

# UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODNOG PROCESA ŠEST SIGMA METODOLOGIJOM <sup>1</sup>

Maletić Radojka <sup>2</sup>, Bucalo - Jelić Dana <sup>3</sup>,  
Popović Blaženka <sup>4</sup>

UDC: 111.4

## QUALITY MANAGEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS USING SIX SIGMA METHODOLOGY

Maletić Radojka <sup>1</sup>, Bucalo - Jelić Dana <sup>2</sup>,  
Popović Blaženka <sup>3</sup>

### Rezime

Tehnika i filozofija, zasnovana na želji da se otkloni škart i poboljšaju performanse koliko god je to tehnički moguće se u literaturi naziva Šest sigma koncept. Ideja Šest sigme je svesti broj defekata na najmanji mogući nivo, smanjiti troškove i vreme proizvodnje, te povećati produktivnost i poboljšati poslovne rezultate. Cilj principa Šest sigma je postizanje "savršenstva" kroz najviše 3,4 defekta, greške ili propusta u milion šansi. Stoga u ovom radu nudimo kratki osvrt na same statističke osnove na kojima se temelji Šest sigma metodologija.

Ključne reči: Upravljanje kvalitetom, Šest sigma, DMAIC, DMADV.

### Summary

Six Sigma concept is presented in literature as a technique and a philosophy stemming from the desire to eliminate waste and improve performances as much as technically possible. The idea of Six Sigma is to reduce the number of defects to the lowest possible level, to reduce costs and production time, and to increase productivity and improve business results. The goal of the Six Sigma principles is to achieve "perfection" with no more than 3.4 defects, errors or omissions per million opportunities. Therefore, this paper provides a brief description of statistical groundings underlying the Six Sigma methodology.

Key words: Quality management, Six Sigma, DMAIC, DMADV.

<sup>1</sup> Rad je deo istraživanja projekata: "Ruralno tržište rada i ruralna ekonomija Srbije-diverzifikacija dohotka i smanjenje ruralnog siromaštva" broj OI179028 i „Razvoj i primena novih i tradicionalnih tehnologija u proizvodnji konkurentnih prehrambenih proizvoda sa dodatom vrednošću za evropsko i svetsko tržište – stvorimo bogatstvo iz bogatstva Srbije" broj III 46001

<sup>2</sup> Prof. dr Maletić Radojka, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, e-mail: maletic@agrif.bg.ac.rs, tel: +381 11 44-13-410

<sup>3</sup> Dipl. mat. Bucalo Jelić Dana, asistent, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, e-mail: bucalo@agrif.bg.ac.rs, tel: +381 11 44-13-419

<sup>4</sup> Vanr. prof. dr Popović Blaženka, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, e-mail: blazenka@agrif.bg.ac.rs, tel: +381 11 44-13-418

<sup>1</sup> Prof. dr Radojka Maletić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, e-mail: maletic@agrif.bg.ac.rs, phone: +381 11 44-13-410 .

<sup>2</sup> BcS of math., Dana Bucalo Jelić, teaching assistant, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, e-mail: bucalo@agrif.bg.ac.rs , t el: +381 44-13-419

<sup>3</sup> Prof. dr Blaženka Popović, associate professor, University Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, e-mail: blazenka@agrif.bg.ac.rs, phone:+381 11 44-13-418.

# 1 УВОД

U cilju smanjenja troškova i postizanja kontinuiranog poboljšanja procesa, razvijene su brojne metode i alati upravljanja kvalitetom bazirane na statističkim postavkama. Upotrebom statističkih metoda u planiranju eksperimenta može se znatno povećati efikasnost samog procesa eksperimentisanja te dovesti do boljih i pouzdanijih zaključaka. Jedna od novijih statističkih metodologija koja se koristi u ove svrhe je statistička metoda koja se u literaturi naziva Šest sigma. Šest sigma detaljno analizira procese, međusobno ih poredi, identifikuje nedostatke i predlaže eliminaciju istih uz pomoć određenih tehnika i postupaka unapređenja kvaliteta. To je u stvari metodološki postupak koji kombinuje različite alate za kontinuirano unapređenje kvaliteta svih procesa u toku proizvodnje i isporuke proizvoda od dobavljača do krajnjeg kupca (Harry, 1998). Stoga je Šest sigma koncept veoma popularan kod kompanija širom sveta.

