \end{bmatrix} + c_{10} \quad (95)$$

Nakon isključivanja varijable  $W_3$  dobivaju se vrijednosti pogreške vidljive na slici 5-12.



Slika 5-12. Pogreška s isključenom varijablom  $W_3$

I kod isključivanja varijable  $W_3$  vidljiva je velika razlika s obzirom na dobivenu prijašnju vrijednost modela što prikazuje slika 5-13.

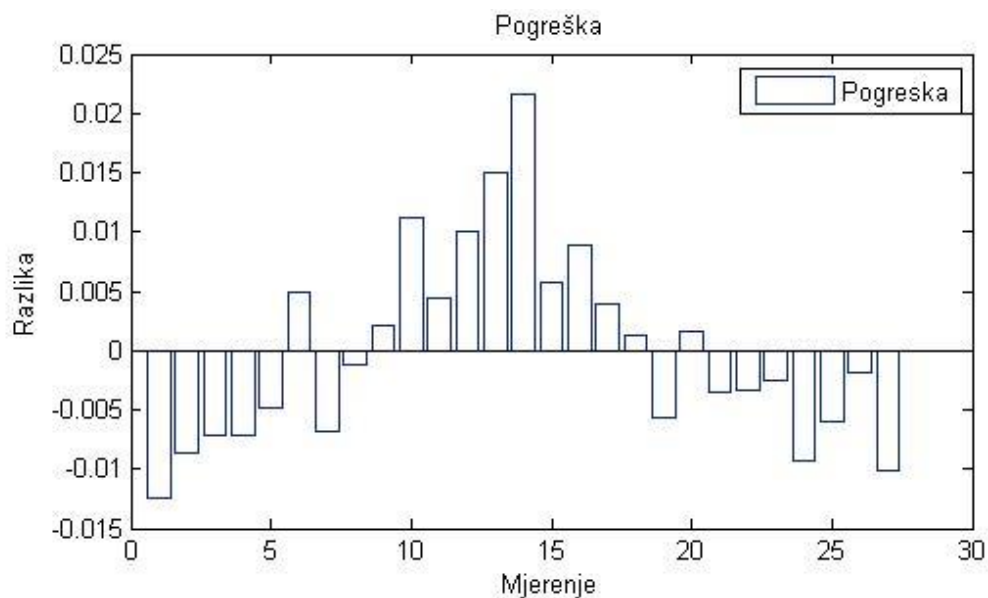


Slika 5-13. Razlika između početnog modela i modela s isključenom varijablom  $W_3$

Iz priloženih slika se vidi da sve tri varijable značajno doprinose izlazu sustava, te samim time i modela.

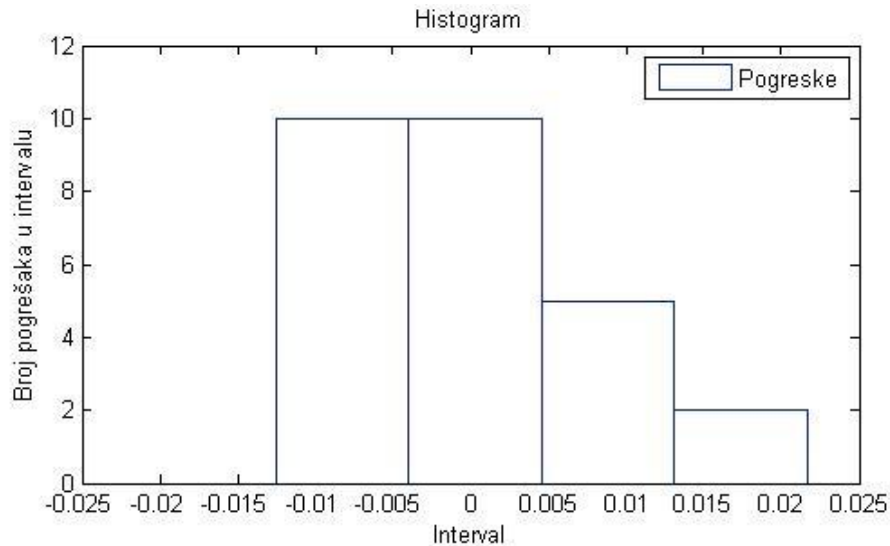
Kako bi se provjerilo da li je pogreška u modelu slučajna, provjerava se da li je kod punog modela pogreška što bliža Gaussovoj raspodjeli. To se određuje histogramom u intervalima  $[-0.005$  do  $0.005$ ;  $0.005$  do  $0.015$ ;  $0.015$  do  $0.025$ ], te iste intervalima na negativnoj osi.

Pogreška u modelu je definirana sljedećim grafom koji prikazuje slika 5-14.



Slika 5-14. Pogreška u modelu

S obzirom da su stvarne izmjerene vrijednosti ( $Y$ ) jednake izračunatoj vrijednosti  $y$ , odnosno  $\hat{y}$ , uvećanoj za vrijednost pogreške  $\varepsilon$ , ukoliko je model dobar ta pogreška bi trebala biti normalno distribuirana slučajna varijabla sa srednjom vrijednosti 0, tj.  $N(0, \sigma^2)$ .



Slika 5-15. Histogram distribucije vrijednosti pogreške u modelu

Iako je izvršen relativno mali broj mjerenja i nije dobivena potpuna Gaussova raspodjela, iz dobivenih podataka se može vidjeti sličnost koja nalaže na ispravnost modela, tj. da točnost modela nije slučajna (slika 5-15). Provjerama je dokazano da je model pravilno postavljen, te da zadovoljava sve uvjete točnosti.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je sintezom teorijskih i empirijskih spoznaja oblikovati model za potpuno upravljanje kvalitetom na načelima Six Sigme kojim će se optimizirati proces tiska. Taj cilj je bio utemeljen na četiri hipoteze. Prva hipoteza je tvrdila da je utvrđivanjem sposobnosti procesa i trenutne razine sigme moguće oblikovati model potpunog upravljanja kvalitetom kojim bi se optimizirao proces tiska. Druga hipoteza je tvrdila da u grafičkim poduzećima postoji potreba za modelom potpunog upravljanja kvalitetom kojim bi se optimizirao proces tiska. Treća hipoteza je tvrdila da u grafičkim poduzećima postoje preduvjeti za implementaciju modela za optimizaciju procesa tiska kroz potpuno upravljanje kvalitetom na načelima Six Sigme. Četvrta hipoteza je tvrdila da će se predloženim modelom za potpuno upravljanje kvalitetom optimizirati proces tiska.

Razvoj novog modela na načelima Six Sigme temeljio se na istraživanju koje je provedeno u tiskari na stvarnim proizvodnim tokovima ofsetnog tiska i to višebojne višetonske reprodukcije. Ofsetna tehnika je odabrana iz više razloga. Prvi leži u činjenici da je ofsetna tehnika jedna od najsloženijih tehnika tiska, pa je stoga i velik broj potencijalnih faktora koji mogu imati utjecaj na proces. Nadalje, velik je i broj proizvoda u svakodnevnoj uporabi koji se proizvodi ovom tehnikom tiska, dakle slobodno se može reći da je ovo i najrasprostranjenija tehnika tiska. I treća činjenica koja je imala utjecaj pri odluci koju tehniku odabrati je ta da za ovu tehniku tiska postoji najveći broj razvijenih alata i postupaka za kontrolu kvalitete.

Prvi dio istraživanja odnosio se na analizu nultog procesa jer je bilo nužno dobiti uvid u činjenično stanje tiskovnog procesa tj. kako bi se utvrdilo da li je proces u stanju statističke kontrole, da li je normalno distribuiran što znači da ima stabilnost čime se omogućuje predviđanje njegovog funkcioniranja. Također trebalo je provjeriti da li je proces ispravno centriran u odnosu na definirane i praćene karakteristike proizvoda. Karakteristike proizvoda koje se pratilo bile su sljedeće: prirast rastertonske vrijednosti u polju 40%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju, prirast rastertonske vrijednosti u polju 80%-tne rastertonske vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju, gustoća obojenja u polju 100%-tnog nanosa boje za cijan, magentu, žutu i crnu boju, sivi balans, paser, geometrijske deformacije rasterskog elementa (smicanje, dubliranje, razmazivanje), registar savijanja papira, registar rezanja papira, te otiranje otiska.

Osim kontrole karakteristika povezanih s funkcionalnim zahtjevima proizvoda, nužno je bilo pratiti i faktore utjecaja na proces, a to su temperatura i vlažnost papira, temperatura i viskoznost bojila, temperatura, provodljivost, kiselost (pH), tvrdoća (dH) otopine za vlaženje i udio alkohola u otopini vlaženje.

Prvi korak u analizi nultog procesa bilo je provođenje deskriptivne analize da bi se dobiveni podaci razumjeli i pripremili za modeliranje. Mjere unutar deskriptivne analize koje su se promatrale su: histogram, dijagram rasipanja, mjere oblika distribucije podataka (koeficijent asimetrije (*Skewness*) ili  $\alpha_3$  te koeficijent zaobljenosti (*Kurtosis*) ili  $\alpha_4$ ), mjere centralne tendencije i položaja (mod (*Mode*) ili najčešća vrijednost i medijan (*Median*) ili mjera položaja), mjere disperzije (varijanca ili prosječna vrijednost kvadrata odstupanja i srednje apsolutno odstupanje (*MAD* ili *Mean Absolute Deviation*)), te izdvojenice ili „outlieri“.

Osim mjera deskriptivne analize, napravljene su i  $\bar{X} - R$  statističke kontrolne karte kako bi se dobio uvid u kretanje proizvodnog procesa na osnovu statističke teorije i vjerojatnosti pomoću dva vrlo važna pokazatelja, a to su kretanje aritmetičkih sredina uzorka i kretanje raspona uzorka.

Analizom varijabli  $X_1, X_2, Z_1, Z_2, W_4$  i  $W_5$  uočeno je da nema srednjeg apsolutnog odstupanja i standardne devijacije, te da su srednja i prosječna vrijednost jednake minimalnoj i maksimalnoj vrijednosti. S obzirom da za navedenih šest varijabli nema odstupanja (varijabilnosti) nije bilo moguće napraviti histograme i dijagrame rasipanja. Ovih šest varijabli u modelu predstavljaju konstante pa su vrijednosti njihovih gornjih i donjih granica tolerancije, kao i ciljanih vrijednosti jednake.

Analizom varijabli  $W_1, W_2, W_3, C40, M40, Y40, K40, C80, M80, Y80, K80, C100, M100$  i  $Y100$  utvrđena je izuzetno mala disperzija podataka i veliku reprezentativnost prosjeka. Iako su distribucije svih varijabli bile lijevo ili desno asimetrične, u podacima nisu nađene izdvojenice i među njima postoji linearna povezanost. Također, osim što se sve vrijednosti nalaze između gornjih i donjih granica tolerancije, nalaze se i između zadanih dozvoljenih granica kontrole, te imaju malu standardnu devijaciju i koeficijent varijacije, pa se može zaključiti da je proizvodni proces pod kontrolom.

Analiza varijable  $K100$  također je pokazala izuzetno malu disperziju podataka i veliku reprezentativnost prosjeka, te desno asimetričnu distribuciju, no bila je vidljiva i prisutnost pet izdvojenica i proces bi se trebao smatrati nestabilnim i izvan granica kontrole, no s obzirom da su ciljane vrijednosti, kao i gornja i donja granica tolerancije jednake (1,80%), i da je u toku



tiska uspostavljena kontrola nad procesom ova iznimka nije imala utjecati na procjenu cjelokupnog nultog procesa.

U sljedećem koraku je napravljen izračun trenutne razine sigme baziran na broju proizvoda ili izlaza iz procesa, broju zahtjeva koji definiraju sukladnost izlaza iz procesa i broju pogrešaka u procesima. Trenutna razina sigme nultog proces iznosila je 3,625 što je zadovoljavalo inicijalne uvjete za implementaciju modela baziranog na načelima Six Sigme.

Kao zadnji korak prvog dijela istraživanja napravljen je izračun preliminarne sposobnosti nultog procesa i tu svrhu su izračunati sljedeći indeksi:  $P_p$  (potencijalna sposobnost procesa),  $P_r$  (omjer sposobnosti),  $P_{pk}$  (demonstrirana izvrsnost),  $P_{pl}$  (donja potencijalna sposobnost),  $P_{pu}$  (gornja potencijalna sposobnost), te  $K$  ili faktor korekcije necentriranosti.

Promatrajući nulti proces kroz 15 parcijalnih procesa za 15 mjerenih varijabli moglo se zaključiti da proces zadovoljava inicijalne uvjete za implementaciju modela baziranog na načelima Six Sigme tj. vrijednost indeksa  $P_p$  je veća od 1,33. Za ostale varijable ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ ,  $Z_4$ ,  $Z_5$  i  $K100$ ) nije bilo moguće izračunati indekse preliminarne sposobnosti procesa jer nije bilo razlike u vrijednostima gornje i donje granice tolerancije, te ciljane vrijednosti.

Nakon analize nultog procesa uslijedilo je definiranje funkcionalnih zahtjeva proizvoda kroz njegovu upotrbljivost, ergonomsku prilagodljivost, tehničku pouzdanost i estetsku senzibilnost. Definiranje funkcionalnih zahtjeva proizvoda bilo je od ključne važnosti za oblikovanje modela jer se na osnovu istih moglo specificirati faktore multikriterijske analize, ali i izračunati trenutnu razinu sigme procesa, posebno parcijalnih procesa jer su izlazne veličine parcijalnih procesa ujedno i izlazne veličine koje su bile potrebne za oblikovanje novog modela. U definiranju funkcionalnih zahtjeva proizvoda polazište je bila korisnikova percepcija kvalitete, a u definiranju kritičnih karakteristika proizvoda polazište su bile funkcionalne karakteristike proizvoda. Kao kritične karakteristike proizvoda utvrđeni su: prirast rastertonskih vrijednosti, registar tiska ili paser, geometrijske deformacije rasterskih elemenata (smicanje, dubliranje i razmazivanje), sivi balans, registar savijanja papira, registar rezanja papira, te otiranje otiska.

Da bi se oblikovao model još je bilo potrebno definirati točke kritične za kvalitetu, a to su bile: temperatura bojila, temperatura otopine za vlaženje i kiselost otopine za vlaženje.

S obzirom da je koncept pokusa na osnovu kojeg se oblikovao model za optimizaciju procesa tiska baziran na mogućnosti kontrole utjecajnih faktora u istraživanom procesu, oblikovanje samog modela istraživanja baziralo se na stohastičkom pristupu, te su stoga uzimani u obzir i

svi ograničavajući faktori u problemu, kao i kriteriji optimalnosti. Stoga su kao ulazni faktori modela istraživanja definirani temperatura i vlažnost papira. Kao kontrolirani faktori modela višekriterijske analize definirani su temperatura bojila, temperatura otopine za vlaženje, kiselost otopine za vlaženje, provodljivost otopine za vlaženje i udio alkohola u otopini za vlaženje. Kao nekontrolirani faktori modela višekriterijske analize definirani su viskoznost boje i tvrdoća otopine za vlaženje, a kao izlazni faktor definirana je trenutna razina sigme procesa.

Napravljen je i izračun faktorskih kombinacija optimizacijskog modela, a s obzirom da su analizom nultog procesa uočena najčešća odstupanja od 0,2 od ciljane vrijednosti, rasponi u kojima su se protezala tri kontrolirana faktora  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$ , također su bili mijenjani za 0,2 od ciljane vrijednosti. Za faktor  $W_1$  vrijednosti su bile sljedeće:  $W_{1,1} = 26,8$ ,  $W_{1,2} = 27,0$  i  $W_{1,3} = 27,2$ . Za faktor  $W_2$  vrijednosti su iznosile:  $W_{2,1} = 10,0$ ,  $W_{2,2} = 10,2$  i  $W_{2,3} = 10,4$ . I na kraju za faktor  $W_3$  vrijednosti su bile:  $W_{3,1} = 5,4$ ,  $W_{3,2} = 5,6$  i  $W_{3,3} = 5,8$ .

Broj eksperimentalnih ponavljanja izračunat je prema formuli, a s obzirom da se s 3 faktora dobilo  $3^3$  ili 27 kombinacija za kontrolirane uvjete mjerenja, za svaki uvjet izvršena su 52 ponovljena mjerenja.

U drugom dijelu istraživanja napravljena je skupna analiza 27 parcijalnih procesa. Kao što je i očekivano sve trenutne razine sigme bile su u rasponu između  $(3,6 \div 3,8) \cdot \sigma$ , što je apsolutno u okviru  $(3 \div 4) \cdot \sigma$  prosječnih svjetskih kompanija. Ovakvi iznosi trenutnih razina sigme zadovoljavali su inicijalne uvjete za oblikovanje optimizacijskog modela na načelima Six Sigme.

S obzirom da model uključuje šest konstanti (ulazni faktori, nekontrolirani faktori i dva kontrolirana faktora) bilo je potrebno provesti test u kojem se pretpostavljaju ograničenja ili restrikcije na varijable modela kako bi se provjerilo da neka od navedenih varijabli ipak nije značajna u budućem optimizacijskom modelu. U tu svrhu primijenjen je Likelihood Ratio test. Za varijable  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $W_4$ ,  $W_5$ ,  $Z_1$  i  $Z_2$  vrijednost parametra  $p$  iznosila je 0,02442 što znači da varijable ne bi bile značajne u optimizacijskom modelu. Za varijablu  $W_5$  vrijednost parametra  $p$  bila je 0,04101, što znači da niti ova varijabla ne bi bila značajna u optimizacijskom modelu.

Nadalje je bilo potrebno testirati utjecaj ulaznih varijabli  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$  na izlaznu vrijednost  $Y$ , tj. razinu sigme procesa. S obzirom da je broj varijabli bio malen (27), u tu svrhu je proveden neparametrijski Wilcoxon test za zavisne varijable. P vrijednost testa ( $<0,05$ )

ukazivala je da su sve tri odabrane varijable statistički značajne tj. da imaju utjecaj na vrijednost Y.

