

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Marko Topalušić

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Biserka Runje, dipl. ing.

Student:

Marko Topalušić

Zagreb, 2012.

IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad na temu “PRIMJENA METODOLOGIJE ŠEST SIGMA U LOGISTICI“ izradio potpuno samostalno uz pomoć navedene literature i znanja stečenog tijekom studija. Pomoć pri odabiru stručne literature i oblikovanju završnog rada pružili su mi dr. sc. Biserka Runje i dr. sc. Goran Đukić.

Marko Topalušić

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici dr. sc. Biserki Runje koja mi je svojim znanjem, sugestijama, pomoći i strpljenju omogućila da što uspješnije privedem svoj završni rad kraju.

Također bih se zahvalio svojoj obitelji, djevojci i prijateljima koji su mi bili podrška i pomoć tijekom izrade ovog završnog rada.

SADRŽAJ

IZJAVA	1
ZAHVALA	II
SAŽETAK	V
1 SIX SIGMA	1
1.1 Six Sigma - Općenito	1
1.2 Six Sigma – Statistička definicija	2
1.3 Six Sigma – Metodologija	4
1.3.1 DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control)	4
1.3.2 DMADV (Define – Measure – Analyze – Design – Verify).....	6
1.4 Six Sigma - Metrika	8
1.4.1 Indeksi sposobnost procesa	8
1.4.2 DPMO (Defects Per Million Opportunities).....	11
1.4.3 DPU (Defects Per Unit).....	11
1.4.4 DPO (Defects Per Opportunity).....	12
1.4.5 Yield – Prinos.....	12
2 LEAN METODOLOGIJA	14
2.1 Povijest Lean-a	14
2.2 Lean koncept	15
2.3 Principi Lean-a	16
2.4 Sistematizacija gubitaka u poduzeću	17
2.5 Alati Lean metode	18
3 LEAN SIX SIGMA	20
4 LOGISTIKA	21
4.1 Povijest logistike	21
4.2 Definicija logistike	21
4.3 Logistički lanci (Supply Chain)	22
5 LEAN SIX SIGMA LOGISTIKA	22
5.1 Lean i Logistika	23
5.2 Six Sigma i Logistika	23

5.3	Bridge model.....	24
6	PRIMJER.....	29
7	Zaključak.....	34
8	Popis slika	35
9	Popis tablica	36
10	Popis literature	37

SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je “Primjena metodologije Six Sigma u logistici“. U radu su opisane osnovne postavke Six Sigma metodologije s posebnim osvrtom na Six Sigma metriku. Također su navedene metode i alati koje Six Sigma metodologija koristi u cilju stalnog poboljšavanja kvalitete. U sklopu ovog rada, osim Six Sigma metodologije, razrađena je i Lean metodologija koja skupa sa Six Sigmom tvori zatvorenu cjelinu pomoću koje se u svakom procesu postižu visoke razine kvalitete.

U prvom dijelu rada nalaze se informacije o povijesti i razvoju Six Sigma metodologije, obrađena je statistička definicija Six Sigme te su pojašnjeni osnovni pojmovi vezani za Six sigma metodologiju i metriku.

U drugom dijelu prikazana je kratka povijest Lean metodologije i opisani su alati kojima se Lean služi.

Treći dio se bavi sinergijom spomenutih metodologija (Six Sigma i Lean) koje se međusobno upotpunjavaju te si međusobno eliminiraju nedostatke.

Nakon što su u prethodnim poglavljima pobliže prikazane navedene metodologije, u četvrtom dijelu rada po prvi put se susrećemo sa pojmom logistika. Prikazan je razvoj logistike kroz povijest i dana jedna od mnogih definicija logistike. Također, razrađen je i pojam logističkog lanca (*Supply chain*) unutar kojeg se odvijaju razne aktivnosti na koje možemo djelovati pomoću navedenih metoda.

U petom i šestom poglavlju dan je odgovor na pitanje zašto uvesti Lean Six Sigmom u logistiku te je na samom kraju dan konkretan primjer iz prakse.