Program Šest sigma je najsavremeniji sistem upravljanja kvalitetom, koji je kako konceptijski, tako i programski naslednik sistema TQM (Total Quality Management). Sredinom osamdesetih godina 20. veka u kompaniji Motorola je predstavljeno ovo inovativno usavršenje kvaliteta u svom pokušaju da smanji defekte kod proizvedenih elektronskih proizvoda. U početku metoda Šest sigma je korišćena za merenje procesa u proizvodnji, međutim kako je primenjena metodologija vrlo brzo doživela veliku popularnost, počela je sa primenom u svim delatnostima, posebno kada je 1995. godine proglašena najvažnijom inicijativom kompanije General Electric i veštinom koju mora poznavati i njome se koristiti svaki uspešan menadžer (Bosilj-Vukšić i Ivančan, 2006). Stoga vrlo brzo nalazi svoju primenu u kompanijama poput Sony, City Bank, Whirlpool, ABB i druge.

Pre pojave modela Šest sigma kvalitet se mogao samo procenjivati, dok je zahvaljujući primeni ovog modela omogućeno i njegovo merenje. Glavni cilj Šest sigme je da se poboljšaju performanse procesa do tačke gde stopa defekta iznosi svega 3,4 (ili manje) na million proizvoda. Drugim rečima, osnovna merna jedinica Šest sigme je DPMO (Defects per million opportunities), što bi u prevodu značilo broj grešaka na milion događaja. Pomoću DPMO-a se ocjenjuje, unutar Šest sigma proračuna, kvalitet nekog proizvodnog procesa ili usluge. Takođe je moguće porediti različite ili paralelne procese unutar iste proizvodne organizacije. Za računanje DPMO-a potrebno je poznavati broj defekata, obim uzorka i broj prilika za defekte po jedinici. Koncept je dizajniran za upotrebu u proizvodnji koja stvara veliki obim proizvoda ili okolnostima pružanja usluga. Rezultat primene ovog koncepta je poboljšanje ključnih procesa u organizaciji. Defekt može biti shvaćen kao vrlo širok pojam, te obuhvata ne samo neispravan proizvod, nego i utrošeno vreme čekanja na izvršenje analiza, na pronalaženju pogrešnih podataka u datim izveštajima i sl.

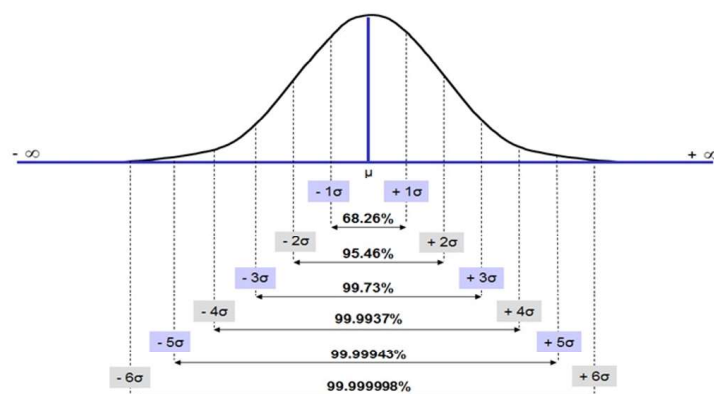
## Šest sigma – statističke osnove **2**

UPRAVLJANJE  
KVALITETOM  
PROIZVODNOG  
PROCESA  
ŠEST SIGMA  
METODOLOGIJOM

Već je rečeno da je osnovni cilj Šest sigma metode da obezbedi najviši kvalitet proizvodnog procesa izlaza putem identifikovanja uzroka odstupanja ili nedostataka, te njihovo eliminisanje. Pristup se zasniva na cilju minimiziranja varijabilnosti u proizvodnim i poslovnim procesima. Da bi se postigli ovi rezultati, Šest sigma metodologija zahteva posebne projekte sa definisanim sekvencama koraka koji su uglavnom kvantitativno izraženi. Stoga je ova metoda usmerena ka: smanjenju troškova procesa i / ili vremena, smanjenju zagađenja, poboljšanju zadovoljstva kupaca, a sve u cilju povećanja profita.