Nakon što je izvršena analiza 27 parcijalnih procesa pristupilo se modeliranju, a prvi korak bila je aproksimacija funkcije modela. Za kvalitetno definiranje kvalitete izlaznih vrijednosti procesa tiska bilo je potrebno je definirati što više parametara iz samog proizvodnog procesa kako bi se smanjenje tražene razine kvalitete što brže i jednostavnije ustanovilo. Stoga je od izuzetne važnosti bila inicijalna standardizacija cjelokupnog procesa, kao i svih ulaznih vrijednosti koje u njega ulaze.

Nadalje, metoda koja je korištena bila je regresija kao uobičajena metoda za modeliranje tj. prilagodba u smislu najmanjih kvadrata.

S obzirom da je model nelinearan, odabran je polinom drugog stupnja. Pošto je već utvrđeno da postoji povezanost tri parametra ( $W_1, W_2$  i  $W_3$ ) s vrijednošću izlaza Y, cilj je bio dobiti jednadžbu koja će najbolje opisati njihovu povezanost. Generirana je opća jednadžba modela. U tu svrhu u narednim koracima je definiran izgled funkcije. Radi jednostavnosti zapisa i simulacije navedenu zadanu funkciju zapisalo se u vektorskom obliku s ulaznim parametrima u obliku vektora jer se na taj način može s bilo kakvom ulaznom matricom dobiti vektor rezultata za svaki pojedinu kombinaciju.

Nadalje, su u nju uvršteni ulazni parametri (sve kombinacije za  $W_{1,1}, W_{1,2}, W_{1,3}, W_{2,1}, W_{2,2}, W_{2,3}, W_{3,1}, W_{3,2}$  i  $W_{3,3}$ , dakle 27 kombinacija), od izmjerenih vrijednosti oduzete su izlazne vrijednosti, kvadrirane su i zbrojene sve takve kombinacije u zajedničku funkciju F, te je pronađeno gdje je funkcija F najmanja, tj. gdje je za određene konstante odstupanje od rješenja najmanje.

U generiranju Matlab koda prvobitno je bilo potrebno definirati ulazne značajke u matematičkom algoritmu prema prethodno definiranim kombinacijama ulaznih parametara  $W_1, W_2$  i  $W_3$  i algoritamski zapis polinoma koji će aproksimirati podatke.

Program za generiranje potrebne jednadžbe sastojao se od tri M skripte: FuncY.m, Fmin.m i Provjera.m. Skripta FuncY.m služila je za generiranje početnih uvjete i metodom najmanjih kvadrata stvorila je jednadžbu F koja se kasnije koristila za pronalazak potrebnih konstanti. Skripta Fmin.m tražila je koje vrijednosti konstanti  $c_{1-10}$  najbolje opisuju zadanu funkciju, te je izbacila njihove vrijednosti. Skripta Provjera.m. služila je za izračunavanje odstupanja od očekivane vrijednosti.

Iz razloga što numerički postupak optimizacije nalazi samo lokalne minimume, a zapravo je bilo potrebno dobiti globalni minimum, program se pokretao nekoliko puta s različitim početnim točkama kako bi se spriječilo da postupak uvijek upadne u isti lokalni minimum. Nakon izvršavanja programa gledalo se za koje početne nasumično odabrane točke (za svaku konstantu  $c_{1-10}$  posebno) konačna funkcija daje vrijednosti koje najmanje odstupaju od vrijednosti izmjerenih mjerenjem. Vrijednosti variraju između 1 i -1.5. Za svaki od ulaznih parametara dobiva se različito odstupanje od očekivane vrijednosti. Odstupanje nije veliko, tj. gotovo je zanemarivo jer se radi o odstupanju manjem od 1% (točnije do 0,006%) pa se može zaključiti da vrijednosti konstanti dobivenih ovih postupkom i ovim programom zadovoljavaju aproksimaciju funkcije. Optimalne kombinacije parametara dobivene su u 8. kombinaciji jer je za tu kombinaciju postotno odstupanje najmanje (0.0003%)

Pažljivim odabirom alata, metoda i mjerenja može se lako dobiti traženu vrijednost bez velikog odstupanja. Odabirom metode najmanjih kvadrata se uspostavila kao dobra aproksimacija krivulje sa odstupanjem manjim od 1%, a sa dodatnim usavršavanjem bi se moglo smanjiti i na puno manje. Matrično postavljanje i izračunavanje nepoznanica jako olakšava izračun velikog broja nepoznanica s puno jednadžbi.

Uzeto je generiranje funkcije u ovisnosti o tri varijable, a bez sumnje sa modifikacijom i dodatnim radom, mjerenjem i proučavanjem bi se mogla napraviti aproksimacija funkcije u ovisnosti o svim mogućim faktorima koji bi utjecali na izlazne rezultate.

Na kraju je napravljena provjera modela na način da se potvrđivala važnost odabranih varijabli  $W$  u modelu. U tu svrhu je rađena kontrola reziduala. Varijable  $W_1$ ,  $W_2$  i  $W_3$  su svaka pojedinačno postavljane na nul vrijednost, te su izračunate izlazne vrijednosti kroz prethodno dobivenu jednadžbu. U slučaju da se izlazne vrijednosti neznatno razlikuju od prijašnjih vrijednosti, ta varijabla bi se smatrala nebitnom za model.

Za svaku od isključenih varijabli bila je vidljiva velika razlika s obzirom na prvobitno dobivene vrijednosti modela. Ukoliko je model dobar ta pogreska bi trebala biti normalno distribuirana slučajna varijabla sa srednjom vrijednosti 0.

Uslijed relativno malog broja mjerenja nije dobivena potpuna Gaussova raspodjela, no dobiveni rezultati ukazuju na sličnost koja nalaže ispravnost modela tj. da model zadovoljava sve uvjete točnosti.

Međutim ovaj model će biti primjenjiv i u optimizaciji klasičnog ofsetnog tiska prema tipu stroja i na tisak iz role (novinska i revijska rotacija), a prema broju tiskovnih agregata osim na

tisak na jednobojnim, dvobojnim, četverbojnim, peterbojnim, šesterbojnim, osmerbojnim i deseterbojnim strojevima sa ili bez agregata za lakiranje i sušenje.

Također će uz manje modifikacije biti primjenjiv i u ostalim tehnikama tiska kao što su suhi ofset, duboki tisak i fleksotisak. No uvjet je da se optimizacijska jednadžba modela bazira na tri varijable tj. kontrolirana faktora iz modela utjecaja. Za svaku od tehnika tiska potrebno je odabrati ona tri signifikantna faktora koja su najkarakterističnija za kvalitetu. Da bi se dobila izlazna vrijednost modela, također je potrebno odabrati one parametre koji su karakteristični za odabranu tehniku, no da imaju uporište u funkcionalnim zahtjevima proizvoda. Osim trenutne razine sigme može se koristiti bilo koji od indeksa sposobnosti procesa.

Ono što je važno napomenuti da se ovaj model može koristiti i za predviđanje ponašanja procesa kombinirajući različite signifikantne faktore, kao i njihove vrijednosti.

U ovom radu je uzeto generiranje funkcije u ovisnosti o tri varijable, a bez sumnje sa modifikacijom i dodatnim radom, mjerenjem i proučavanjem bi se mogla napraviti aproksimacija funkcije u ovisnosti o svim mogućim faktorima koji bi utjecali na izlazne rezultate.

## LITERATURA

1. Adams, C.W., Gupta, P., Wilson, C.E. (2003) *Six Sigma Deployment*. Burlington: Elsevier Science.
2. Allen, T.T. (2010) *Introduction to Engineering Statistic and Lean Sigma*. London: Springer-Verlag.
3. Amon-Tran, I., Anayath, R., Pai, A.S., Kamath, N., Shenoy, S., Harikrishnan, A. (2012) An approach to minimize carbon footprint for an environmental friendly printing by optimizing an offset machine in a printing facility. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 37 (2012), str. 514-527.
4. Andrade, L.C., Miguez, C.G., Gomez, M.C.T., Bugallo, P.M.B. (2012) Management strategy for hazardous waste from atomised SME: application to the printing industry. *Journal of Cleaner Production*, 35(1), str. 214-229.
5. Antony, J., Banuelas, R. (2001) A strategy for survival. *Manufacturing Engineering*, 80(3), str. 119-121.
6. Arthur, J. (2007) *Lean Six Sigma Demystified*. New York: McGraw-Hill.
7. Bann, D. (2007) *The All New Print Production Handbook*. New York: Watson-Guptil Publications.
8. Basu, R., Wright, N. (2003) *Quality Beyond Six Sigma*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
9. Berns, R.S. (2000) *Principles of Color Technology*. New York: John Wiley and Sons.
10. Bhote, K.R. (2003) *The Power of Ultimate Six Sigma*. New York: AMACOM
11. Braun, G.J., Fairchild, M.D. (1999) Gamut Mapping for Pictorial Images. *TAGA Proceedings*, 9(1), str. 420-432.
12. Breede, M.H. (2006) *Handbook of Graphic Arts Equations*. Pittsburgh: PIA/GATF Press.
13. Breyfogle, F.W. (1999) *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. New Jersey: John Wiley & Sons.
14. Breyfogle, F.W., Cupello, J.M., Meadows, B. (2001) *Managing Six Sigma A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*. New York: John Wiley and Sons.
15. Breyfogle F.W. (2003) *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions using Statistical Methods*. New Jersey: John Wiley and Sons.
16. Brue, G., Launsby, R. (2003) *Design for Six Sigma*. New York: McGraw-Hill.

17. Brun, A. (2011) Critical success factors of Six Sigma implementation in Italian companies. *International Journal of Production Economics*, 131 (1), str. 158-164.
18. Burton, T.T., Sams, J.L. (2005) *Six Sigma for Small and Mid-Sized Organizations*. Boca Raton: J.Ross Publishing.
19. del Castillo, E. (2007) *Proces Optimization: A Statistical Approach*. New York: Springer.
20. Chakravorty, S.S. (2009) Six Sigma programs: An implementing model. *International Journal of Production Economics*, 119(2009), str. 1-16.
21. Chandra, M.J. (2001) *Statistical Quality Control*. Boca Raton: CRC Press LLC.
22. Chowdhury, S. (2003) *Design for Six Sigma*. London: Pearson Education Ltd.
23. Chung, Y.C., Hsu, Y.W., Tsai, C.H. (2008) An empirical study on the correlation between Critical DFSS success factors, DFSS implementation activity levels and business competitive advantages in Taivan's high-tech manufactures. *Total Quality Management*, 19 (6), str. 595-607.
24. Coleman D.E., Montgomery, D.C. (1993) A systematic approach to planning for a designed industrial experiment. *Technometrics*, 35(1-2), str. 1-12.
25. Conti, T., Kondo, Y., Watson, G.H. (2003) *Quality into the 21st Century: Perspectives on Quality and Competitiveness for Sustained Performance*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
26. Coskun, A. (2010) *Quality Management and Six Sigma*. Rijeka: Sciyo.
27. Cox, D.R., Reid, N. (2000) *The Theory of the Design of Experiments*. Washington D.C.: Chapman & Hall.
28. Dasgupta, T. (2003) Using the six-sigma metrics to measure and improve the performance of a supply chain. *Total Quality Management & Business Excellence*, 14(3), str. 355-367.
29. De Feo, J.A., Bar-El, Z. (2002) Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma Process. *Journal of Change Management*, 3(1), str. 60-80.
30. DeJidas, L.P., Destree, T.M. (1999) *Sheetfed offset press operating*. Sewickley: GATF.
31. Deming, W.E. (1982) *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT.
32. Dragčević, K. (2010) *Istraživanje korozije u procesima grafičke reprodukcije*. Doktorska disertacija. Zagreb: GRF.
33. Eckes, G. (2001) *The Six Sigma Revolution*. New York: John Wiley and Sons.

34. Eckes, G. (2003) *Six Sigma Team Dynamics: The Elusive Key to Project Success*. New Jersey: John Wiley and Sons.
35. Elaoud, S., Teghem, J., Bouaziz, B. (2007) Genetic algorithms to solve the cover printing problem. *Computer and Operations Research*, 34(11), str. 3346-3361.
36. Englund, C. Verikas, A. (2008) Ink flow control by multiple model sin an offset lithographic printing process. *Computers and Industrial Engineering*, 55(3), str. 592-605.
37. van Ettinger, J., Sittig, J. (1965) *More through quality*. Rotterdam: IQC.
38. Gelman, A., Hill, J. (2006) *Data Analysis Using Regression and Multilevel/ Hierarchical Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
39. Gider, F., Zlabravec, V. (2009) Six Sigma system as a tool to Improve the company's level of success. *Tekstil*, 58(9), str. 443-449.
40. Gitolw, H.S., Levine, D.M. (2005) *Six Sigma for Green Belts and Champions: Foundations, DMAIC, Tools, Cases, and Certification*. London: Pearson Education Ltd.
41. Glassner, A.S., Fishkin, K.P., Marimont, D.H., Stone, M.C. (1995) Device-directed rendering. *ACM Transactions on Graphics*, 14(1), str. 58-76.
42. Goetsch, D.L., Davis, S.B. (2006) *Quality Management: Introduction to Total Quality Management for Production, Processing, and Services*. New York: Pearson Prentice Hall.
43. Hahn, G., Hill, W., Hoerl, R., Zinkgraf, S. (1999) The impact of Six sigma improvement – a glimpse into the future statistic. *The American Statistician*, 53(3), str. 208-215.
44. Harry, M., Schroeder, R. (2000) *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizig the World's Top Corporations*. New York: Doubleday.
45. Havlínová, B., Horňáková, L., Brezová, V., Liptáková, Z., Kindernay, J., Jančovičová, V. (2000) Ink receptivity on paper – characterization of paper materials. *Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects*, 168(3), str. 251-259.
46. Helbig, T., Bosse, R. (1993) *Grundlagen der Qualitätsbewertungim Offsetdruck*. Frankfurt: Polygraph-Verlag.
47. Henry, W., Mensaco, M., Takada, H. (1989) *New Product Development and Testing*. New York: Lexington Books, Macmillan Inc.
48. HinkelmanK., Kempthorne, O. (2008) *Design and Analysis of Experiments*. Vol 1. New Jersey: John Wiley and Sons.



49. Hird, K.F., Finley, C.E. (2009) *Offset Lithographic Technology*. Tinley Park: Goodheart-Willcox Co.
50. Hoerl, R.W. (1998) Six Sigma and the future of the quality profession. *Quality Progress*, 31(6), str. 35-42.
51. Hsu, T.J., Lai, W.H. (2010) Manufacturing parts optimization in the three-dimensional printing process by the Taguchi method. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 33(1), str. 121-130.
52. Hunt, R.W.G. (1991) *Measuring Color*. Chichester: Ellis Horwood Limited.
53. Iino, K., Berns, R.S. (1998a) Building color-management modules using linear optimization I. Desktop color system. *Journal of Imaging Science and Technology*, 42(1), str. 79-94.
54. Iino, K., Berns, R.S. (1998b) Building color-management modules using linear optimization II. Prepress system for offset printing. *Journal of Imaging Science and Technology*, 42(2), str. 99-114.
55. Johansson, K., Lundberg, P., Ryberg, R. (2007) *A Guide to Graphic Print Production*. New Jersey: John Wiley & Sons.
56. John, A., Meran, R., Roenpage, O., Staudter, C. (2008) *Six Sigma Lean Toolset: Executing Improvement Projects Successfully*. Berlin: Springer – Verlag.
57. Joglekar, A.M. (2003) *Statistical Methods for Six Sigma in R&D and Manufacturing*. New Jersey: John Wiley and Sons.
58. Jugulum, R., Samuel, P. (2008) *Design for Lean Six Sigma: A Holistic Approach to Design and Innovation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
59. Juran, J.M. (1986) The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality. *Quality Progress*, 8(1986), str. 19-24.
60. Juran, J.M., Gryna, F.M. (1993) *Quality Planning and Analysis*. New York: McGraw-Hill.
61. Juran, J.M., Godfrey, A.B. (1998) *Juran's Quality Handbook*. New York: McGraw-Hill.
62. Juran, J.M., Gryna F.M. (1999) *Planiranje i analiza kvalitete: Od razvoja proizvoda do upotrebe*. Zagreb: Mate.
63. Kane, V.E. (1986) Process capability indices. *Journal of Quality Technology*, 18 (1), str. 41-52.
64. Keller, P., Pyzdek, T. (2005) *Six Sigma Demystified*. New York: McGraw-Hill.

65. Kipphan, H. (2001) *Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods*. Berlin: Springer – Verlag.
66. Kleijnen, J.P.C. (2008) *Design and Analysis of Simulation Experiments*. New York: Springer.
67. Kondić, Ž. (2008) *Prilagodba metodologije 6σ malim proizvodnim organizacijama*. Doktorska disertacija. Zagreb: FSB.
68. Kondić, Ž., Botak, Z., Maglič, L. (2009) Razvoj modela za samoocjenu u malim poslovnim sustavima prije pokretanja 6σ metodologije. *Technical Gazette*, 16(1), str. 15-24.
69. de Koning, H., Does, R.J.M.M., Groen, A., Kemper, B.P.H. (2010) Generic lean Six Sigma project definitions in publishing. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1 (1), str. 39-55.
70. Kotz, S., Lovelace, C.R. (1998) *Process Capability Indices in Theory and Practice*. London: Arnold.
71. Koziol, S., Derlukiewicz, D. (2012) Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (design for Six Sigma). *Automation in Construction*, 22(1), str. 223-232.
72. Kumar, D. (2006) *Six Sigma Best Practices: A Guide to Business Process Excellence for Diverse Industries*. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing.
73. Kumar, D., Crocker, J., Chitra T., Saranga, H. (2006) *Reliability and Six Sigma*. New York: Springer.
74. Kumar, U.D., Nowicki D., Ramirez-Marquez, J.E., Verma, D. (2008) On the optimal selection process alternatives in as Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, 111 (1), str. 456-467.
75. Kume, H. (1992) *Statistical Methods for Quality Improvement*. Tokyo: AOTS.
76. Larson, A. (2003) *Demystifying Six Sigma: A Company-Wide Approach to Continuous Improvement*. New York: AMACOM.
77. Lin, L.C., Li, T.S., Kiang, J.P. (2009) A Continual Improvement Frameworko with Integration of CMMI and Six-sigma Model for Auto Industry. *Quality and Reliability Engineering International*, 2009 (25), str. 551-569.
78. Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Choo, A.S. (2003) Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *International Journal of Operations Management*, 21(2003), str. 193-203.