1 SIX SIGMA

1.1 Six Sigma - Općenito

Statistička metoda Six Sigma razvijena je sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća u kompaniji Motorola. Bill Smith, inženjer u Motoroli, odabrao je naziv Six Sigma za metodu kojom bi smanjio broj grešaka u proizvodnji budući da dotadašnje metode nisu davale dovoljno dobre rezultate, kako bi mogli konkurirati naglo rastućoj japanskoj industriji. Dr. Mikel Harry osnovao je tim, sa Smithom kao članom, i izradio koncept unaprjeđenja kvalitete na osnovi 3,4 grešaka na milijun pokušaja. Taj organizacijski koncept postao je poznat kao Six Sigma te se bazirao na četiri osnovna koraka:

- Mjerenje;
- Analiza;
- Unapređenje;
- Kontrola.

Brojka šest u nazivu odnosi se na razinu šest sigma kvalitete kojima svako poduzeće teži. Sigma je grčki simbol koji označava standardnu devijaciju. Cilj Six Sigme je svesti škart na najmanju moguću razinu, smanjiti troškove i vrijeme proizvodnje te povećati produktivnost i poboljšati poslovne rezultate. Osnovna mjerna jedinica Six Sigme je DPMO (*Defects per million opportunities*), što u prijevodu znači broj grešaka na milijun događaja.

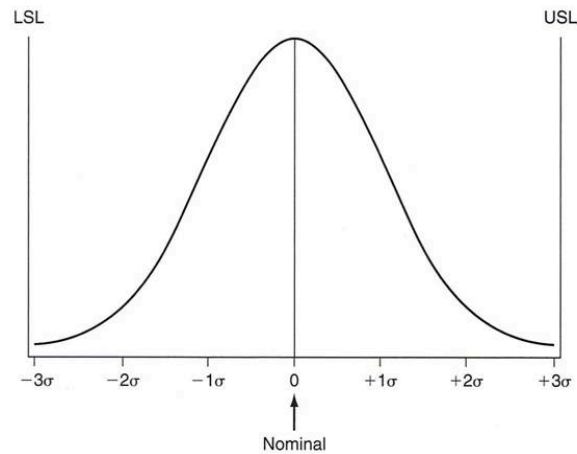
1.2 Six Sigma – Statistička definicija

Metodologija Six Sigma je usmjerena na jedan cilj, postojanje greške od samo 3,4 primjeraka na milijun ili rad sa 99,9997% sigurnosti (s pomakom od $1,5\sigma$). Na slici 1. prikazana je tablica sa vrijednostima DPMO u korelaciji sa širinom zahtjeva. Kako bi se to postiglo, koriste se razne statističke tehnike i metodologije bazirane na mjerljivim podacima kojima je cilj kontrola kvalitete.

Širina zahtjeva U - L	Vjerojatnost %	DPMO	Pomak od $1,5\sigma$	
			Vjerojatnost, %	DPMO
$\pm 1\sigma$	68,27	317 300	30,23	697 700
$\pm 2\sigma$	95,45	45 500	69,13	308 700
$\pm 3\sigma$	99,73	2 700	93,32	66 810
$\pm 4\sigma$	99,9937	63	99,3790	6 210
$\pm 5\sigma$	99,999 943	0,57	99,976 70	233
$\pm 6\sigma$	99,999 999 8	0,002	99,999 660	3.4

Slika 1. DPMO

Metodologijom Six Sigma poboljšavamo procese koji su opisani pomoću normalne razdiobe (Slika 2.) koju je definirao Carl Friedrich Gauss pa se još naziva i Gaussova krivulja. Ona ima oblik zvona, te je simetrična oko osi y, a os x joj je asimptota koja seže od $-\infty$ do $+\infty$. Ova je krivulja potpuno neovisna od granica dopuštenih odstupanja (LSL I USL), a njen oblik isključivo ovisi o procesu, opremi, osoblju i ostalim čimbenicima.



Slika 2. Normalna razdioba

Normalna razdioba pripada kontinuiranoj razdiobi u kojoj kontinuirana slučajna varijabla može poprimiti bilo koju vrijednost u određenom intervalu. Slučajna varijabla koja je distribuirana po normalnoj razdiobi je veličina na koju djeluje više nezavisnih slučajnih faktora.