Naziv Šest sigma je izveden iz statističkog koncepta standardne devijacije, obično označene grčkim slovom sigma ( $\sigma$ ). Ovaj koncept povezuje niz statističkih tehnika za merenje performansi procesa. Statistički posmatrano, metodologija je bazirana na hipotezi da se podaci o performansama procesa mogu predstaviti normalnom raspodelom - Gaussova kriva (Janićijević, 2007). Ova je kriva potpuno nezavisna od granica dozvoljenih odstupanja (donja granica specifikacije-LSL i gornja granica specifikacije-USL), a njen oblik isključivo zavisi od kvaliteta procesa i opreme, kvalifikovanosti radne snage i ostalih faktora.

Dalje se utvrđuje ocena odstupanja stvarnih performansi procesa od krive normalne raspodele. Jedinica odstupanja podataka o performansama procesa oko srednje vrednosti, u statističkom smislu, je iskazana parametrom „sigma”. Što je vrednost za „sigma” manja to je rasipanje manje, odnosno kriva raspodele je uža. Drugim rečima, varijacija kako u samom procesu, tako i u izlazu tog procesa se obično meri pomoću broja standardnih devijacija od srednje vrednosti (slika 1). Pošto se definišu granice odstupanja i ako su određene performanse procesa nalaze u utvrđenim granicama, smatra se da je zadovoljavajući (visok) nivo kvaliteta.



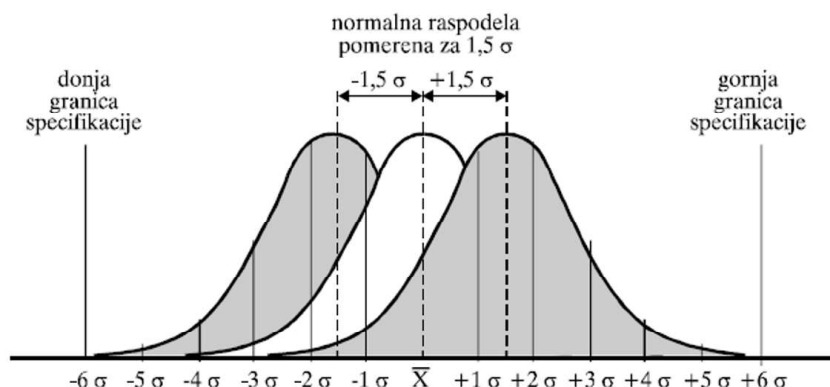
**Slika 1. Specifikacija postignuta na Šest sigma nivou**  
**Graph. 1. Specification achieved at Six Sigma level**

Izvor: <https://www.google.rs/search?q=graph+Six+sigma+level>

**Slika 1. Specifikacija postignuta na Šest sigma nivou**  
**Graph. 1. Specification achieved at Six Sigma level**

Autori Živković i Đorđević (2013) ukazuju da je procena u praksi za većinu proizvoda i usluga zadovoljavajuća na nivou od tri do četiri sigma. Nema sumnje da nisu svi procesi od podjednake važnosti. Stoga, bilo bi suludo pokušavati da se postigne Šest sigma nivo performansi za svaki proces u organizaciji. Međutim, za neke procese, bi morali težiti uvođenjem 6 sigma.