79. Liu, F., Shen, W. (2008) Forced wetting and dewetting of liquids on solid surfaces and their role in offset printing. *Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects*, 316(1-3), str. 62-69.
80. Lucas, J.M. (2002) The essential Six Sigma. *Quality Progress*, 35(1), str. 27-31.
81. Luftig, J.T. (1994) *Guidelines for Reporting the Capability of Critical Product Characteristics*. London: Luftig & Associates.
82. MacPhee, J. (1998) *Fundamentals of lithographic printing*. Sewickley: GATF.
83. Mahesh, M., Wong, Y.S., Fuh, J.Y.H. (2006) A six-sigma approach for benchmarking of RP&M processes. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 31,(3-4), str. 374-387.
84. Majnarić, I. (2004) *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*. Magistarski rad. Zagreb: GRF.
85. Marin, J. (2005) *Process Controls Primer*. Sewickley: PIA/GATFPRESS.
86. McAdam, R., Evans, A. (2004) Challenges to Six Sigma in a High Technology Mass-manufacturing Environments.. *Total Quality Management*, 15(5-6), str. 699-706.
87. McCann, J.J. (1999) Color Gamut Measurement and Mapping: The Role of Color Spaces. *SPIE Proceedings*, 3648(1), str. 68-82
88. McClusky, R. (2000) The rise, fall, and revival of six sigma. *Measuring Business Excellence*, 4(2), str. 6-17.
89. Milčić, D., Bolanča, S., Banić, D. (2007) "Six Sigma" and Programmed Printing. U: Brdarević, S., ur. *Proceedings of the Quality 2007, 09.06.2007., Neum, BiH*. Zenica: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, str. 305-309.
90. Montgomery, D.C. (1997) *Design and Analysis of Experiments*. New Jersey: John Wiley & Sons.
91. Montgomery, D.C. (2004) *Solutions from Design and Analysis of Experiments*. New York: Wiley.
92. Mortimer, A. (1998) *Color Reproduction in a Digital Age*. Surrey: Pira International.
93. Mrvac, N. (2003) *Sinteza interakcija odabranih parametara grafičke reprodukcije*. Doktorska disertacija. Zagreb: Grafički fakultet Zagreb.
94. Muir, A.K. (2006) *Lean six Sigma Statistics: Calculating Process Efficiencies in Transactional Projects*. New York: McGraw-Hill.
95. Mullavey, F. (2005) Shackled by bad Six Sigma. *Quality Digest*, 25(9), str. 29-38.

96. Newbold, P., Carlson, W.L., Thorne, B. *Statistics for Business and Economics*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
97. Oakland, J.S. (2008) *Statistical Process Control*. Oxford: Elsevier.
98. Omachonu, V.K., Ross, J.E. (2005) *Principles of Total Quality*. Boca Raton: CRC Press LLC.
99. Pande, P.S., Neuman, R.P., Cavanagh, R.R. (2000) *The Six Sigma Way: How GE, Motorola and other Top Companies are Honing Their Performance*. New York: McGraw-Hill.
100. Pande, O., Holpp, L. (2002) *What is Six Sigma?*. New York: McGraw-Hill.
101. Park-Sung, H. (2003) *Six Sigma For Quality and Productivity Promotion*. Tokyo: APO.
102. Pearn, W.L., Kotz, S., Johnson, N.L. (1992) Distributional and inferential properties of process capability indices. *International Journal of Quality Technology*, 24 (4), str. 216-233.
103. Pyzdek, T. (2003) *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New York: McGraw-Hill.
104. Riedl, R., Neumann, D., Teubner, J. (1989) *Tehnologie des Offsetdruck*. Leipzig: VEB Fachbuchverlang.
105. Roth, N., Franchetti, M. (2010) Process improvement for printing operations through the DMAIC Lean Six Sigma approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1 (2), str. 119-133.
106. Sarkar, D. (2004) *Lessons in Six Sigma*. London: Sage Publications.
107. Schonberger, R. (2008) *Best Practices in Lean Six Sigma Process Improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons.
108. Sharma, A., Starr, B. (2010) Evaluation of Ink Optimization Technology in Offset Color Printing. *Journal of Imaging Science and Technology*, 54 (6), str. 1-13.
109. Snee, R.D. (2006) Increasing newspaper accuracy using Six Sigma methodology u: Antony, J., Banuelas, R., Kumar, A. (2006) *World Class Applications of Six Sigma*. Oxford: Elsevier.
110. Soderborg, N.R., Ford Motor Co. (2004) Design for Six Sigma at Ford. *Six Sigma Forum Magazine*, 2004 (11), str. 15-22.
111. Stamatis, D.H. (2002) *Six Sigma and Beyond: Foundations of Excellent Performance*. Boca Raton: CRC Press LLC.

112. Stamatis, D.H. (2003) *Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma*. Boca Raton: CRC Press LLC.
113. Stamatis, D.H. (2003) *Six Sigma and Beyond: The Implementation Process*. Boca Raton: CRC Press LLC.
114. Stamatis, D.H. (2004) *Six Sigma Fundamentals: A Complete Guide to the system, Methods and Tools*. New York: Productivity Press.
115. Stevenson, W.J. (1993) *Production and Operations Management*. Boston: Irwin.
116. Sutton, C. (2006) Getting the most out of Six Sigma. *Quality Management*, 3(2006), str. 46-48.
117. Techner, H. (1997) *Offsetdruck Technik: Technologien und Werkstoffe in der Druckindustrie*. Fellbach: Fachschriften – Verlag.
118. Walenski W. (1991) *Der Offsetdruck: Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Köln: DuMont.
119. Walenski,W. (1995) *Der Rollenoffsetdruck*. Fellbach: Fachschriften-Verlag.
120. Weiner, M. (2004) Six Sigma. *Communication World*, 21(1), str. 26.29.
121. Wilks, S.S. (2007) *Mathematical Statistics*. Accra: Buck Press.
122. Wu, C.W., Pearn, W.L., Kotz, S. (2009) An overview of theory and practice on process capability indices for quality assurance. *International Journal of Production Economics*, 117(2009), str. 338-359.
123. Wurtzel, M. (2008) Reasons for Six Sigma deployment failures. *BPM Institute*, 6(2008). Dostupno na <http://www.bpminstitute.org/articles/article/article/reasons-for-six-sigma-deployment-faulures.html> .
124. Yang, K., El-Haik, B. (2003) *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*. New York: McGraw-Hill.
125. Yang, K., Trewn, J. (2004) *Multivariate Statistical Methods in Quality Management*. New York: McGraw-Hill.
126. Zimmerman, J.P., Weiss, J. (2005) Six Sigma's seven deadly sins. *Quality*, 44(2005), str. 62-66.
127. Zjakić, I. (2007) *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada.

## Web stranice

1. American Society for Quality: <http://asq.org>
2. Business Process Management Institute: <http://www.bpminstitute.org>
3. Commission Internationale de L'Eclairage: <http://www.cie.co.at>
4. Deutsches Institut für Normung: <http://www.din.de>
5. Fogra Graphic Technology Research Association: <http://www.fogra.org/>
6. International Electrotechnical Commission: <http://www.iec.ch>
7. International Organization for Standardization: <http://www.iso.org>
8. Quality Digest: <http://www.qualitydigest.com>
9. Radin: <http://www.radin.hr/>
10. Ugra Swiss Center of Competence for Media and Printing Technology:  
<http://www.ugra.ch>

## PRILOG A

### Nulti proces

Tablica A.1. Izmjerene vrijednosti nultog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,7	13,7	16,6	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,53	1,36	1,80
13,5	13,7	13,7	16,6	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,53	1,36	1,81
13,5	13,6	13,7	16,6	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,53	1,36	1,80
13,5	13,6	13,6	16,6	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,6	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,51	1,37	1,82
13,6	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,8	16,8	11,4	11,4	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,49	1,52	1,35	1,81
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,3	1,48	1,52	1,34	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,49	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,81
13,8	13,4	13,7	16,9	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,34	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,53	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,54	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,81
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,0	11,6	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,55	1,51	1,34	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,56	1,52	1,34	1,80
13,9	13,7	14,0	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,55	1,53	1,35	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,6	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,5	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,55	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,54	1,49	1,37	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,49	1,37	1,80

14,0	13,7	13,8	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,49	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,51	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,52	1,50	1,38	1,80
14,1	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,52	1,51	1,38	1,80
14,1	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,9	12,4	1,50	1,53	1,39	1,80
13,9	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,9	12,4	1,50	1,52	1,38	1,80
13,9	13,6	13,6	16,6	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,50	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,6	11,4	11,2	11,8	12,3	1,49	1,51	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,6	11,4	11,3	11,8	12,3	1,50	1,51	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,6	11,3	11,3	11,7	12,3	1,50	1,51	1,38	1,80
13,9	13,6	13,8	16,7	11,4	11,3	11,7	12,2	1,50	1,52	1,38	1,80
13,9	13,5	13,8	16,7	11,4	11,3	11,7	12,2	1,50	1,52	1,38	1,80
13,8	13,5	13,8	16,7	11,4	11,2	11,7	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,8	13,5	13,8	16,7	11,4	11,1	11,8	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,8	13,5	13,9	16,7	11,4	11,1	11,9	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,8	13,5	13,9	16,8	11,5	11,1	11,8	12,3	1,51	1,53	1,39	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,5	11,1	11,8	12,3	1,51	1,53	1,39	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,2	11,8	12,3	1,51	1,53	1,39	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,5	11,2	11,7	12,4	1,53	1,53	1,39	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,5	11,2	11,7	12,4	1,53	1,54	1,38	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,5	11,2	11,7	12,5	1,53	1,54	1,38	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,5	11,2	11,6	12,4	1,53	1,54	1,38	1,82
13,8	13,6	13,8	16,9	11,5	11,2	11,6	12,5	1,53	1,55	1,38	1,80
13,8	13,6	13,7	17,0	11,5	11,3	11,6	12,5	1,53	1,55	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	17,0	11,4	11,3	11,6	12,6	1,53	1,54	1,38	1,80
13,9	13,6	13,8	17,0	11,4	11,3	11,6	12,6	1,53	1,54	1,37	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,4	11,3	11,7	12,5	1,53	1,54	1,37	1,80
13,9	13,5	13,8	16,9	11,4	11,3	11,7	12,5	1,53	1,54	1,37	1,80
13,9	13,5	13,7	16,8	11,3	11,3	11,7	12,5	1,53	1,54	1,37	1,80
13,9	13,5	13,7	16,8	11,3	11,3	11,7	12,4	1,53	1,53	1,37	1,80
13,9	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,8	12,3	1,53	1,52	1,37	1,80
13,9	13,5	13,7	16,8	11,4	11,4	11,8	12,3	1,53	1,52	1,37	1,80
13,8	13,5	13,6	16,8	11,4	11,4	11,7	12,4	1,53	1,53	1,37	1,80
13,8	13,5	13,6	16,8	11,5	11,4	11,7	12,5	1,53	1,53	1,36	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,5	11,4	11,8	12,4	1,53	1,53	1,36	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,5	11,4	11,7	12,5	1,53	1,53	1,36	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,5	11,4	11,7	12,5	1,53	1,53	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,6	11,3	11,7	12,4	1,53	1,53	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,9	11,6	11,3	11,6	12,4	1,53	1,54	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,9	11,5	11,4	11,6	12,3	1,53	1,54	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,9	11,5	11,4	11,6	12,3	1,53	1,53	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,52	1,54	1,36	1,80









## PRILOG B

### 1. parcijalni proces

Tablica B.1.1. Izmjerene vrijednosti 1. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,6	13,5	16,6	11,4	11,3	11,5	12,4	1,52	1,52	1,36	1,80
13,5	13,7	13,6	16,6	11,4	11,3	11,6	12,4	1,52	1,52	1,35	1,81
13,6	13,6	13,6	16,6	11,3	11,4	11,5	12,3	1,52	1,53	1,35	1,81
13,6	13,6	13,6	16,6	11,3	11,3	11,6	12,4	1,51	1,52	1,36	1,81
13,6	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,51	1,35	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,6	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,4	11,4	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,7	11,5	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,5	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,49	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,3	11,3	11,4	12,3	1,48	1,52	1,34	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,2	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,3	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,81
13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,2	11,4	12,2	1,50	1,51	1,36	1,81
13,6	13,6	13,6	16,7	11,5	11,1	11,5	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,5	11,1	11,5	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,9	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,49	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,5	11,0	11,6	12,1	1,53	1,50	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,2	1,54	1,49	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,7	11,0	11,6	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,5	13,9	16,8	11,7	11,1	11,5	12,1	1,55	1,51	1,34	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,55	1,52	1,34	1,80
13,9	13,7	14,0	16,9	11,6	11,3	11,5	12,3	1,55	1,53	1,35	1,80
13,8	13,7	14,1	17,0	11,6	11,2	11,6	12,4	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,5	11,2	11,6	12,4	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,55	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,54	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,5	12,3	1,54	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80





13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,5	11,3	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,7	13,6	16,8	11,5	11,0	11,5	12,2	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,6	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,5	11,3	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,6	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,2	1,53	1,51	1,34	1,80
13,7	13,5	13,8	16,9	11,6	11,0	11,6	12,1	1,54	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,0	11,6	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,55	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,7	11,1	11,5	12,2	1,54	1,52	1,36	1,81
13,8	13,7	14,0	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,55	1,53	1,35	1,81
13,9	13,7	14,0	17,0	11,6	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,1	17,1	11,5	11,1	11,6	12,5	1,54	1,51	1,37	1,80
13,8	13,8	13,9	17,0	11,6	11,3	11,4	12,4	1,55	1,50	1,37	1,80
13,8	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,55	1,49	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,4	1,54	1,50	1,35	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,35	1,80
14,0	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,7	12,3	1,53	1,50	1,35	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,5	11,2	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,81
14,1	13,8	13,9	16,9	11,6	11,2	11,7	12,3	1,52	1,50	1,36	1,80
14,1	13,8	13,8	16,8	11,5	11,3	11,6	12,3	1,51	1,51	1,36	1,80
14,2	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,4	1,52	1,51	1,37	1,81
14,0	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,51	1,37	1,80
14,1	13,7	13,7	16,7	11,4	11,3	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,9	12,4	1,50	1,53	1,39	1,80
13,9	13,6	13,6	16,8	11,5	11,1	11,9	12,4	1,50	1,52	1,38	1,80
13,8	13,7	13,6	16,6	11,4	11,2	11,7	12,4	1,50	1,50	1,38	1,80
13,9	13,6	13,6	16,6	11,3	11,2	11,8	12,3	1,49	1,51	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,6	11,4	11,3	11,8	12,3	1,50	1,51	1,38	1,81
13,8	13,5	13,6	16,6	11,2	11,3	11,9	12,3	1,51	1,51	1,38	1,80





da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	da	da	ne

### 3. parcijalni proces

Tablica B.3.1. Izmjerene vrijednosti 3. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,6	13,5	16,6	11,4	11,5	11,7	12,3	1,49	1,52	1,35	1,80
13,5	13,7	13,5	16,6	11,3	11,4	11,7	12,4	1,49	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,7	16,6	11,4	11,4	11,6	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,5	13,6	13,6	16,6	11,3	11,3	11,6	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,6	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	13,5	16,7	11,4	11,2	11,5	12,4	1,50	1,52	1,37	1,79
13,5	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,6	12,4	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,3	11,3	11,5	12,4	1,51	1,52	1,37	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,8	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,3	11,3	11,4	12,3	1,49	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,48	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,34	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,2	1,51	1,52	1,34	1,80
13,6	13,5	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,81
13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,3	11,5	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,5	13,6	16,7	11,5	11,3	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,4	12,2	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,6	11,1	11,6	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,4	13,6	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,9	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,51	1,51	1,36	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,5	12,2	1,51	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80

13,9	13,5	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,6	11,0	11,4	12,4	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,53	1,52	1,36	1,80
13,8	13,7	14,0	16,8	11,7	11,3	11,5	12,3	1,53	1,53	1,35	1,80
13,8	13,7	14,0	16,9	11,7	11,2	11,5	12,4	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,53	1,51	1,37	1,80
13,9	13,8	13,9	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,53	1,51	1,36	1,81
13,8	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,5	12,3	1,54	1,50	1,38	1,81
13,9	13,6	13,7	16,8	11,6	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,38	1,80
14,1	13,7	13,8	16,7	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,50	1,38	1,80
14,0	13,6	13,9	16,8	11,6	11,2	11,6	12,4	1,53	1,51	1,37	1,80
14,0	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,6	12,3	1,52	1,50	1,38	1,80
14,1	13,7	13,8	16,8	11,5	11,3	11,7	12,3	1,52	1,51	1,38	1,80
14,2	13,7	13,8	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,52	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,6	16,6	11,5	11,3	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,9	12,4	1,50	1,53	1,37	1,80
13,9	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,38	1,80
13,8	13,7	13,6	16,6	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,50	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,5	11,4	11,1	11,6	12,3	1,50	1,49	1,38	1,80
13,8	13,5	13,6	16,5	11,3	11,3	11,8	12,2	1,50	1,49	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,6	11,4	11,1	11,7	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80

Tablica B.3.2. Izmjerene vrijednosti 3. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne

da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	ne	ne	da	da	ne

#### 4. parcijalni proces

Tablica B.4.1. Izmjerene vrijednosti 4. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,6	13,6	16,5	11,2	11,2	11,3	12,4	1,49	1,53	1,36	1,81
13,4	13,7	13,7	16,5	11,2	11,3	11,4	12,3	1,48	1,52	1,35	1,81
13,5	13,6	13,5	16,65	11,2	11,2	11,6	12,3	1,48	1,53	1,35	1,81
13,5	13,6	13,6	16,6	11,3	11,3	11,6	12,4	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,4	1,50	1,53	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,5	16,7	11,3	11,3	11,5	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,3	1,51	1,51	1,36	1,81
13,5	13,6	13,7	16,7	11,3	11,3	11,5	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,6	16,6	11,4	11,4	11,5	12,3	1,51	1,53	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,4	11,5	12,3	1,52	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,51	1,52	1,35	1,81
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,54	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,7	16,6	11,5	11,2	11,6	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,6	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,8	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,7	11,5	11,1	11,6	12,2	1,52	1,53	1,34	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,6	12,1	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,9	11,5	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,7	13,6	13,8	16,7	11,6	11,0	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,6	11,0	11,6	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,2	11,5	12,2	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,7	12,3	1,54	1,52	1,36	1,80
13,9	13,7	14,0	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,55	1,52	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,6	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	14,0	17,0	11,5	11,2	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,55	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,3	1,54	1,50	1,37	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,4	1,53	1,50	1,36	1,80
14,0	13,7	13,8	16,7	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,49	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,7	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,49	1,37	1,80





13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80
13,6	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,6	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,3	12,2	1,51	1,53	1,35	1,81
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,4	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,3	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,5	16,9	11,6	11,1	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,81
13,8	13,4	13,5	16,8	11,6	11,3	11,6	12,1	1,53	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,6	16,8	11,6	11,2	11,5	12,1	1,54	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,56	1,50	1,35	1,80
13,9	13,5	13,8	16,9	11,6	11,2	11,6	12,3	1,56	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,7	11,2	11,5	12,3	1,55	1,48	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,2	11,4	12,3	1,55	1,50	1,34	1,80
13,8	13,7	13,8	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,54	1,50	1,35	1,80
13,9	13,7	14,1	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,54	1,50	1,35	1,80
13,8	13,6	14,1	17,0	11,6	11,2	11,5	12,4	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,6	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	17,0	11,5	11,4	11,6	12,4	1,54	1,50	1,35	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,4	11,6	12,3	1,53	1,50	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,35	1,80
14,0	13,7	13,8	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,52	1,50	1,36	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,7	11,2	11,6	12,4	1,52	1,51	1,37	1,80
14,0	13,6	13,7	16,8	11,7	11,3	11,7	12,5	1,52	1,50	1,38	1,80
14,1	13,6	13,8	16,8	11,6	11,3	11,6	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
14,1	13,6	13,8	16,8	11,6	11,4	11,7	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
14,2	13,6	13,7	16,7	11,5	11,4	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,5	13,7	16,7	11,3	11,3	11,8	12,3	1,51	1,51	1,38	1,80
13,9	13,7	13,6	16,7	11,4	11,4	11,9	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
13,9	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,9	12,4	1,52	1,52	1,38	1,80
13,9	13,5	13,6	16,6	11,3	11,2	11,7	12,3	1,52	1,50	1,38	1,80
13,9	13,5	13,7	16,6	11,4	11,2	11,7	12,3	1,52	1,51	1,38	1,80
13,8	13,6	13,6	16,6	11,4	11,3	11,8	12,4	1,50	1,52	1,37	1,80
13,8	13,6	13,6	16,4	11,3	11,4	11,7	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80

Tablica B.5.2. Izmjerene vrijednosti 5. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne





ne	da	da	da	ne	da	da	ne
----	----	----	----	----	----	----	----

## 6. parcijalni proces

Tablica B.6.1. Izmjerene vrijednosti 6. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,7	13,8	16,7	11,3	11,2	11,7	12,5	1,53	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,8	16,6	11,4	11,3	11,7	12,5	1,53	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,7	16,6	11,3	11,3	11,6	12,4	1,52	1,52	1,36	1,80
13,5	13,6	13,8	16,7	11,3	11,3	11,6	12,4	1,53	1,52	1,37	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,7	12,4	1,52	1,52	1,37	1,80
13,5	13,4	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,4	1,52	1,53	1,36	1,80
13,6	13,5	13,8	16,7	11,3	11,3	11,6	12,4	1,52	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,4	1,51	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,3	11,3	11,7	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,8	16,8	11,4	11,4	11,5	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,5	13,7	13,8	16,8	11,5	11,4	11,5	12,4	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,6	11,5	11,3	11,5	12,4	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,2	11,7	12,3	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,5	11,2	11,5	12,3	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,4	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,6	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,7	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,3	11,2	11,5	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,3	11,2	11,5	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,4	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,4	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,4	13,6	16,9	11,4	11,2	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,8	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,52	1,52	1,34	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,3	1,52	1,51	1,34	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,9	16,9	11,5	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,7	11,7	11,2	11,6	12,4	1,55	1,49	1,35	1,80
13,7	13,6	13,9	16,8	11,7	11,2	11,5	12,4	1,55	1,49	1,36	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,2	11,5	12,3	1,55	1,51	1,34	1,80
13,9	13,7	13,9	16,8	11,6	11,1	11,6	12,3	1,55	1,50	1,36	1,80
13,9	13,7	14,2	16,9	11,6	11,2	11,6	12,3	1,55	1,52	1,35	1,80
13,9	13,6	14,2	17,0	11,6	11,2	11,6	12,4	1,53	1,52	1,36	1,80
13,8	13,7	14,1	17,0	11,5	11,2	11,6	12,4	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,8	13,9	17,0	11,5	11,3	11,6	12,4	1,53	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,81
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,54	1,50	1,36	1,80





13,5	13,6	13,8	16,8	11,4	11,3	11,4	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,3	11,2	11,4	12,2	1,51	1,52	1,35	1,79
13,7	13,6	13,7	16,8	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,50	1,51	1,37	1,80
13,7	13,5	13,8	16,7	11,5	11,2	11,4	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,8	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,52	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,4	11,1	11,6	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,6	11,1	11,6	12,1	1,52	1,51	1,34	1,80
13,6	13,4	13,7	16,8	11,6	11,1	11,6	12,1	1,52	1,51	1,34	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,53	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,51	1,50	1,35	1,81
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,0	11,6	12,2	1,51	1,49	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,2	1,51	1,49	1,37	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,51	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,8	11,6	11,1	11,5	12,3	1,51	1,52	1,37	1,80
13,9	13,8	14,2	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,52	1,53	1,35	1,80
14,0	13,7	14,0	16,8	11,6	11,2	11,6	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
14,1	13,7	14,1	17,0	11,5	11,2	11,6	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
14,0	13,8	14,2	17,0	11,5	11,3	11,6	12,2	1,50	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	14,2	16,9	11,5	11,3	11,6	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,50	1,49	1,37	1,80
13,9	13,7	13,9	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
14,0	13,8	13,9	16,7	11,7	11,1	11,7	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,7	11,7	11,1	11,7	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
14,1	13,8	13,8	16,8	11,6	11,1	11,6	12,3	1,49	1,51	1,38	1,80
14,1	13,8	13,8	16,8	11,6	11,1	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,9	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,50	1,38	1,80
14,1	13,7	13,9	16,7	11,5	11,3	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,7	11,3	11,8	12,2	1,50	1,53	1,39	1,80
13,9	13,8	13,7	16,7	11,5	11,2	11,8	12,2	1,50	1,52	1,37	1,80
13,9	13,8	13,6	16,7	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,52	1,38	1,80
13,8	13,8	13,7	16,7	11,4	11,1	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,8	13,8	13,7	16,7	11,4	11,1	11,8	12,3	1,50	1,53	1,37	1,80
13,8	13,6	13,7	16,6	11,4	11,1	11,9	12,2	1,50	1,53	1,37	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	da	da	ne	ne

## 8. parcijalni proces

Tablica B.8.1. Izmjerene vrijednosti 8. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,6	13,8	16,4	11,2	11,1	11,9	12,0	1,52	1,52	1,35	1,80
13,4	13,7	13,8	16,4	11,4	11,1	11,9	12,0	1,52	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,7	16,4	11,4	11,3	11,9	12,0	1,51	1,52	1,35	1,80
13,5	13,6	13,6	16,6	11,3	11,2	11,8	12,0	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,5	13,6	16,5	11,4	11,2	11,7	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,5	11,4	11,2	11,8	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,5	11,3	11,1	11,7	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,5	13,6	13,7	16,5	11,3	11,1	11,6	12,0	1,49	1,51	1,35	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,3	11,1	11,5	12,2	1,50	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,8	16,6	11,4	11,2	11,5	12,1	1,50	1,51	1,37	1,81
13,6	13,7	13,7	16,6	11,5	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,6	11,5	11,3	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,4	12,1	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,6	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,53	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,6	11,5	11,3	11,4	12,2	1,49	1,53	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,1	1,50	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,4	11,2	11,5	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,8	16,7	11,6	11,2	11,5	12,1	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,1	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,0	11,7	12,2	1,51	1,52	1,35	1,81
13,7	13,5	13,7	16,9	11,6	11,0	11,7	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,0	11,5	12,1	1,52	1,52	1,34	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,5	11,0	11,6	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,9	16,9	11,7	11,1	11,6	12,1	1,52	1,50	1,34	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,0	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80

13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,3	11,5	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,8	13,6	13,9	16,8	11,5	11,3	11,5	12,3	1,53	1,52	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,6	11,3	11,7	12,1	1,52	1,52	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,9	11,6	11,2	11,7	12,1	1,52	1,53	1,35	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,8	11,5	11,3	11,6	12,2	1,52	1,52	1,36	1,80
13,8	13,8	13,8	16,9	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,52	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,1	11,7	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
14,0	13,7	13,9	16,8	11,5	11,1	11,7	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
14,1	13,7	13,9	16,8	11,5	11,2	11,7	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
14,2	13,7	13,9	16,8	11,6	11,3	11,9	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
14,2	13,8	13,8	16,8	11,4	11,3	11,9	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
14,1	13,7	13,9	16,8	11,6	11,3	11,7	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
14,0	13,8	13,8	16,8	11,5	11,1	11,9	12,3	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,8	16,9	11,3	11,1	11,9	12,3	1,51	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,1	11,9	12,3	1,51	1,50	1,37	1,81
13,9	13,6	13,8	16,9	11,5	11,0	11,9	12,3	1,51	1,49	1,38	1,80
13,8	13,6	13,8	16,8	11,3	11,1	11,8	12,3	1,51	1,48	1,38	1,80
13,8	13,7	13,8	16,8	11,4	11,2	11,8	12,3	1,52	1,50	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,8	11,4	11,1	11,8	12,2	1,52	1,50	1,38	1,80
13,8	13,7	13,7	16,8	11,3	11,1	11,9	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80

Tablica B.8.2. Izmjerene vrijednosti 8. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne





13,6	13,5	13,6	16,7	11,3	11,2	11,3	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,3	12,2	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,5	16,7	11,4	11,3	11,4	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,4	11,3	11,5	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,5	13,6	13,7	16,8	11,4	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,7	13,7	16,8	11,4	11,4	11,5	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,8	11,5	11,3	11,5	12,4	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,4	11,4	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,4	11,3	11,4	12,3	1,51	1,53	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,3	11,4	11,4	12,3	1,52	1,53	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,8	11,4	11,3	11,5	12,4	1,51	1,53	1,35	1,81
13,6	13,5	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,81
13,7	13,6	13,7	16,7	11,4	11,2	11,4	12,2	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,7	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,53	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,3	11,3	11,6	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,9	11,6	11,1	11,5	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,4	13,7	16,9	11,4	11,1	11,5	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	17,1	11,6	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,6	11,2	11,5	12,3	1,54	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,2	1,54	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,3	11,5	12,2	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,2	11,5	12,3	1,54	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,7	11,3	11,5	12,3	1,55	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,8	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,55	1,53	1,35	1,81
13,8	13,7	13,8	17,2	11,6	11,2	11,6	12,4	1,55	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	17,1	11,5	11,2	11,5	12,4	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	17,1	11,5	11,3	11,5	12,4	1,55	1,49	1,35	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,3	1,54	1,49	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	17,1	11,6	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,7	13,7	13,8	16,6	11,6	11,3	11,7	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,51	1,37	1,81
13,8	13,7	13,9	16,8	11,6	11,3	11,6	12,3	1,52	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	17,1	11,6	11,2	11,6	12,4	1,52	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,7	12,4	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,6	11,2	11,8	12,3	1,51	1,52	1,37	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,9	12,4	1,50	1,52	1,39	1,80
13,9	13,8	13,7	16,6	11,5	11,3	11,9	12,4	1,49	1,52	1,38	1,80
13,9	13,8	13,6	16,6	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,50	1,38	1,80
13,9	13,6	13,7	16,7	11,6	11,2	11,8	12,3	1,51	1,52	1,37	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	da	ne	ne

## 10. parcijalni proces

Tablica B.10.1. Izmjerene vrijednosti 10. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,7	13,8	16,3	11,3	11,2	11,1	12,0	1,52	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,7	16,3	11,3	11,2	11,1	12,0	1,52	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,7	16,3	11,2	11,3	11,1	12,0	1,52	1,53	1,37	1,80
13,5	13,6	13,8	16,3	11,2	11,3	11,1	12,0	1,50	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,6	16,4	11,4	11,2	11,1	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	13,6	16,4	11,4	11,2	11,1	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,6	16,3	11,3	11,3	11,1	12,2	1,51	1,51	1,37	1,79
13,6	13,6	13,7	16,4	11,4	11,4	11,2	12,2	1,51	1,52	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,4	11,4	11,3	11,2	12,3	1,51	1,51	1,38	1,80
13,6	13,6	13,8	16,5	11,4	11,4	11,3	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,5	13,7	13,7	16,6	11,5	11,4	11,2	12,3	1,50	1,52	1,38	1,80
13,6	13,7	13,7	16,6	11,5	11,3	11,2	12,3	1,50	1,53	1,38	1,80
13,7	13,7	13,7	16,6	11,5	11,4	11,4	12,3	1,50	1,52	1,38	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,4	11,4	12,3	1,50	1,52	1,37	1,80
13,7	13,6	13,8	16,8	11,4	11,3	11,4	12,2	1,50	1,52	1,37	1,80
13,6	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,2	1,50	1,53	1,37	1,80
13,6	13,5	13,7	16,8	11,4	11,2	11,4	12,2	1,49	1,53	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,5	11,3	11,4	12,3	1,49	1,53	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,4	11,2	11,4	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,81
13,7	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,4	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,3	11,6	12,1	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,9	11,6	11,1	11,5	12,1	1,53	1,52	1,36	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80

13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,54	1,51	1,36	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,53	1,35	1,79
13,9	13,6	13,9	16,7	11,7	11,0	11,6	12,2	1,54	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,9	16,7	11,7	11,2	11,5	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,54	1,52	1,35	1,80
13,8	13,6	14,0	16,9	11,5	11,2	11,5	12,3	1,54	1,53	1,34	1,80
13,9	13,7	14,1	16,8	11,6	11,2	11,4	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	14,1	16,8	11,5	11,2	11,5	12,4	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,8	11,5	11,2	11,4	12,4	1,55	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,54	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,8	13,6	13,8	16,8	11,6	11,1	11,7	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,8	13,6	13,9	16,8	11,5	11,2	11,6	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
13,8	13,7	13,9	17,0	11,5	11,3	11,7	12,3	1,52	1,50	1,38	1,80
13,8	13,6	13,8	16,8	11,6	11,3	11,6	12,3	1,52	1,51	1,38	1,80
13,8	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,6	12,4	1,52	1,51	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,7	13,7	16,8	11,4	11,3	11,8	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,8	11,5	11,2	11,6	12,4	1,51	1,53	1,38	1,80
13,9	13,6	13,8	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,9	13,6	13,9	16,6	11,5	11,2	11,6	12,3	1,51	1,50	1,38	1,79
14,0	13,6	13,8	16,7	11,4	11,1	11,6	12,3	1,52	1,49	1,38	1,80
14,0	13,7	13,9	16,6	11,4	11,1	11,6	12,3	1,50	1,50	1,39	1,80
13,9	13,7	13,9	16,8	11,3	11,1	11,7	12,3	1,50	1,50	1,38	1,80

Tablica B.10.2. Izmjerene vrijednosti 10. parcijalnog procesa

PASER	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne



## 11. parcijalni proces

Tablica B.11.1. Izmjerene vrijednosti 11. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,8	13,6	13,5	16,5	11,3	11,1	11,5	12,0	1,51	1,52	1,37	1,80
13,8	13,6	13,5	16,6	11,4	11,1	11,5	12,0	1,51	1,52	1,37	1,80
13,8	13,6	13,5	16,5	11,4	11,1	11,6	12,0	1,50	1,53	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,6	11,4	11,2	11,6	12,1	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,1	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,6	12,1	1,51	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,5	16,6	11,3	11,3	11,5	12,2	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,5	16,7	11,4	11,3	11,6	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,6	16,8	11,4	11,4	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,81
13,6	13,6	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,2	1,49	1,52	1,36	1,80
13,6	13,7	13,7	16,9	11,5	11,3	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,51	1,35	1,81
13,7	13,6	13,6	16,9	11,5	11,2	11,3	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,3	11,3	11,4	12,3	1,50	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,3	11,3	11,5	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,8	13,4	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,9	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,6	11,5	11,1	11,4	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,1	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,0	11,6	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,9	11,7	10,9	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,3	13,7	16,9	11,6	10,9	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	10,9	11,5	12,0	1,52	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,6	16,7	11,6	11,0	11,5	12,0	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,51	1,50	1,35	1,81
13,9	13,6	13,8	16,9	11,8	11,0	11,6	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,51	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,6	10,9	11,5	12,3	1,52	1,52	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,5	11,1	11,5	12,3	1,52	1,53	1,35	1,80
13,9	13,6	13,8	17,0	11,6	11,2	11,6	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	17,1	11,5	11,2	11,6	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,9	11,5	11,3	11,4	12,4	1,52	1,50	1,36	1,80
13,8	13,8	13,8	16,9	11,5	11,3	11,4	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,9	11,5	11,3	11,4	12,3	1,52	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,7	16,9	11,4	11,2	11,6	12,2	1,53	1,50	1,36	1,80
14,1	13,7	13,8	16,8	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,50	1,37	1,80
13,9	13,7	13,9	16,7	11,6	11,1	11,7	12,3	1,53	1,51	1,37	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	da	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	ne	ne	da	da	da