Opšte je poznato, da se u praksi svaki proces vremenom pomera, zbog delovanja brojnih faktora, unutrašnjih i spoljašnjih: mašine se amortizuju, klimatski uslovi se menjaju, pomera se dužina trajanja radnog staža itd., što direktno utiče na promenu uslova proizvodnje. Stoga, dopuštanje odstupanja od srednje vrednosti veoma je važno, jer ni jedan proces ne može raditi pod savršenim uslovima. Drugim rečima, može se reći da u slučaju kada nije dopušteno nikakvo odstupanje od srednje vrednosti radi se više o teorijskom ili statističkom idealu a ne realnom ostvarenju, jer je u praksi to nemoguće obezbediti. Upravo praktična primena koncepta Šest sigma od strane kompanije Motorola je potvrdila da ovo pravilo najbolje funkcioniše u slučaju dopuštenog odstupanja od +/-1,5 sigma (slika 2).



(Izvor: Lazić, 2011)

**Slika 2. Rasipanje procesa i pomeranje centra rasipanja**

**Graph 2. Dissipation of the process and movement of the dissipation center**

Drugim rečima, nivo kvaliteta od Šest sigma odgovara procesu čija je varijacija jednaka polovini zadane tolerancije, uz dopušteno odstupanje srednje vrednosti od 1,5 sigma. To dovodi do velike razlike u proračunu broja defektnih proizvoda na milion slučajeva koje definiše statistika (centriran proces bez pomeranja) i Motorola (proces sa pomeranjem), tabela 1. Tako, na Tri sigma, biće 2.700 defekta na million slučajeva. Ovo predstavlja stepen uspeha od 99,73% (slika 1). U Šest sigma, predviđanje je da će doći do 0.002 defekata na milion slučajeva; to predstavlja stopu uspeha od 99.9999998% (slika 1). Međutim, najčešće se navodi da broj otkaza na milion slučajeva u Šest sigma iznosi 3,4. Ovo predstavlja značajnu razliku. Statistika predviđa jedan otkaz u 500 miliona slučajeva u Šest Sigma. Motorola koristi 3,4 defekta na jedan milion, ili 1.700 puta više otkaza nego što je to predviđeno u statistici. Nameće se logično pitanje, šta je ispravno?

Tabela 1. Poređenje sigma nivoa

Table 1. Comparison of Sigma levels

Granice odstupanja	Broj defekata na million (DPMO)		Komparativna pozicija*
	Statistički (centriran proces)	Motorola (pomeren proces)	
6 $\sigma$	0,002	3,400	Svetska klasa
5 $\sigma$	0,570	233,000	Industrija najbolja u klasi
4 $\sigma$	63,000	6210,000	Prosečna industrija
3 $\sigma$	2700,000	66680,000	Zaostaje u industrijskim standardima
2 $\sigma$	45500,000	308700,000	Nije komparativna
1 $\sigma$	317300,000	697700,000	Van biznisa

Izvor: [http://en.wikipedia.org/wiki/Six\\_Sigma](http://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma)\* Oakland J. (2008): *Statistical Process Control*, pp.362

Najkraće moglo bi se reći da ovaj fenomen dovodi do zaključka da je određeni proces onoliko dobar koliko pomeranje procesa ne utiče na njegov izlaz. Čak i proces realizovan na nivou Šest sigma, zbog pomeranja procesa, imaće u tom domenu 99,99966% usaglašenih stavki. U narednoj tabeli prikazano je pomeranje broja grešaka na različitim sigma nivoima.

U realnim uslovima, kompanije teže da dostignu i održe bar 4 sigma nivo čime se obezbeđuje 99,9937% vrednosti bez defekata. Međutim, kod velikih obima proizvodnje to može prouzrokovati velike gubitke. Istraživanja koja su realizovana u SAD jasno ukazuju na razlike između četiri i šest sigma nivoa (tabela 2).