## 12. parcijalni proces

Tablica B.12.1. Izmjerene vrijednosti 12. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,1	13,5	13,6	16,4	11,4	11,0	11,6	12,2	1,53	1,53	1,35	1,80
13,1	13,5	13,7	16,4	11,3	11,1	11,6	12,2	1,53	1,53	1,35	1,80
13,1	13,6	13,7	16,5	11,3	11,1	11,6	12,3	1,53	1,52	1,36	1,80
13,1	13,6	13,6	16,6	11,3	11,0	11,6	12,3	1,52	1,52	1,36	1,80
13,2	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,4	1,52	1,52	1,36	1,80
13,2	13,5	13,5	16,6	11,4	11,2	11,6	12,4	1,52	1,52	1,36	1,79
13,1	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,6	12,3	1,52	1,52	1,37	1,80
13,1	13,6	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,4	1,51	1,51	1,37	1,80
13,0	13,6	13,7	16,7	11,3	11,2	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,0	13,6	13,8	16,8	11,4	11,3	11,5	12,2	1,50	1,51	1,37	1,80
13,0	13,5	13,7	16,8	11,3	11,4	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,79
13,0	13,5	13,6	16,7	11,3	11,3	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
12,9	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,4	12,1	1,50	1,53	1,35	1,80
12,9	13,6	13,6	16,7	11,5	11,1	11,4	12,1	1,50	1,53	1,35	1,80
12,9	13,6	13,7	16,7	11,4	11,2	11,4	12,1	1,51	1,53	1,35	1,80
13,0	13,5	13,6	16,8	11,3	11,3	11,5	12,0	1,51	1,52	1,35	1,80
13,0	13,5	13,7	16,8	11,4	11,2	11,5	11,9	1,51	1,52	1,35	1,80



13,1	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	11,9	1,50	1,52	1,35	1,80
13,1	13,5	13,7	16,6	11,5	11,2	11,5	11,8	1,49	1,52	1,35	1,80
13,1	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,0	1,50	1,52	1,34	1,80
13,2	13,6	13,6	16,6	11,6	11,2	11,5	12,0	1,51	1,52	1,35	1,79
13,2	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,1	1,51	1,53	1,35	1,80
13,1	13,5	13,6	16,7	11,5	11,2	11,6	12,1	1,52	1,53	1,35	1,80
13,1	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,2	13,4	13,7	16,9	11,7	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,1	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,2	13,5	13,8	16,7	11,6	11,0	11,5	12,1	1,53	1,50	1,36	1,79
13,2	13,5	13,8	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,3	13,5	13,8	16,8	11,7	11,0	11,6	12,2	1,54	1,50	1,35	1,80
13,3	13,6	13,8	16,7	11,7	11,1	11,5	12,1	1,54	1,49	1,35	1,80
13,3	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,3	1,54	1,50	1,35	1,80
13,3	13,7	13,8	16,7	11,6	11,1	11,5	12,3	1,54	1,52	1,35	1,80
13,2	13,5	13,7	16,7	11,6	11,2	11,5	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,3	13,7	13,7	16,7	11,6	11,2	11,6	12,2	1,55	1,51	1,36	1,80
13,3	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,6	12,2	1,54	1,51	1,35	1,80
13,2	13,8	13,9	16,7	11,6	11,3	11,6	12,2	1,55	1,50	1,36	1,80
13,1	13,7	13,8	16,8	11,5	11,1	11,6	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,3	13,7	13,7	16,8	11,5	11,0	11,6	12,3	1,54	1,50	1,37	1,80
13,3	13,7	13,7	16,8	11,5	11,0	11,6	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,3	13,7	13,8	16,7	11,6	11,0	11,7	12,3	1,53	1,50	1,36	1,80
13,3	13,7	13,8	16,7	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,3	13,7	13,9	16,8	11,7	11,3	11,7	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,2	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,2	13,6	13,7	16,8	11,6	11,2	11,7	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,3	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,7	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,3	13,7	13,6	16,6	11,5	11,2	11,8	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,1	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,9	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,1	13,6	13,6	16,7	11,6	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,1	13,6	13,5	16,6	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,50	1,36	1,80
13,2	13,5	13,7	16,6	11,6	11,2	11,8	12,3	1,50	1,51	1,35	1,80
13,2	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,8	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,3	13,6	13,7	16,6	11,5	11,3	11,7	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80

*Tablica B.12.2. Izmjerene vrijednosti 12. parcijalnog procesa*

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne



ne	da	da	da	ne	da	ne	ne
----	----	----	----	----	----	----	----

### 13. parcijalni proces

Tablica B.13.1. Izmjerene vrijednosti 13. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,2	13,8	13,9	16,5	11,5	11,1	11,3	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,2	13,8	13,9	16,5	11,5	11,1	11,3	12,0	1,50	1,53	1,35	1,80
13,2	13,7	14,1	16,6	11,4	11,1	11,3	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,3	13,6	14,0	16,6	11,5	11,2	11,4	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,3	13,5	14,1	16,7	11,4	11,2	11,4	11,9	1,51	1,52	1,36	1,80
13,3	13,6	13,9	16,6	11,4	11,2	11,4	11,9	1,50	1,52	1,36	1,81
13,3	13,6	13,9	16,7	11,4	11,3	11,4	11,8	1,50	1,51	1,37	1,80
13,3	13,7	13,9	16,7	11,4	11,3	11,4	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
13,3	13,6	13,8	16,7	11,5	11,3	11,5	12,0	1,51	1,51	1,36	1,80
13,4	13,7	13,8	16,8	11,4	11,2	11,5	12,0	1,51	1,52	1,36	1,80
13,4	13,7	13,7	16,8	11,5	11,2	11,5	12,1	1,52	1,52	1,36	1,81
13,3	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,52	1,52	1,36	1,80
13,3	13,7	13,7	16,7	11,6	11,3	11,4	12,1	1,51	1,52	1,35	1,80
13,3	13,6	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,7	16,8	11,4	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,35	1,80
13,4	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,49	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	13,7	16,7	11,5	11,1	11,6	12,2	1,50	1,53	1,35	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,6	11,2	11,5	12,2	1,50	1,53	1,35	1,80
13,5	13,6	13,6	16,6	11,5	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,5	13,6	13,7	16,7	11,5	11,1	11,6	12,2	1,51	1,53	1,34	1,80
13,5	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,4	13,5	13,6	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,4	13,4	13,7	17,0	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,4	13,5	13,7	16,9	11,7	10,9	11,6	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,5	13,8	16,8	11,6	10,8	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,9	16,9	11,7	10,8	11,6	12,2	1,53	1,50	1,36	1,80
13,5	13,6	13,8	16,9	11,7	11,0	11,6	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,6	13,7	13,9	16,9	11,7	11,1	11,5	12,3	1,53	1,52	1,35	1,80
13,5	13,7	14,0	17,0	11,6	11,0	11,5	12,2	1,53	1,53	1,35	1,80
13,5	13,6	14,1	17,1	11,6	10,8	11,6	12,2	1,53	1,51	1,36	1,79
13,5	13,7	14,1	17,1	11,5	10,9	11,5	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,8	13,9	17,2	11,5	11,0	11,6	12,3	1,52	1,50	1,35	1,80
13,6	13,7	13,8	17,2	11,5	11,0	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,6	13,7	13,8	17,1	11,6	11,1	11,6	12,3	1,53	1,50	1,36	1,80





13,7	13,6	13,7	16,0	11,2	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,7	16,0	11,3	11,3	11,5	12,3	1,51	1,52	1,37	1,81
13,7	13,5	13,7	15,9	11,3	11,3	11,5	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,7	13,6	13,7	15,9	11,3	11,2	11,4	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,7	15,9	11,3	11,2	11,5	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,0	11,3	11,1	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,8	16,0	11,3	11,2	11,5	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	15,8	11,4	11,1	11,4	12,3	1,52	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,8	15,8	11,4	11,1	11,6	12,2	1,52	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,8	15,9	11,4	11,0	11,6	12,2	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,4	13,9	15,9	11,4	11,1	11,5	12,1	1,53	1,51	1,37	1,80
13,8	13,5	13,9	16,0	11,4	11,0	11,6	12,0	1,53	1,51	1,37	1,80
13,7	13,5	14,0	16,0	11,3	11,0	11,4	12,0	1,54	1,51	1,37	1,80
13,8	13,5	14,0	16,0	11,3	11,1	11,6	12,0	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	14,1	16,0	11,3	11,2	11,6	11,9	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,0	11,3	11,3	11,5	11,9	1,54	1,52	1,37	1,80
13,8	13,6	13,9	16,0	11,3	11,3	11,5	11,9	1,55	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	15,9	11,4	11,4	11,4	11,9	1,54	1,52	1,34	1,80
13,9	13,6	14,1	15,9	11,4	11,4	11,5	11,8	1,54	1,53	1,35	1,80
13,9	13,7	14,2	16,0	11,4	11,4	11,4	11,8	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	14,1	16,0	11,5	11,4	11,6	11,8	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,9	16,1	11,5	11,4	11,6	11,8	1,54	1,50	1,37	1,80
13,9	13,8	13,8	16,1	11,5	11,3	11,4	11,8	1,54	1,51	1,36	1,81
13,8	13,7	13,8	16,1	11,5	11,3	11,4	11,7	1,54	1,50	1,37	1,80
13,8	13,7	13,9	16,2	11,5	11,4	11,4	11,7	1,53	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,2	11,6	11,4	11,4	11,8	1,53	1,49	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,2	11,6	11,3	11,3	11,9	1,53	1,50	1,37	1,81
13,8	13,7	13,9	16,2	11,5	11,3	11,3	11,9	1,52	1,50	1,38	1,80
13,8	13,7	13,8	16,1	11,6	11,3	11,3	12,0	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,8	13,9	16,1	11,6	11,3	11,4	12,4	1,52	1,50	1,37	1,80
13,8	13,7	13,8	16,1	11,5	11,3	11,4	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
13,8	13,7	13,8	16,1	11,4	11,3	11,4	12,0	1,51	1,51	1,38	1,80
13,9	13,7	13,7	16,1	11,5	11,3	11,4	12,0	1,52	1,51	1,38	1,80
13,9	13,7	13,8	16,0	11,5	11,3	11,5	12,2	1,52	1,52	1,38	1,80
13,9	13,7	13,8	16,0	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,9	13,6	13,7	16,0	11,4	11,2	11,5	12,2	1,50	1,51	1,38	1,80
13,8	13,6	13,8	16,0	11,4	11,3	11,5	12,2	1,51	1,50	1,38	1,80
13,8	13,7	13,7	16,0	11,4	11,3	11,4	12,3	1,50	1,50	1,38	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	da	da	ne	ne

## 15. parcijalni proces

Tablica B.15.1. Izmjerene vrijednosti 15. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,5	13,5	16,8	10,9	11,1	11,5	12,2	1,53	1,52	1,37	1,80
13,4	13,5	13,5	16,8	10,9	11,1	11,5	12,2	1,53	1,52	1,37	1,80
13,4	13,6	13,5	16,8	10,9	11,1	11,5	12,3	1,53	1,53	1,36	1,80
13,5	13,6	13,6	16,7	11,0	11,1	11,4	12,4	1,53	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	13,6	16,7	11,0	11,2	11,5	12,4	1,53	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	13,6	16,7	11,0	11,2	11,5	12,4	1,52	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,8	11,0	11,3	11,4	12,3	1,52	1,52	1,37	1,79
13,5	13,6	13,5	16,8	11,0	11,3	11,4	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,5	13,6	13,5	16,8	11,0	11,3	11,5	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,1	11,3	11,5	12,3	1,51	1,51	1,36	1,80
13,5	13,6	13,7	16,8	11,1	11,4	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,8	11,1	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,1	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,8	16,9	11,1	11,2	11,4	12,2	1,50	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,9	11,1	11,3	11,4	12,2	1,50	1,51	1,35	1,79
13,7	13,6	13,7	17,0	11,1	11,3	11,5	12,1	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,8	16,9	11,2	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,2	11,1	11,4	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,2	11,1	11,4	12,2	1,52	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,8	16,7	11,3	11,0	11,5	12,2	1,52	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,8	16,7	11,3	11,0	11,5	12,0	1,51	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,2	11,1	11,5	12,0	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,8	16,8	11,2	11,1	11,5	11,9	1,52	1,52	1,36	1,79
13,7	13,5	13,8	16,9	11,2	11,1	11,5	11,9	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,9	16,9	11,2	11,1	11,5	12,0	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,9	16,8	11,1	11,1	11,5	12,0	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,9	16,8	11,1	11,2	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,9	13,5	13,8	16,8	11,1	11,1	11,6	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,1	11,1	11,6	12,2	1,52	1,49	1,34	1,80



13,9	13,6	13,9	16,8	11,2	11,0	11,6	12,1	1,53	1,50	1,35	1,80
14,0	13,6	13,9	16,9	11,2	11,0	11,6	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
14,0	13,7	13,9	16,9	11,2	11,1	11,5	12,2	1,53	1,52	1,36	1,80
13,9	13,6	14,0	16,9	11,2	11,2	11,5	12,3	1,54	1,52	1,35	1,80
13,9	13,7	14,0	17,0	11,3	11,1	11,6	12,4	1,54	1,51	1,36	1,79
13,9	13,7	14,0	16,9	11,3	11,1	11,6	12,2	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,8	11,3	11,1	11,7	12,2	1,54	1,50	1,36	1,80
13,8	13,8	13,8	16,8	11,3	11,1	11,6	12,3	1,54	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	16,8	11,3	11,1	11,6	12,3	1,54	1,50	1,37	1,80
13,7	13,9	13,8	16,8	11,4	11,2	11,6	12,1	1,53	1,51	1,37	1,80
13,7	13,9	13,8	16,7	11,4	11,2	11,7	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,9	13,9	16,7	11,4	11,2	11,7	12,1	1,53	1,51	1,37	1,81
13,8	14,0	13,9	16,8	11,3	11,2	11,8	12,2	1,52	1,50	1,37	1,80
13,8	13,9	13,8	16,8	11,5	11,3	11,8	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
13,9	13,9	13,8	16,8	11,5	11,3	11,9	12,2	1,51	1,51	1,38	1,80
13,9	13,9	13,7	16,7	11,5	11,3	11,9	12,2	1,51	1,51	1,38	1,80
13,9	13,8	13,7	16,7	11,4	11,2	11,8	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,9	13,8	13,7	16,8	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,37	1,80
13,8	13,7	13,6	16,7	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,37	1,81
13,8	13,7	13,6	16,7	11,5	11,2	11,8	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
13,9	13,8	13,7	16,7	11,4	11,2	12,0	12,2	1,49	1,50	1,38	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,3	11,3	12,0	12,3	1,59	1,51	1,37	1,80
13,9	13,8	13,7	16,6	11,3	11,2	12,0	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80

Tablica B.15.2. Izmjerene vrijednosti 15. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne

da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	ne	da	ne	da	ne	ne

## 16. parcijalni proces

Tablica B.16.1. Izmjerene vrijednosti 16. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,9	13,7	16,8	11,4	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,37	1,80
13,4	13,9	13,8	16,8	11,3	11,1	11,5	12,1	1,52	1,52	1,37	1,80
13,4	13,9	13,8	16,7	11,3	11,1	11,5	12,1	1,51	1,52	1,37	1,80
13,5	13,8	13,7	16,8	11,3	11,3	11,6	12,2	1,52	1,52	1,37	1,80
13,6	13,9	13,7	16,7	11,4	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,36	1,80
13,5	13,9	13,7	16,7	11,4	11,2	11,6	12,0	1,52	1,52	1,36	1,79
13,6	13,8	13,7	16,8	11,3	11,3	11,5	12,0	1,52	1,51	1,37	1,79
13,5	13,8	13,7	16,7	11,4	11,2	11,6	12,0	1,52	1,51	1,37	1,80
13,5	13,9	13,7	16,7	11,5	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,37	1,80
13,6	13,8	13,8	16,8	11,5	11,3	11,4	12,1	1,53	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,4	11,5	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,9	11,5	11,2	11,4	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,6	13,8	13,7	16,9	11,5	11,2	11,4	12,2	1,51	1,50	1,35	1,80
13,7	13,8	13,7	17,0	11,4	11,3	11,4	12,2	1,50	1,50	1,36	1,80
13,7	13,8	13,7	17,0	11,5	11,3	11,5	12,3	1,50	1,50	1,35	1,80
13,7	13,7	13,7	16,9	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,49	1,35	1,80
13,6	13,7	13,7	16,9	11,5	11,2	11,4	12,3	1,50	1,50	1,36	1,80
13,6	13,7	13,7	16,8	11,6	11,1	11,5	12,2	1,49	1,50	1,36	1,80
13,7	13,6	13,8	16,8	11,6	11,1	11,5	12,3	1,50	1,50	1,35	1,80
13,7	13,6	13,8	16,8	11,5	11,0	11,5	12,2	1,51	1,51	1,36	1,79
13,8	13,6	13,7	16,9	11,5	11,0	11,6	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,5	11,1	11,5	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	10,9	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,9	16,9	11,7	10,9	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,9	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,53	1,51	1,34	1,80
13,8	13,4	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	14,0	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	14,0	16,9	11,8	10,9	11,5	12,2	1,54	1,51	1,35	1,80
13,9	13,5	13,9	17,0	11,7	10,8	11,5	12,3	1,55	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,0	11,5	12,3	1,54	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,7	11,1	11,5	12,3	1,55	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,8	17,1	11,6	11,1	11,6	12,2	1,54	1,51	1,36	1,80
14,0	13,7	13,8	17,0	11,5	11,2	11,6	12,2	1,54	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,9	16,9	11,5	11,2	11,6	12,3	1,54	1,50	1,36	1,80
13,9	13,8	13,8	16,9	11,6	11,3	11,5	12,3	1,54	1,51	1,37	1,80
13,9	13,7	13,9	16,9	11,5	11,2	11,5	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,9	13,8	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,37	1,80
13,9	13,8	13,8	16,7	11,6	11,2	11,5	12,3	1,53	1,52	1,38	1,80
14,0	13,9	13,9	16,8	11,6	11,1	11,5	12,2	1,53	1,51	1,38	1,80