Tabela 2. Razlike između 4 $\sigma$  i 6 $\sigma$  nivoaTable 2. Differences between 4 $\sigma$  and 6 $\sigma$  levels

Oblast	Rezultati procesa sa 4 $\sigma$	Rezultati procesa sa 6 $\sigma$
pošta, izgubljene pošiljke	2000 svakog sata	1,1 svakog sata
javni vodovod, nezdrava voda	15 min svakog dana	3 min godišnje
e-mail, izgubljene poruke	20000 na sat	7 na sat
vazduhoplovstvo, broj kratkih ili dugih sletanja na aerodromima	2 svakog dana	4 svake dekada
telefonija, bez telefonske veze	9 min nedeljno	2,6 min svake dekade
električna energija, bez energije	7 sati mesečno	1 sat svake 34 godine
farmacija, pogrešni recepti	20000 godišnje	11 godišnje
hirurgija, neuspešne hirurške intervencije	5000 nedeljno	1,7 nedeljno

Izvor: Kilibarda, 2008.

Međutim, kao što je već napred rečeno, bez obzira na preciznost kvaliteta koju nudi Šest sigma koncept nisu svi procesi od podjednake važnosti. Tako 3,4 defekta na milion može biti zadovoljavajuće za određene proizvode ili procese, ali za neke možda neće biti dovoljno dobro, dok za neke druge neće biti opravdano sa aspekta troškova. Npr. u proizvodnji pesmejkera će možda biti neophodni i viši standardi, dok će za reklamne kampanje putem pošte biti dovoljni niži standardi ([http://en.wikipedia.org/wiki/Six\\_Sigma](http://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma)). Stoga, bilo bi krajnje neracionalno pokušavati da se postigne ovaj nivo performansi za svaki proces u organizaciji. Fokus na Šest sigma treba biti usmeren na kritične oblasti. Kritičnost procesa treba biti u funkciji zahteva i potreba kupaca. Drugim rečima, ovaj koncept prevodi potrebe kupaca u zasebne zadatke i definiše optimalnu specifikaciju za svaki zadatak u zavisnosti od toga kako svaki zadatak utiče na druge.

Ovaj koncept poslovanja je usmeren na tri različita područja: poboljšati zadovoljstva kupaca, smanjiti vreme trajanja ciklusa, te smanjiti broj defektnih proizvoda. Ukoliko organizacija poboljša ta tri područja ostvarit će velike uštede, zadržati kupca, te osvojiti novo tržište. Šest sigma nije samo sinonim za kvalitet, već i za bolji posao. Kako bi se postigao cilj Šest sigme, organizacija mora ostvariti više malih postepenih poboljšanja. Dakle, Šest sigma zahteva poboljšanje u svim delovima procesa rada. Međutim, sve te inovacije dovode do odstupanja u proizvodnom procesu, poremećaja, nedovoljnog uhodavanja – dakle svega onoga sa čim se bori Šest sigma, što predstavlja otežavajuću okolnost za njenu primenu.

### 3 Šest sigma metodologija

Bez sumnje osnovna svrha Šest sigma metodologije je implementacija strategije zasnovane na merenjima koje su usmerene na poboljšavanje procesa i smanjenje varijacija. Kada je reč o postupku uvođenja Šest sigma programa, danas se najčešće koriste dve osnovne metode (opširnije Lazibat i Baković, 2007):

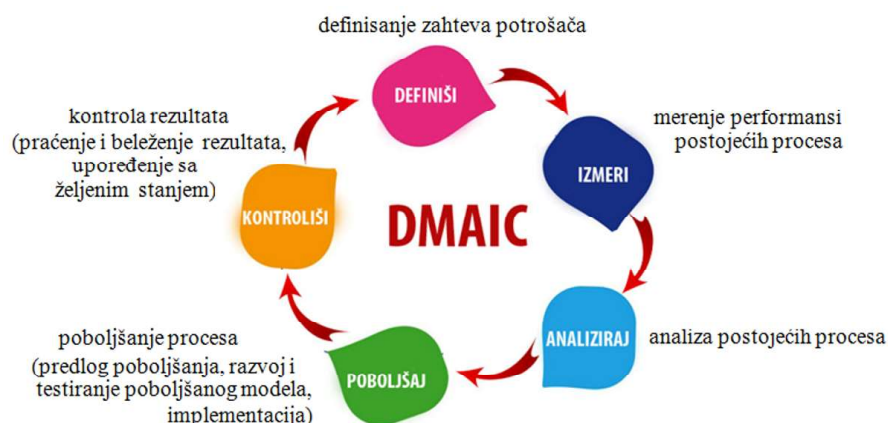
- DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control)
- DMADV (Define – Measure – Analyze – Design – Verify)