13,7	13,5	13,2	16,7	11,5	11,2	11,4	12,0	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,2	16,7	11,5	11,2	11,4	12,0	1,52	1,53	1,35	1,80
13,8	13,6	13,2	16,6	11,6	11,2	11,5	12,0	1,52	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,2	16,7	11,6	11,2	11,5	12,0	1,51	1,52	1,35	1,80
13,8	13,6	13,1	16,8	11,5	11,1	11,6	12,1	1,51	1,53	1,35	1,79
13,7	13,5	13,1	16,8	11,5	11,1	11,5	12,1	1,52	1,52	1,36	1,80
13,7	13,4	13,0	16,9	11,6	11,0	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,0	16,9	11,7	11,1	11,5	12,1	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,4	13,0	16,8	11,6	11,2	11,6	12,1	1,52	1,50	1,36	1,80
13,8	13,4	13,0	16,9	11,6	11,2	11,5	12,0	1,52	1,49	1,36	1,80
13,8	13,3	13,0	16,9	11,7	11,1	11,6	12,0	1,53	1,50	1,35	1,80
13,7	13,3	13,0	16,9	11,7	11,2	11,5	11,9	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,3	12,9	16,8	11,7	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,3	12,9	16,8	11,6	11,3	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	12,9	16,9	11,7	11,3	11,6	12,1	1,52	1,52	1,34	1,80
13,7	13,4	13,0	16,9	11,7	11,2	11,7	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,3	13,0	16,7	11,6	11,2	11,6	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,3	13,1	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,2	12,9	16,7	11,5	11,3	11,6	12,3	1,53	1,50	1,36	1,80
13,6	13,2	12,8	16,8	11,5	11,4	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,3	13,1	16,9	11,4	11,4	11,7	12,3	1,54	1,52	1,37	1,80
13,7	13,3	13,1	16,8	11,4	11,3	11,6	12,3	1,53	1,52	1,37	1,80
13,7	13,3	13,0	16,7	11,4	11,3	11,7	12,2	1,53	1,52	1,36	1,80
13,8	13,3	13,0	16,8	11,5	11,2	11,8	12,2	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,3	13,0	16,8	11,5	11,3	11,7	12,3	1,52	1,50	1,37	1,80
13,8	13,4	12,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,3	12,8	16,7	11,6	11,3	11,7	12,2	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,4	13,0	16,7	11,5	11,4	11,7	12,4	1,51	1,51	1,38	1,80
13,8	13,4	13,0	16,6	11,5	11,4	11,8	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,9	13,5	13,0	16,7	11,5	11,3	11,9	12,4	1,50	1,52	1,37	1,80
13,9	13,5	13,1	16,7	11,6	11,2	11,9	12,2	1,52	1,52	1,37	1,80
13,9	13,5	13,1	16,6	11,5	11,3	11,9	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
13,8	13,5	13,1	16,6	11,6	11,2	11,8	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,8	13,6	13,1	16,5	11,6	11,3	11,8	12,2	1,50	1,51	1,37	1,80
13,8	13,6	13,1	16,5	11,6	11,4	11,9	12,3	1,51	1,52	1,37	1,80

Tablica B.17.2. Izmjerene vrijednosti 17. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne



ne	da	da	ne	ne	da	ne	ne
----	----	----	----	----	----	----	----

## 18. parcijalni proces

Tablica B.18.1. Izmjerene vrijednosti 18. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,4	12,7	16,8	11,3	11,1	11,5	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,4	12,7	16,8	11,3	11,1	11,6	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,4	12,7	16,8	11,4	11,1	11,5	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,4	12,8	16,8	11,3	11,2	11,6	12,0	1,51	1,52	1,37	1,80
13,6	13,5	12,8	16,7	11,4	11,2	11,5	11,9	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,5	12,8	16,7	11,4	11,2	11,6	11,9	1,50	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	12,8	16,7	11,3	11,3	11,6	11,8	1,49	1,51	1,36	1,81
13,5	13,4	12,7	16,7	11,3	11,2	11,6	11,7	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,4	12,8	16,7	11,4	11,3	11,5	11,7	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,5	12,8	16,8	11,4	11,2	11,6	11,7	1,51	1,51	1,36	1,80
13,6	13,5	12,7	16,8	11,5	11,2	11,6	11,6	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	12,8	16,7	11,4	11,3	11,5	11,7	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	12,9	16,7	11,4	11,3	11,4	11,7	1,50	1,52	1,35	1,80
13,8	13,6	12,9	16,7	11,5	11,3	11,5	11,7	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	12,9	16,8	11,4	11,2	11,4	11,8	1,52	1,53	1,34	1,80
13,7	13,5	12,9	16,8	11,5	11,3	11,5	11,8	1,52	1,53	1,35	1,81
13,8	13,5	13,0	16,8	11,4	11,2	11,5	11,7	1,52	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,0	16,7	11,5	11,2	11,5	11,8	1,52	1,52	1,36	1,80
13,8	13,5	13,0	16,7	11,5	11,3	11,5	11,8	1,52	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,0	16,6	11,5	11,2	11,6	11,9	1,52	1,52	1,35	1,80
13,8	13,5	13,0	16,6	11,5	11,2	11,5	11,9	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,1	16,7	11,5	11,3	11,6	11,9	1,51	1,51	1,35	1,80
13,9	13,5	13,1	16,8	11,5	11,3	11,6	12,0	1,52	1,50	1,35	1,80
13,9	13,5	13,0	16,7	11,5	11,4	11,5	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,8	13,5	13,1	16,8	11,5	11,4	11,5	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80
13,8	13,4	13,1	16,8	11,6	11,5	11,6	12,1	1,53	1,49	1,35	1,80
13,8	13,5	13,2	16,8	11,6	11,4	11,5	12,1	1,53	1,50	1,36	1,79
13,8	13,5	13,2	16,7	11,7	11,4	11,6	12,2	1,53	1,49	1,35	1,80
13,9	13,5	13,2	16,7	11,6	11,5	11,6	12,2	1,52	1,50	1,35	1,80
13,9	13,6	13,1	16,8	11,7	11,4	11,6	12,2	1,52	1,50	1,36	1,80
14,0	13,6	13,1	16,8	11,6	11,4	11,5	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
14,0	13,7	12,9	16,9	11,6	11,4	11,5	12,1	1,52	1,50	1,36	1,80
13,9	13,6	13,0	16,9	11,6	11,3	11,5	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80
13,9	13,7	13,0	16,8	11,6	11,3	11,6	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,0	16,8	11,5	11,3	11,6	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	12,9	16,8	11,5	11,3	11,7	12,2	1,53	1,50	1,34	1,81
13,9	13,6	12,8	16,7	11,5	11,3	11,7	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	12,9	16,7	11,4	11,3	11,7	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80







13,7	13,6	13,3	16,8	11,3	11,1	11,4	12,1	1,51	1,52	1,36	1,79
13,7	13,5	13,3	16,7	11,3	11,1	11,4	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,4	16,7	11,3	11,2	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,4	16,7	11,3	11,2	11,3	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,3	16,8	11,4	11,1	11,3	12,2	1,52	1,50	1,36	1,80
13,7	13,6	13,4	16,7	11,4	11,1	11,4	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80
13,7	13,6	13,3	16,7	11,5	11,2	11,5	12,1	1,51	1,49	1,36	1,80
13,7	13,5	13,3	16,8	11,4	11,2	11,4	12,2	1,51	1,50	1,35	1,80
13,7	13,5	13,3	16,8	11,4	11,1	11,5	12,2	1,52	1,49	1,34	1,81
13,7	13,5	13,3	16,8	11,5	11,1	11,4	12,0	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,4	16,8	11,5	11,0	11,5	11,9	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,4	16,8	11,5	10,9	11,5	11,9	1,52	1,51	1,34	1,80
13,7	13,5	13,4	16,8	11,5	10,9	11,5	12,0	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,4	16,8	11,5	11,0	11,4	11,8	1,53	1,50	1,35	1,80
13,8	13,6	13,3	16,7	11,6	11,0	11,5	11,8	1,53	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,3	16,7	11,5	11,0	11,5	11,7	1,53	1,51	1,36	1,81
13,7	13,6	13,4	16,6	11,6	11,1	11,5	11,7	1,53	1,51	1,35	1,80
13,7	13,7	13,4	16,6	11,5	11,1	11,4	11,8	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,4	16,6	11,6	11,2	11,5	11,8	1,52	1,52	1,34	1,80
13,7	13,7	13,4	16,6	11,6	11,2	11,4	11,8	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,8	13,4	16,6	11,5	11,2	11,5	11,7	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,7	13,3	16,6	11,5	11,3	11,5	11,7	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,7	13,3	16,7	11,6	11,1	11,6	11,7	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,3	16,7	11,5	11,3	11,6	11,8	1,54	1,50	1,37	1,80
13,7	13,7	13,3	16,8	11,5	11,2	11,6	11,8	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,3	16,8	11,4	11,2	11,7	11,8	1,53	1,50	1,36	1,79
13,6	13,7	13,4	16,7	11,4	11,1	11,6	11,8	1,52	1,51	1,37	1,80
13,6	13,8	13,4	16,7	11,4	11,3	11,6	11,9	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,4	16,7	11,5	11,3	11,6	11,9	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,3	16,7	11,5	11,3	11,6	12,0	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,7	13,3	16,7	11,6	11,2	11,5	12,0	1,52	1,51	1,37	1,80
13,7	13,6	13,3	16,7	11,6	11,3	11,6	12,0	1,51	1,52	1,37	1,80
13,6	13,7	13,3	16,7	11,6	11,2	11,7	12,0	1,50	1,52	1,37	1,80
13,5	13,7	13,2	16,6	11,5	11,2	11,7	12,0	1,50	1,52	1,38	1,80
13,6	13,7	13,2	16,6	11,5	11,2	11,7	12,0	1,51	1,50	1,38	1,80
13,6	13,6	13,2	16,7	11,4	11,2	11,7	11,9	1,52	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,2	16,7	11,4	11,1	11,7	11,9	1,52	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,2	16,7	11,4	11,2	11,7	11,9	1,51	1,50	1,38	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	ne	da	da	ne	da	ne

## 20. parcijalni proces

Tablica B.20.1. Izmjerene vrijednosti 20. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,9	13,6	13,6	16,8	11,1	11,0	11,0	12,1	1,53	1,52	1,35	1,80
13,9	13,6	13,6	16,8	11,1	11,0	11,1	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,7	16,8	11,1	11,0	11,0	12,1	1,53	1,52	1,35	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,2	11,0	11,0	12,2	1,52	1,52	1,36	1,80
13,8	13,5	13,6	16,7	11,2	11,0	11,2	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,3	11,1	11,2	12,3	1,51	1,52	1,36	1,81
13,8	13,6	13,6	16,7	11,3	11,1	11,2	12,2	1,52	1,51	1,37	1,80
13,9	13,6	13,6	16,8	11,3	11,1	11,2	12,3	1,51	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,7	16,7	11,4	11,2	11,3	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,4	11,1	11,3	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,4	11,1	11,3	12,3	1,50	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	16,8	11,5	11,2	11,3	12,3	1,49	1,50	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,5	11,2	11,4	12,3	1,50	1,50	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,3	1,51	1,49	1,35	1,80
13,7	13,7	13,7	16,7	11,4	11,3	11,4	12,3	1,51	1,50	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,3	12,3	1,45	1,50	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,4	11,2	11,3	12,2	1,50	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,7	11,4	11,2	11,3	12,2	1,50	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,2	11,4	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,4	12,2	1,49	1,50	1,36	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,2	1,51	1,50	1,36	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,5	11,3	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,5	11,4	11,6	12,2	1,52	1,52	1,34	1,80
13,9	13,5	13,6	16,9	11,4	11,4	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,4	11,4	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,81
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,4	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,5	13,9	16,9	11,6	11,4	11,6	12,0	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,5	13,8	16,9	11,6	11,4	11,5	12,0	1,53	1,50	1,35	1,80

13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,4	11,5	12,0	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,5	12,0	1,53	1,51	1,35	1,80
14,0	13,6	13,9	16,9	11,6	11,3	11,5	12,0	1,53	1,52	1,35	1,80
14,0	13,6	13,8	16,9	11,6	11,2	11,5	12,0	1,53	1,53	1,35	1,80
14,1	13,7	13,8	17,0	11,6	11,2	11,6	12,0	1,53	1,52	1,36	1,80
14,1	13,7	13,8	17,1	11,5	11,2	11,5	12,1	1,53	1,52	1,35	1,80
14,1	13,6	13,8	17,0	11,6	11,3	11,6	12,1	1,53	1,52	1,35	1,80
14,0	13,6	13,8	17,1	11,5	11,3	11,5	12,1	1,54	1,52	1,34	1,81
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,2	1,54	1,52	1,35	1,80
13,9	13,7	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,53	1,52	1,35	1,80
14,0	13,7	13,8	16,8	11,6	11,2	11,6	12,3	1,53	1,52	1,35	1,80
14,0	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,7	12,2	1,53	1,53	1,35	1,81
14,0	13,6	13,8	16,9	11,5	11,3	11,7	12,3	1,52	1,52	1,35	1,80
14,1	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,53	1,52	1,36	1,80
14,1	13,6	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
14,0	13,7	13,7	16,9	11,5	11,2	11,7	12,3	1,51	1,51	1,36	1,80
14,9	13,7	13,7	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,51	1,53	1,35	1,80
13,9	13,7	13,7	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,50	1,53	1,36	1,80
13,9	13,6	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,8	13,6	13,8	17,0	11,5	11,2	11,7	12,3	1,50	1,52	1,37	1,80
13,8	13,6	13,7	17,0	11,5	11,3	11,7	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,9	13,6	13,8	17,0	11,5	11,3	11,6	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,8	13,7	13,8	17,0	11,6	11,4	11,7	12,4	1,51	1,52	1,38	1,80

Tablica B.20.2. Izmjerene vrijednosti 20. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne

da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	da	ne	ne

## 21. parcijalni proces

Tablica B.21.1. Izmjerene vrijednosti 21. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
12,0	13,2	13,6	16,5	11,2	11,1	11,5	12,0	1,50	1,53	1,37	1,80
12,0	13,2	13,6	16,5	11,2	11,1	11,5	12,1	1,51	1,53	1,37	1,80
12,1	13,2	13,5	16,5	11,2	11,3	11,4	12,0	1,50	1,52	1,37	1,80
12,2	13,2	13,6	16,6	11,3	11,1	11,4	11,9	1,50	1,52	1,37	1,80
12,1	13,2	13,5	16,6	11,2	11,2	11,5	11,9	1,50	1,52	1,37	1,80
12,2	13,3	13,6	16,7	11,3	11,1	11,5	11,9	1,51	1,51	1,36	1,80
12,3	13,3	13,6	16,6	11,3	11,2	11,5	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
12,3	13,3	13,5	16,7	11,2	11,3	11,5	12,0	1,51	1,51	1,37	1,80
12,3	13,3	13,5	16,7	11,2	11,3	11,5	12,1	1,50	1,51	1,37	1,80
12,4	13,4	13,6	16,8	11,3	11,2	11,5	12,1	1,50	1,50	1,37	1,80
12,3	13,4	13,7	16,7	11,3	11,2	11,4	12,1	1,50	1,50	1,36	1,80
12,4	13,4	13,7	16,7	11,3	11,3	11,5	12,1	1,50	1,50	1,36	1,80
12,4	13,5	13,7	16,8	11,3	11,3	11,4	12,3	1,50	1,49	1,36	1,81
12,5	13,6	13,6	16,7	11,5	11,3	11,4	12,2	1,50	1,48	1,36	1,80
12,5	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,4	12,2	1,51	1,50	1,34	1,81
12,5	13,5	13,7	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,51	1,50	1,35	1,80
12,6	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,3	1,50	1,50	1,35	1,80
12,6	13,6	13,6	16,7	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,50	1,36	1,80
12,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,1	11,5	12,2	1,51	1,50	1,36	1,80
12,7	13,6	13,6	16,8	11,5	11,1	11,5	12,2	1,50	1,50	1,36	1,80
12,7	13,5	13,6	16,7	11,5	11,1	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
12,8	13,6	13,6	16,8	11,4	11,2	11,4	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
12,8	13,5	13,6	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
12,9	13,5	13,6	16,8	11,5	11,3	11,4	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
12,9	13,4	13,7	16,8	11,6	11,4	11,5	12,1	1,52	1,51	1,34	1,80
12,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,3	11,6	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
12,8	13,5	13,7	16,8	11,6	11,4	11,5	12,1	1,54	1,51	1,35	1,80
12,9	13,5	13,7	16,8	11,7	11,4	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,0	13,6	13,8	16,8	11,7	11,4	11,6	12,3	1,54	1,51	1,35	1,80
13,0	13,5	13,7	16,8	11,7	11,4	11,5	12,2	1,54	1,51	1,36	1,80
13,0	13,6	13,7	16,8	11,6	11,4	11,5	12,3	1,54	1,51	1,36	1,80
13,0	13,6	13,9	16,7	11,5	11,4	11,5	12,3	1,53	1,52	1,36	1,80
13,0	13,7	13,8	16,7	11,6	11,3	11,5	12,3	1,53	1,52	1,36	1,80
13,0	13,7	13,8	16,7	11,6	11,3	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,1	13,6	13,8	16,8	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,1	13,5	13,9	16,9	11,5	11,3	11,5	12,2	1,53	1,52	1,37	1,80
13,1	13,5	13,8	16,9	11,5	11,3	11,5	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,1	13,5	13,9	16,9	11,5	11,3	11,6	12,2	1,52	1,52	1,37	1,80
13,1	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,7	12,3	1,53	1,52	1,37	1,80
13,0	13,6	13,7	16,9	11,6	11,2	11,7	12,2	1,53	1,52	1,38	1,80
13,0	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,8	12,2	1,52	1,51	1,38	1,80





da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	ne	da	ne

## 22. parcijalni proces

Tablica B.22.1. Izmjerene vrijednosti 221. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,3	13,5	13,3	16,5	11,0	11,3	11,5	12,1	1,51	1,52	1,38	1,80
13,3	13,5	13,3	16,5	11,0	11,3	11,5	12,1	1,50	1,52	1,38	1,80
13,3	13,6	13,3	16,6	11,0	11,3	11,5	12,2	1,50	1,52	1,38	1,80
13,4	13,6	13,4	16,6	11,1	11,2	11,5	12,1	1,51	1,52	1,37	1,80
13,4	13,5	13,4	16,7	11,0	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,81
13,4	13,6	13,3	16,6	11,4	10,9	11,6	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,4	13,6	13,4	16,7	11,3	10,9	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,4	13,6	13,3	16,7	11,4	10,8	11,6	12,3	1,49	1,51	1,37	1,80
13,5	13,5	13,3	16,7	11,4	10,8	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,5	13,6	13,3	16,8	11,4	10,9	11,6	12,2	1,50	1,51	1,37	1,80
13,5	13,7	13,2	16,8	11,5	10,9	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,2	16,7	11,4	10,8	11,5	12,3	1,51	1,52	1,36	1,79
13,7	13,7	13,2	16,7	11,5	10,9	11,4	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
13,7	13,6	13,1	16,8	11,5	10,9	11,5	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,6	13,1	16,8	11,4	11,0	11,5	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,1	16,8	11,4	11,0	11,5	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,1	16,7	11,4	11,1	11,5	12,1	1,51	1,51	1,34	1,80

13,7	13,6	13,1	16,7	11,5	11,2	11,4	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,2	16,6	11,5	11,2	11,4	11,9	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,2	16,7	11,5	11,1	11,5	11,9	1,51	1,51	1,36	1,79
13,7	13,5	13,2	16,7	11,5	11,2	11,4	12,0	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,1	16,6	11,5	11,1	11,6	12,0	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,0	16,8	11,5	11,2	11,5	12,0	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,0	16,8	11,6	11,1	11,6	12,0	1,51	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,0	16,9	11,5	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,0	16,8	11,6	11,1	11,4	12,1	1,53	1,50	1,35	1,80
13,9	13,5	13,1	16,8	11,6	11,1	11,5	12,1	1,52	1,49	1,36	1,80
13,8	13,5	13,1	16,9	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,36	1,80
13,8	13,5	13,1	16,9	11,7	11,0	11,4	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,2	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,81
13,9	13,6	13,2	16,8	11,6	11,1	11,5	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,2	16,8	11,6	11,1	11,5	12,2	1,53	1,52	1,34	1,80
13,8	13,7	13,0	16,8	11,6	11,2	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,1	16,7	11,6	11,2	11,6	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,0	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,8	12,9	16,8	11,5	11,3	11,5	12,4	1,53	1,50	1,36	1,80
13,9	13,7	13,0	16,8	11,4	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,9	13,7	13,1	16,9	11,5	11,3	11,7	12,3	1,53	1,51	1,37	1,80
13,9	13,7	13,1	16,8	11,5	11,1	11,7	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,0	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,51	1,37	1,80
13,8	13,7	13,0	16,7	11,6	11,2	11,7	12,2	1,53	1,51	1,37	1,80
13,7	13,7	12,9	16,8	11,5	11,3	11,7	12,2	1,52	1,50	1,37	1,80
13,7	13,7	12,8	16,7	11,6	11,3	11,7	12,1	1,52	1,51	1,37	1,80
13,7	13,7	13,0	16,8	11,6	11,3	11,7	12,1	1,52	1,51	1,37	1,80
13,8	13,7	13,0	16,7	11,5	11,1	11,7	12,1	1,51	1,51	1,37	1,80
13,8	13,8	13,0	16,7	11,4	11,1	11,7	12,0	1,51	1,52	1,36	1,80
13,9	13,7	13,1	16,7	11,5	11,1	11,6	12,0	1,50	1,53	1,36	1,80
13,9	13,6	13,1	16,7	11,5	11,0	11,6	11,9	1,50	1,52	1,36	1,80
13,8	13,7	13,2	16,6	11,5	11,0	11,6	11,8	1,49	1,50	1,36	1,80
13,8	13,6	13,1	16,6	11,5	11,0	11,6	11,8	1,50	1,52	1,37	1,80
13,8	13,7	13,1	16,7	11,4	10,9	11,6	11,9	1,50	1,52	1,37	1,80
13,9	13,6	13,1	16,7	11,3	10,9	11,5	11,9	1,51	1,51	1,37	1,80

*Tablica B.22.2. Izmjerene vrijednosti 22. parcijalnog procesa*

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne



ne	da	da	da	ne	ne	ne	ne
----	----	----	----	----	----	----	----

### 23. parcijalni proces

Tablica B.23.1. Izmjerene vrijednosti 23. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,2	13,5	13,3	16,4	11,1	11,2	11,2	12,0	1,52	1,54	1,37	1,80
13,2	13,5	13,3	16,4	11,1	11,1	11,2	12,0	1,51	1,54	1,36	1,80
13,2	13,5	13,1	16,5	11,1	11,1	11,2	11,9	1,51	1,54	1,37	1,80
13,3	13,6	13,2	16,4	11,2	11,2	11,2	11,9	1,50	1,53	1,37	1,80
13,3	13,5	13,1	16,5	11,1	11,2	11,1	11,9	1,50	1,53	1,36	1,80
13,3	13,5	13,2	16,6	11,0	11,2	11,2	11,8	1,51	1,53	1,36	1,79
13,3	13,5	13,2	16,6	11,0	11,3	11,2	11,8	1,51	1,53	1,37	1,80
13,4	13,6	13,2	16,7	11,0	11,2	11,3	11,8	1,51	1,53	1,36	1,80
13,4	13,6	13,2	16,7	11,1	11,3	11,2	11,8	1,50	1,53	1,36	1,80
13,5	13,6	13,2	16,8	11,1	11,2	11,3	11,9	1,50	1,53	1,36	1,80
13,3	13,5	13,3	16,7	11,1	11,3	11,3	12,0	1,49	1,52	1,36	1,80
13,3	13,5	13,3	16,7	11,2	11,3	11,3	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,3	13,7	13,3	16,7	11,2	11,3	11,4	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,3	13,6	13,2	16,8	11,2	11,2	11,3	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,3	13,6	13,2	16,7	11,3	11,2	11,4	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,3	13,5	13,1	16,8	11,3	11,2	11,3	12,1	1,50	1,52	1,35	1,80
13,2	13,5	13,1	16,8	11,4	11,2	11,3	12,1	1,49	1,52	1,35	1,80
13,2	13,6	13,1	16,7	11,5	11,2	11,3	12,2	1,50	1,52	1,36	1,79
13,2	13,5	13,0	16,8	11,5	11,2	11,4	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,2	13,6	13,0	16,7	11,5	11,2	11,4	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,2	13,5	13,0	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,1	13,6	13,0	16,8	11,5	11,1	11,4	12,2	1,51	1,53	1,36	1,80
13,1	13,5	13,0	16,7	11,5	11,2	11,4	12,1	1,52	1,52	1,35	1,80
13,1	13,5	12,9	16,9	11,4	11,3	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,0	13,4	12,9	16,9	11,4	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,0	13,5	12,9	16,8	11,5	11,3	11,5	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,0	13,5	12,9	16,7	11,6	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
12,8	13,5	12,8	16,9	11,7	11,3	11,5	12,2	1,53	1,51	1,37	1,80
12,9	13,6	12,8	16,9	11,7	11,4	11,5	12,2	1,53	1,50	1,37	1,80
12,9	13,5	13,9	16,8	11,7	11,4	11,5	12,2	1,53	1,49	1,37	1,80
13,0	13,6	13,0	16,8	11,6	11,3	11,5	12,2	1,52	1,50	1,37	1,81
13,0	13,7	13,0	16,9	11,6	11,3	11,5	12,2	1,52	1,50	1,37	1,80
13,0	13,6	13,0	16,8	11,5	11,2	11,5	12,3	1,52	1,50	1,36	1,80
13,1	13,6	13,1	16,7	11,6	11,2	11,5	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,1	13,7	13,1	16,7	11,5	11,2	11,6	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,1	13,6	13,0	17,0	11,5	11,3	11,5	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,1	13,6	13,0	16,8	11,4	11,3	11,6	12,1	1,53	1,51	1,36	1,80
13,2	13,6	13,0	16,9	11,4	11,4	11,5	12,1	1,53	1,50	1,35	1,80



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	ne	da	ne	ne	ne	ne

## 24. parcijalni proces

Tablica B.24.1. Izmjerene vrijednosti 24. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,6	13,5	13,5	16,5	11,2	11,1	11,5	12,0	1,51	1,53	1,35	1,80
13,6	13,5	13,5	16,6	11,2	11,1	11,5	12,0	1,50	1,53	1,35	1,80
13,6	13,5	13,7	16,5	11,3	11,1	11,5	12,0	1,50	1,52	1,35	1,80
13,5	13,5	13,6	16,6	11,2	11,2	11,5	12,0	1,50	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,7	11,2	11,2	11,5	12,0	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,5	13,6	16,6	11,3	11,2	11,6	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,5	13,6	13,6	16,7	11,3	11,3	11,6	12,0	1,52	1,51	1,35	1,80
13,5	13,5	13,7	16,7	11,4	11,3	11,6	12,0	1,52	1,51	1,35	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,4	11,4	11,5	12,1	1,51	1,50	1,37	1,81
13,6	13,6	13,8	16,8	11,4	11,4	11,5	12,1	1,51	1,49	1,37	1,80
13,6	13,5	13,8	16,8	11,5	11,4	11,4	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,6	13,4	13,8	16,8	11,4	11,3	11,5	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,5	13,4	13,8	16,9	11,5	11,2	11,4	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,5	13,4	13,8	17,0	11,5	11,1	11,3	12,2	1,40	1,51	1,35	1,80

13,7	13,4	13,7	17,0	11,4	11,0	11,4	12,3	1,49	1,51	1,35	1,80
13,6	13,5	13,7	16,9	11,3	11,0	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,6	13,5	13,8	16,9	11,4	11,0	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,4	13,7	16,8	11,4	11,0	11,5	12,2	1,49	1,51	1,36	1,80
13,6	13,5	13,7	16,8	11,4	10,9	11,4	12,2	1,50	1,51	1,35	1,81
13,7	13,4	13,6	16,8	11,5	10,9	11,4	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	10,9	11,5	12,1	1,51	1,52	1,35	1,81
13,7	13,5	13,7	16,8	11,5	11,0	11,6	12,1	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	10,9	11,5	12,0	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,9	11,5	11,0	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,4	13,7	16,8	11,5	11,1	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,6	11,0	11,5	12,1	1,52	1,50	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,7	11,1	11,6	12,2	1,53	1,50	1,34	1,80
13,7	13,6	13,8	16,9	11,6	11,1	11,6	12,2	1,53	1,49	1,35	1,80
13,7	13,5	13,9	16,8	11,7	11,1	11,5	12,2	1,53	1,51	1,34	1,80
13,7	13,6	13,9	16,8	11,6	11,2	11,5	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,6	12,1	1,54	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,8	16,9	11,6	11,2	11,5	12,3	1,54	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,8	16,8	11,6	11,1	11,6	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	17,0	11,5	11,1	11,6	12,2	1,53	1,51	1,35	1,80
13,8	13,7	13,7	16,9	11,5	11,2	11,6	12,3	1,54	1,50	1,36	1,80
13,7	13,7	13,6	16,9	11,5	11,1	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,6	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,8	13,7	13,6	16,9	11,5	11,0	11,6	12,3	1,53	1,50	1,37	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,6	11,0	11,6	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,6	11,0	11,6	12,3	1,52	1,51	1,36	1,81
13,8	13,7	13,6	16,8	11,7	11,0	11,7	12,3	1,52	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	16,9	11,6	11,2	11,7	12,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,6	11,2	11,7	12,2	1,52	1,51	1,36	1,80
13,7	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,7	12,2	1,51	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,51	1,53	1,37	1,80
13,8	13,6	13,7	16,7	11,5	11,2	11,6	12,3	1,50	1,53	1,37	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,5	11,2	11,6	12,2	1,50	1,52	1,37	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,7	12,3	1,50	1,50	1,37	1,80
13,7	13,6	13,7	16,6	11,4	11,2	11,8	12,3	1,51	1,52	1,37	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,4	11,3	11,7	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,7	12,3	1,50	1,52	1,36	1,81





da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	ne	da	ne

## 25. parcijalni proces

Tablica B.25.1. Izmjerene vrijednosti 25. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,5	13,8	13,3	16,5	11,3	11,1	11,8	12,9	1,51	1,54	1,37	1,80
13,5	13,8	13,3	16,5	11,3	11,3	11,8	12,9	1,51	1,54	1,36	1,80
13,6	13,8	13,3	16,6	11,3	11,1	11,8	12,9	1,51	1,54	1,37	1,81
13,5	13,8	13,3	16,6	11,3	11,2	11,8	12,9	1,52	1,54	1,37	1,80
13,6	13,7	13,4	16,5	11,2	11,2	11,7	13,0	1,52	1,54	1,36	1,80
13,6	13,7	13,4	16,5	11,2	11,2	11,7	13,1	1,51	1,53	1,36	1,80
13,5	13,6	13,3	16,6	11,1	11,3	11,7	13,1	1,51	1,53	1,36	1,80
13,6	13,6	13,4	16,7	11,1	11,2	11,6	13,2	1,50	1,53	1,36	1,80
13,6	13,6	13,4	16,7	11,1	11,3	11,7	13,3	1,51	1,53	1,37	1,80
13,5	13,6	13,4	16,6	11,0	11,3	11,7	13,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,4	16,6	11,0	11,4	11,8	13,3	1,50	1,53	1,36	1,80
13,6	13,7	13,4	16,7	11,0	11,3	11,8	13,3	1,50	1,53	1,36	1,80
13,7	13,7	13,4	16,8	10,9	11,3	11,8	13,3	1,50	1,53	1,35	1,80
13,8	13,6	13,6	16,7	10,8	11,3	11,8	13,4	1,49	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,4	16,8	10,9	11,3	11,9	13,4	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	10,9	11,2	11,9	13,3	1,50	1,52	1,35	1,81
13,7	13,7	13,7	16,8	11,0	11,2	11,9	13,4	1,51	1,53	1,34	1,80
13,8	13,6	13,7	16,7	11,0	11,3	11,8	13,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,7	11,0	11,2	11,8	13,5	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,0	11,2	11,8	13,5	1,50	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,1	11,2	11,7	13,5	1,51	1,53	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,1	11,1	11,6	13,5	1,52	1,53	1,35	1,80
13,8	13,5	13,6	16,7	11,1	11,2	11,6	13,4	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,1	11,2	11,6	13,4	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,6	13,7	16,8	11,1	11,2	11,7	13,5	1,53	1,51	1,34	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,1	11,2	11,6	13,5	1,52	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,6	16,8	11,1	11,2	11,7	13,4	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,6	16,9	11,1	11,1	11,6	13,5	1,52	1,50	1,36	1,80
13,8	13,6	13,6	16,8	11,1	11,1	11,7	13,5	1,52	1,49	1,36	1,80

13,9	13,7	13,6	16,8	11,1	11,1	11,7	13,4	1,52	1,51	1,35	1,80
13,9	13,6	13,6	16,8	11,2	11,2	11,7	13,3	1,52	1,51	1,36	1,79
13,9	13,7	13,6	16,8	11,2	11,1	11,7	13,3	1,52	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,5	16,8	11,2	11,2	11,6	13,3	1,53	1,53	1,36	1,80
13,9	13,7	13,5	16,8	11,2	11,2	11,6	13,4	1,53	1,51	1,36	1,80
13,8	13,7	13,5	16,7	11,1	11,1	11,6	13,4	1,53	1,51	1,37	1,80
13,9	13,8	13,6	16,8	11,1	11,2	11,6	13,4	1,51	1,51	1,36	1,80
13,9	13,8	13,5	16,9	11,1	11,3	11,6	13,3	1,51	1,51	1,36	1,80
13,8	13,8	13,5	16,9	11,2	11,3	11,5	13,3	1,52	1,52	1,37	1,80
13,9	13,7	13,4	16,8	11,2	11,2	11,5	13,4	1,52	1,52	1,37	1,80
13,8	13,8	13,4	16,8	11,2	11,2	11,5	13,4	1,53	1,52	1,37	1,81
13,9	13,8	13,4	16,7	11,1	11,2	11,6	13,4	1,53	1,51	1,38	1,80
13,8	13,7	13,3	16,8	11,1	11,3	11,6	13,4	1,52	1,50	1,38	1,80
13,8	13,7	13,3	16,7	11,1	11,2	11,7	13,5	1,52	1,51	1,39	1,80
13,9	13,7	13,2	16,8	11,0	11,2	11,7	13,5	1,52	1,51	1,38	1,80
13,9	13,8	13,3	16,7	11,0	11,1	11,7	13,5	1,51	1,51	1,38	1,80
14,0	13,8	13,1	16,7	11,0	11,1	11,7	13,5	1,51	1,51	1,38	1,80
13,9	13,8	13,2	16,6	11,0	11,1	11,7	13,4	1,50	1,52	1,39	1,81
13,9	13,9	13,2	16,7	11,0	11,2	11,7	13,5	1,50	1,52	1,39	1,80
13,9	14,0	13,2	16,6	11,0	11,2	11,8	13,4	1,50	1,50	1,38	1,80
13,9	14,1	13,2	16,6	10,9	11,2	11,8	13,5	1,51	1,49	1,38	1,80
13,8	14,0	13,2	16,5	10,9	11,1	11,7	13,4	1,50	1,50	1,39	1,80
13,9	14,0	13,2	16,5	10,9	11,1	11,7	13,4	1,51	1,51	1,39	1,81