Obe metode se mogu posmatrati kao složeni ciklusi sastavljeni od više iteracija, sa ciljem identifikacije i eliminisanja uzroka varijacija u procesima, ali i razvijanje alternative koja će dovesti do smanjenja varijacija. DMAIC metoda koristi se za poboljšanje postojećeg poslovnog procesa, dok se DMADV metoda koristi kada je potrebno razviti novi proces, kreirati proizvod ili stvoriti novu uslugu, kao i u situacijama kada je potrebno napraviti kompletno restrukturiranje organizacije ili nekog njenog procesa (opširnije Živković i Đorđević, 2013).

Kada je koncept Šest sigma prvi put predstavljen objašnjen je kao metodologija u četiri koraka: Meri, Analiziraj, Poboljšaj i Kontroliši (MAIC). U međuvremenu dodata je i faza definisanja sa ciljem da se prepozna značaj koji ima pravilno sagledan projekat. Te stoga danas praksa Šest sigma ima oblik projekata koji se sprovodi u fazama: Definiši-Meri-Analiziraj-Poboljšaj-Kontroliši (DMAIC), slika 3.

Druga metoda Šest sigma je DMADV (slika 4). Metodologija za procese projektovanja novih rezultata procesa, sadrži sledeće faze (Popović i sar., 2007).

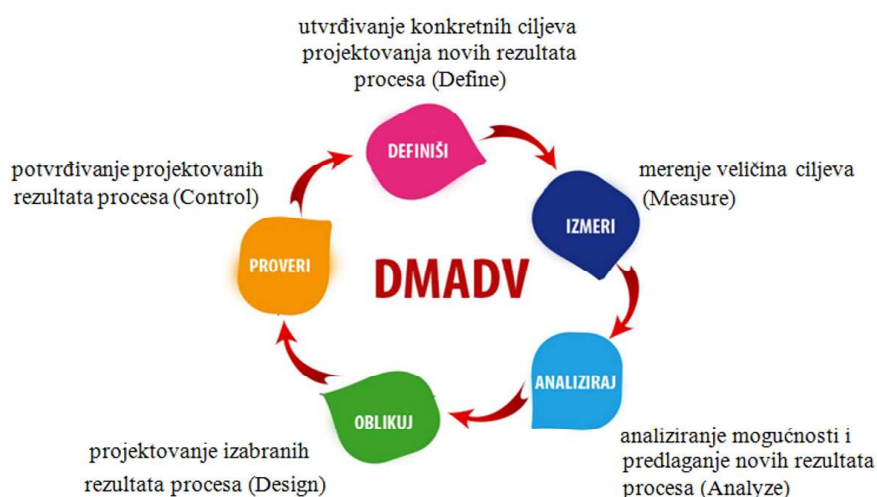
Metoda poboljšanja procesa DMADV je najpopularniji sastavni deo alatnog paketa DFSS (Design For Six Sigma). DFSS metoda ima za cilj kreiranje procesa koji ne stvara greške. Ona sadrži mnogo strože alate za identifikaciju kritičnih zahteva kupaca koje potom implementira u proces i njegovu kontrolu, istražuje konstrukcijska alternativna rešenja, razvija detalje konstrukcijskih rešenja i primenjuje nova konstrukcijska rešenja.



Izvor: Analiza autora

Slika 3. DMAIC metoda poboljšavanja procesa

Graph. 3. DMAIC method for process improvement



Izvor: Analiza autora

Slika 4. DMADV metoda poboljšavanja procesa

Graph. 4. DMADV method for process improvement

## Zaključak 4

Statistička kontrola procesa može se smatrati začetkom i osnovom Šest sigma metodologije. Smanjenjem varijacija u procesima dolazi do povećanja učinka u procesu, te povećanju profita, ali i porastu kvaliteta proizvoda i usluga. Subjektivno, koji koriste Šest Sigma imaju želju konstantnog unapređenja zasnovanog na timskom radu. Stoga se ovaj koncept može smatrati kao: metrika, metodologija i sadržaj za upravljanje kvalitetom.