Tablica B.25.2. Izmjerene vrijednosti 25. parcijalnog procesa

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne

da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	ne	ne	ne

## 26. parcijalni proces

Tablica B.26.1. Izmjerene vrijednosti 26. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,4	13,5	13,2	16,5	11,1	11,1	11,5	12,2	1,49	1,52	1,35	1,80
13,5	13,5	13,2	16,5	11,1	11,1	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,4	13,6	13,2	16,6	11,1	11,3	11,6	12,2	1,50	1,53	1,36	1,80
13,5	13,6	13,3	16,5	11,2	11,3	11,6	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,5	13,3	16,6	11,1	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,5	13,3	16,7	11,2	11,2	11,6	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,4	13,6	13,4	16,7	11,3	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,4	13,6	13,4	16,6	11,2	11,1	11,6	12,3	1,50	1,51	1,36	1,80
13,5	13,5	13,4	16,7	11,2	11,3	11,5	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,4	16,7	11,2	11,2	11,5	12,3	1,51	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,3	16,8	11,3	11,2	11,5	12,3	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,5	16,8	11,3	11,3	11,5	12,3	1,52	1,52	1,36	1,80
13,7	13,7	13,5	16,7	11,3	11,3	11,4	12,3	1,52	1,51	1,35	1,81
13,5	13,6	13,6	16,8	11,3	11,4	11,4	12,3	1,51	1,52	1,34	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,3	11,4	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,5	13,5	13,6	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,50	1,52	1,35	1,80
13,5	13,5	13,7	16,8	11,4	11,4	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,79
13,6	13,6	13,7	16,7	11,5	11,4	11,6	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	11,3	11,6	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,6	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,4	11,2	11,5	12,2	1,51	1,52	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,0	11,5	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,7	11,5	11,1	11,6	12,2	1,51	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,9	11,6	11,2	11,5	12,1	1,52	1,51	1,35	1,80
13,8	13,5	13,7	16,8	11,6	11,2	11,6	12,1	1,52	1,51	1,36	1,80
13,8	13,5	13,8	16,8	11,5	11,3	11,5	12,1	1,52	1,51	1,34	1,80
13,8	13,5	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,7	13,6	13,8	16,9	11,7	11,3	11,6	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,7	11,2	11,5	12,2	1,52	1,51	1,34	1,80
13,7	13,6	13,9	16,8	11,6	11,3	11,5	12,3	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,7	13,9	16,9	11,6	11,3	11,5	12,2	1,52	1,52	1,34	1,80
13,9	13,7	14,0	16,9	11,6	11,3	11,5	12,3	1,52	1,52	1,35	1,80
13,9	13,7	14,1	16,8	11,6	11,3	11,6	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,9	13,7	13,9	16,8	11,6	11,3	11,6	12,4	1,53	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	17,0	11,5	11,3	11,5	12,4	1,53	1,49	1,35	1,80
13,9	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,53	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	16,9	11,5	11,3	11,6	12,3	1,54	1,50	1,36	1,80
13,8	13,7	13,8	16,8	11,6	11,2	11,6	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,7	13,7	13,7	16,8	11,6	11,2	11,7	12,3	1,53	1,50	1,35	1,80
13,8	13,6	13,8	16,9	11,6	11,3	11,6	12,3	1,52	1,50	1,35	1,81



da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	ne	ne	ne	da	da	da	ne
ne	da	da	da	ne	ne	ne	ne

## 27. parcijalni proces

Tablica B.27.1. Izmjerene vrijednosti 27. parcijalnog procesa

C40	M40	Y40	K40	C80	M80	Y80	K80	C100	M100	Y100	K100
13,3	13,5	13,5	16,4	11,3	11,2	11,5	12,3	1,51	1,53	1,38	1,80
13,3	13,6	13,5	16,4	11,3	11,2	11,5	12,3	1,51	1,52	1,38	1,80
13,4	13,6	13,6	16,4	11,4	11,2	11,6	12,4	1,51	1,52	1,38	1,80
13,4	13,6	13,6	16,4	11,3	11,3	11,5	12,3	1,52	1,52	1,39	1,81
13,5	13,5	13,6	16,5	11,4	11,2	11,5	12,4	1,52	1,52	1,38	1,80
13,4	13,5	13,6	16,5	11,4	11,2	11,6	12,3	1,52	1,52	1,37	1,80
13,5	13,5	13,6	16,5	11,3	11,3	11,6	12,4	1,51	1,51	1,37	1,80
13,5	13,5	13,6	16,7	11,3	11,3	11,5	12,4	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,7	16,6	11,4	11,3	11,5	12,3	1,50	1,51	1,37	1,80
13,6	13,6	13,6	16,6	11,3	11,2	11,5	12,3	1,49	1,51	1,37	1,80
13,6	13,7	13,7	16,6	11,5	11,2	11,5	12,3	1,50	1,49	1,36	1,80
13,6	13,6	13,7	16,6	11,5	11,3	11,5	12,2	1,50	1,51	1,36	1,80
13,5	13,7	13,6	16,7	11,5	11,3	11,4	12,3	1,50	1,52	1,36	1,80
13,5	13,6	13,6	16,7	11,4	11,4	11,5	12,2	1,51	1,52	1,35	1,81
13,7	13,6	13,6	16,8	11,4	11,3	11,5	12,3	1,51	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,4	11,3	11,5	12,3	1,51	1,52	1,35	1,80
13,6	13,6	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,3	1,52	1,52	1,36	1,80

13,6	13,6	13,7	16,8	11,5	11,3	11,5	12,2	1,52	1,51	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,4	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,6	13,6	16,8	11,4	11,2	11,5	12,2	1,52	1,52	1,35	1,81
13,7	13,7	13,6	16,7	11,4	11,3	11,5	12,2	1,51	1,52	1,34	1,80
13,7	13,6	13,7	16,8	11,5	11,1	11,6	12,2	1,51	1,53	1,35	1,80
13,7	13,5	13,6	16,8	11,5	11,1	11,5	12,2	1,52	1,52	1,35	1,80
13,7	13,5	13,7	16,9	11,5	10,9	11,6	12,2	1,52	1,50	1,36	1,80
13,6	13,5	13,8	16,9	11,6	10,9	11,5	12,1	1,53	1,50	1,35	1,80
13,6	13,4	13,7	16,8	11,6	11,0	11,6	12,1	1,53	1,51	1,35	1,79
13,6	13,5	13,8	16,8	11,5	10,9	11,5	12,1	1,53	1,51	1,34	1,80
13,5	13,5	13,8	16,9	11,6	11,1	11,4	12,2	1,53	1,50	1,35	1,80
13,4	13,5	13,9	16,8	11,6	10,9	11,4	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,4	13,6	13,9	16,8	11,7	11,0	11,5	12,2	1,53	1,51	1,36	1,80
13,3	13,6	13,9	16,8	11,6	11,1	11,5	12,3	1,53	1,51	1,36	1,80
13,3	13,7	13,9	16,9	11,6	11,1	11,5	12,3	1,54	1,52	1,34	1,80
13,3	13,6	13,8	16,8	11,6	11,2	11,5	12,2	1,54	1,53	1,35	1,80
13,3	13,7	13,8	16,6	11,6	11,2	11,6	12,2	1,53	1,52	1,35	1,80
13,4	13,7	13,9	16,5	11,5	11,1	11,5	12,4	1,53	1,51	1,35	1,80
13,3	13,7	13,8	16,6	11,5	11,1	11,5	12,4	1,54	1,50	1,35	1,80
13,3	13,7	13,8	16,6	11,5	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,34	1,80
13,3	13,7	13,7	16,6	11,5	11,2	11,6	12,3	1,54	1,50	1,35	1,81
13,3	13,7	13,7	16,6	11,6	11,2	11,6	12,3	1,53	1,51	1,35	1,80
13,3	13,6	13,8	16,7	11,6	11,2	11,7	12,1	1,53	1,51	1,35	1,80
13,3	13,7	13,8	16,7	11,6	11,2	11,6	12,1	1,53	1,51	1,35	1,81
13,3	13,7	13,9	16,8	11,5	11,3	11,6	12,2	1,52	1,52	1,36	1,80
13,2	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,6	12,3	1,52	1,52	1,36	1,80
13,2	13,7	13,8	16,8	11,6	11,3	11,7	12,4	1,52	1,52	1,36	1,80
13,3	13,7	13,7	16,7	11,5	11,3	11,7	12,4	1,51	1,51	1,36	1,80
13,1	13,7	13,8	16,7	11,6	11,2	11,8	12,3	1,51	1,53	1,37	1,80
13,0	13,7	13,7	16,7	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,53	1,37	1,80
13,0	13,6	13,8	16,7	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,37	1,80
12,9	13,6	13,8	16,6	11,5	11,2	11,9	12,2	1,50	1,52	1,36	1,80
12,9	13,6	13,7	16,6	11,5	11,2	11,8	12,1	1,52	1,52	1,36	1,80
12,9	13,5	13,7	16,7	11,5	11,2	11,8	12,1	1,52	1,53	1,36	1,80
12,9	13,5	13,8	16,7	11,5	11,2	11,8	12,1	1,52	1,53	1,37	1,80

*Tablica B.27.2. Izmjerene vrijednosti 27. parcijalnog procesa*

REG. T.	SMIC.	DUBL.	RAZM.	SIVI B.	REG. S.	REG. R.	OTIR.
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne
da	ne	ne	ne	da	da	da	ne





ne	da	da	da	ne	da	ne	ne
----	----	----	----	----	----	----	----

## ŽIVOTOPIS

Mr.sc. Diana Bratiro ena je 1973. godine u Zagrebu gdje je i završila osnovnu i srednju školu. 1993. godine upisuje Grafički fakultet u Zagrebu, VI/I stupanj, a 2002. godine nastavlja školovanje na VII/I stupnju i 2004. godine stiče naziv diplomiranog inženjera grafičke tehnologije. Iste godine upisuje poslijediplomski znanstveni studij na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu, smjer Organizacija i management, te 2008. godine stiče naziv magistra ekonomskih znanosti. 2010. godine upisuje poslijediplomski doktorski studij na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, a godinu kasnije i na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu.

Nakon višegodišnjeg radnog iskustva u privredi (marketing i management), od siječnja 2008. godine u stalnom je radnom odnosu na Katedri za ekonomiju Grafičkog fakulteta u Zagrebu, a od listopada 2010. godine do travnja 2014. godine je i voditelj iste katedre.

Od travnja 2014. godine asistent je na Katedri za tiskarske procese.

Autor je osnaest znanstvenih radova od kojih je pet objavljeno u znanstvenim časopisima, a osnaest na međunarodnim znanstvenim skupovima.

Njezino područje interesa obuhvaća organizaciju i planiranje grafičke proizvodnje, kao i optimizaciju i kontrolu tiskarskih procesa.

Također je bila neposredni voditelj u izradi osnaest završnih radova i dva diplomatska rada.

Aktivno se koristi engleskim, njemačkim i talijanskim, a pasivno francuskim i španjolskim jezikom.

Članica je CAPM/IPMA-a, ISDS-a, HDG-a i HDE-a.

## POPIS RADOVA

### Znanstveni radovi u drugim časopisima

1. Bratić, D. (2012) The Role of ICT in Organizational Changes and Management in the Graphic Companies. *TTEM - Technics Technologies Education Management*. 7(4), str. 1580-1587.
2. Bratić, D. (2011) Six Sigma: A Key Driver for Process Improvement. *Communications of the IBIMA*. 1(2011), str. 1-13.
3. Bratić, D. (2011) Achieving a Competitive Advantage by SCM. *IBIMA Business Review*. 1(2011), str. 1-13.
4. Bratić, D. (2009) Knowledge and Knowledge Management as a Competitive Advantage. *Acta graphica*. 20(1-4), str. 43-49.
5. Jakaša, T., Bratić, D., Iliopoulos, F. (2009) The impact of changing business environment on risk types. *Ekonomska istraživanja*. 22 (4), str. 52-69.

### Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom

1. Bratić, D., Žeželj, T., Kirša, D. (2014) Rješavanje problema unutarnjeg transporta u tiskarama primjenom linearnog programiranja. U: Mikota M., ur. *Proceedings of 18th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić, 01.-04.10.2014.*, Senj, Hrvatska. Zagreb: Hrvatsko društvo grafičara, str. 36-46.
2. Bratić, D. (2014) Projektni menadžment i virtualni projektni ured u grafičkoj proizvodnji. U: Žiljak Vujić, J., ur. *Zbornik radova Tiskarstvo i dizajn 2014, 14.-15.02.2014.*, Tuheljske toplice, Hrvatska. Zagreb: FS, FotoSoft, str. 198-203.
3. Bratić, D. (2012) Optimization of the Operations and Planning in Bookbinding Production. U: Mikota M., ur. *Proceedings of 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić, 26.-29.09.2012.*, Senj, Hrvatska. Zagreb: Hrvatsko društvo grafičara, str. 336-374.
4. Bratić, D., Načinović, I. (2012) An assessment of independent factors shaping knowledge management in project work. U: Galetić, L., Šimurina, J., ur. *Proceedings of the 6th International Conference An Enterprise Odyssey: Corporate governance and public policy — path to sustainable future, 13.-16.06.2012.*, Šibenik, Hrvatska. Zagreb: Ekonomski fakultet, str. 1116-1131.
5. Bratić, D. (2010) BSC as a Tool of Strategic Management: Croatian Industrial Companies Case Study. U: Galetić, L., Spremić, M., Ivanov, M., ur. *Proceedings of 4th International*

Conference *An Enterprise Odyssey: From Crisis to Prosperity - Challenges for Government and Business*, 26.-29.05.2010., Opatija, Hrvatska. Zagreb: Ekonomski fakultet Zagreb, str. 1022-1036.

6. Bratić, D., Jakaša, T. (2010) Benchmarking as an Important Instrument of Balanced Scorecard. U: Galetić, L., Spremić, M., Ivanov, M., ur. *Proceedings of 4th International Conference An Enterprise Odyssey: From Crisis to Prosperity - Challenges for Government and Business*, 26.-29.05.2010., Opatija, Hrvatska. Zagreb: Ekonomski fakultet Zagreb, str. 1037-1053.
7. Bratić, D. (2010) Six Sigma Program and Process Improvement In a Graphic Companies. U: Soliman, K., ur. *Proceedings of the 14th IBIMA: Business Transformation through Innovation and Knowledge Management: An Academic Perspective*, 23.-24.06.2010., Istanbul, Turska. Istanbul: International Business Information Management Association, str. 1595-1610.
8. Bratić, D. (2010) The Impact of Supply Chain Management Practice On Competitive Advantage in a Graphic Companies. U: Soliman, K., ur. *Proceedings of the 14th IBIMA: Business Transformation through Innovation and Knowledge Management: An Academic Perspective*, 23.-24.06.2010., Istanbul, Turska. Istanbul: International Business Information Management Association, str. 1802-1818.
9. Jakaša, T., Osmanagić Bedenik, N., Fivos, I., Bratić, D. (2008) The impact of risk management effectiveness on Power Utility performance. U de Sousa J., ur. *Proceedings of the 5th International Conference on the European Electricity Market Abstracts*. 28.-30.05.2008., Lisabon, Portugal. Portugal: Engineering Superior Institute, str. 1-6.
10. Bratić, D. (2008) Benchmarking of Controlling Instruments. U: Soliman, K., ur. *Proceedings of the 9th International Business Information Management Association (IBIMA) Conference on information Management in Modern Organization: Trends & Challenges*, 04.-06.01.2008., Marakeš, Maroko. Marakeš: International Business Information Management Association str. 442-449.
11. Osmanagić Bedenik, N., Bratić, D. (2008) Information Network of Controlling. U: Soliman, K., ur. *Proceedings of the 9th International Business Information Management Association (IBIMA) Conference on information Management in Modern Organization: Trends & Challenges*, 04.-06.01.2008., Marakeš, Maroko. Marakeš: International Business Information Management Association str. 390-401.

### **Sažeci u zbornicima radova**

1. Bratić, D. (2011) Upravljanje poslovnim procesima u grafičkim poduzećima. U: Depolo, J., ur. *Zbornik radova Intergrafika i Modernpak 2011, 01.-04.06.2011.*, Zagreb, Hrvatska. Zagreb: Zagrebački velesajam, str. 1.
2. Bratić, D. (2009) Znanje kako konkurentska prednost U: Depolo, J., ur. *Zbornik radova Intergrafika i Modernpak 2011, 03.-06.06.2009.*, Zagreb, Hrvatska. Zagreb: Zagrebački velesajam, str. 2.

### **Neposredno vođenje završnih i diplomskih radova**

1. Bakija M. (2014) *Upravljanje zalihama papira u tiskari*. Završni rad - preddiplomski studij. Zagreb: Grafički fakultet, 15.09.2014, 31 str. Voditelj: Mrvac, N.
2. Krstić, M. (2014) Operativno planiranje u funkciji optimizacije tiskovnog procesa. Završni rad - preddiplomski studij. Zagreb: Grafički fakultet, 15.09.2014., 38 str. Voditelj: Mrvac, N.
3. Mičić, L. (2014) Operativno planiranje u funkciji optimizacije ofsetnog tiska. Završni rad - preddiplomski studij. Zagreb: Grafički fakultet, 18.09.2014., 41 str. Voditelj: Zjakić, I.
4. Diklić, J. (2012) Optimizacija proizvodnje primjenom linearnog programiranja simpleks metodom. Diplomski rad - diplomski/integralni studij. Zagreb: Grafički fakultet, 13.09.2012., 65 str. Voditelj: Banić, D.
5. Jović, A. (2012) Grafički standardi u funkciji marketinga pri izradi vizualnog identiteta. Diplomski rad. Zagreb: Grafički fakultet, 05.12.2012, 71 str. Voditelj: Brozović, M.
6. Žeželj, T. (2012) Rješavanje problema unutarnjeg transporta. Završni rad - preddiplomski studij. Zagreb: Grafički fakultet, 19.09.2012., 49 str. Voditelj: Banić, D.
7. Rešetar, A. (2010) Procesna organizacijska struktura u grafičkim poduzećima. Završni rad - preddiplomski studij. Zagreb: Grafički fakultet Zagreb, 29.09.2010, 53 str. Voditelj: Juri, B.

### **Vođenje studentskih radova**

1. Peko, V., Poljak, J. (2011) Ambalaža kao pet element marketing miksa. U: Mikota M., ur. *Proceedings of 15th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications Blaž Baromić, 21.-44.09.2011.*, Senj, Hrvatska. Zagreb: Hrvatsko društvo grafičara.