Uspostavljanje Šest sigma modela unutar organizacije dugoročan je proces čija je suština neprekidno unapređenje procesa proizvodnje. Čak i najrazvijenije kompanije planiraju uvođenje Šest sigma koncepta u svom poslovanju u roku od nekoliko godina. Ako se pravilno postavi ovaj matematički model veoma brzo se mogu osjetiti opipljivi finansijski rezultati.

Stoga se od menadžmenta očekuje ostvarenje brzih rezultata, kako bi se pospešila motivacija zaposlenih u daljem sprovođenju programa, a sve sa ciljem eliminisanja defektnih proizvoda u proizvodnji. Svođenje neispravnih proizvoda na nivo od 3,4 DPMO obezbeđuje gotovo besprekoran kvalitet, što danas predstavlja osnovni preduslov osvajanja novih tržišta u svim sverama proizvodnje i pružanja usluga.

Koncepcija Šest sigma je koncepcija neprekidnog usavršavanja. Podaci ispitivanja pokazuju da u slučaju kada nema formalnog programa kvaliteta, većina kompanija ne izlazi iz okvira 3 ili 4 sigma. Zato je prva etapa definisanje mesta kompanije u datoj klasifikaciji nakon čega nastaje kretanje ka savršenstvu (Lazić, 2011).

Postignuti rezultati u ostvarivanju profita u svetskim velikim kompanijama i sistemima sigurno će pokrenuti i napredne organizacije u Srbiji da što pre uvedu metodologiju Šest sigma, jer se pokazalo da je ovaj sistem daleko napredniji od Sistema za upravljanje kvalitetom (QMS) po standardima ISO 9000.

## 5 Literatura

1. Bosilj-Vukšić, V., Ivančan, T. (2006): Primjena koncepta Six sigma u kreiranju usluga mobilnih mreža treće generacije, Tehnički vjesnik, 13(3,4), str. 13-19.
2. Harry, M. (1988): The vision of Six Sigma, Tools and Method for Breakthrough, Motorola University Press.
3. Jančićević, N. (2007): Upravljanje organizacionim promenama, Ekonomski fakultet, Beograd, 2007
4. Lazibat T., Baković T. (2007): Šest sigma sustav za upravljanje kvalitetom. Poslovna izvrsnost, God. I, br. 1, str. 55-67, Zagreb.
5. Lazić M. (2011): Šest sigma - metodologija unapređenja kvaliteta. Zbornik radova: 38 nacionalna konferencija o kvalitetu, str. A213-A220, Kragujevac.
6. Kilibarda, M. (2008): Upravljanje kvalitetom u logistici, Saobraćajni fakultet, Beograd.
7. Oakland J. (2008): Statistical Process Control, Sixth Edition. Published by Butterworth-Heinemann, London. Routledge Taylor & Francis Group, London and New York. ISBN: 13: 978-0-7506-6962-7
8. Popović B., Veljković Z., Bošković V. (2007): Primena sistema šest sigma u domaćoj privredi. 34. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac 08-11. maja.
9. Živković Ž., Đorđević P. (2013): Upravljanje kvalitetom. Udžbenik, IV izmenjeno i dopunjeno izdanje, Fakultet za menadžment u Zaječaru.
10. [http://en.wikipedia.org/wiki/Six\\_Sigma](http://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma), 25. Novembar, 2016.
11. <https://www.google.rs/search?q=graph+Six+sigma+level&client=firefox-b-ab&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjHk7vq6djQAhUGMJoKHXs1DLYQ7AkIKw&biw=1366&bih=611#imgrc=JSv00Mr9ft1k2M%3A,03.decembar2016>.

Primljen/Received: 18.01.2017.

Prihvaćen/Accepted: 07.03.2017.