Funkcija vjerojatnosti ima oblik:

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

Varijanca normalne razdiobe iznosi:

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

Gdje je:

n – neovisna opažanja (broj ponovljenih mjerenja)

μ – očekivanje (istinita vrijednost)

x_i – slučajna varijabla (i -ti rezultat mjerenja)

Iz varijance možemo izračunati standardno odstupanje σ (sigma):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

1.3 Six Sigma – Metodologija

Osnovna svrha Six Sigma metodologije je implementirati strategije temeljene na mjerenjima koje su usredotočene na poboljšavanje procesa i smanjenje varijacija.

Postoje tri osnovne metodologije Six Sigma:

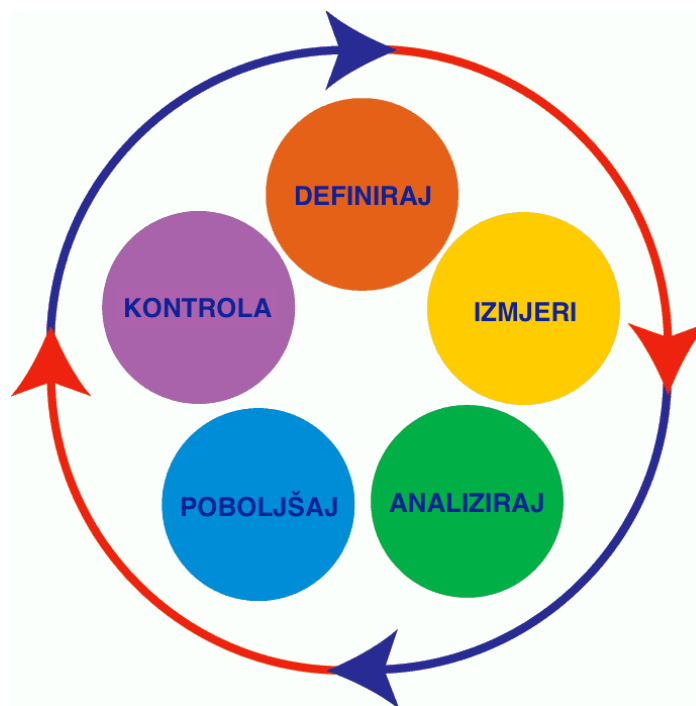
- DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control);
- DMADV (Define – Measure – Analyze – Design – Verify);
- DMAC (Define – Measure – Analyze – Control).

1.3.1 DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control)

Metodologija DMAIC (Slika 3.) daje okvir za pojedinačne projekte unaprjeđenja procesa. Sastoji se od neprekidnog definiranja problema u procesu, njihovog mjerenja, analize, unaprjeđenja i kontrole procesa, proizvoda. Zasniva se na realnim problemima, njihovom definiranju, korištenju različitih organizacijskih alata i tehnika kod svih stupnjeva/koraka Six Sigme, kontinuiranog i sistematičnog unaprjeđenja kroz dugo razdoblje i djelovanja kao inicijator mnogih promjena unutar organizacije. DMAIC metodologija može unaprijediti proces i za 70 % i smanjiti broj grešaka za 30 % do 70 %. Ista može biti ponavljana nekoliko puta na istom procesu prije nego dođe do stanja kad je to više nemoguće.

DMAIC metodologija se sastoji od pet koraka:

- Definiranje ciljeva za poboljšanje procesa kombinirajući zahtjeve kupaca sa poslovnom strategijom tvrtke.
- Mjerenje ključnih aspekata i karakteristika postojećeg procesa te prikupljanje relevantnih podataka o procesu.
- Analiziranje podataka kako bi se otkrio uzrok-posljedica efekt između pojedinih elemenata. Kod ove analize se nastoje otkriti sve povezanosti te osigurati da su svi faktori uzeti u obzir.
- Poboljšavanje ili optimizacija procesa koja se bazira na prethodnoj analizi podataka.
- Kontrola koja osigurava da sve devijacije od zadanih vrijednosti budu ispravljene prije nego rezultiraju greškom. Ta kontrola podrazumijeva kreiranje raznih kontrolnih mehanizama koji neprestano nadziru proces.



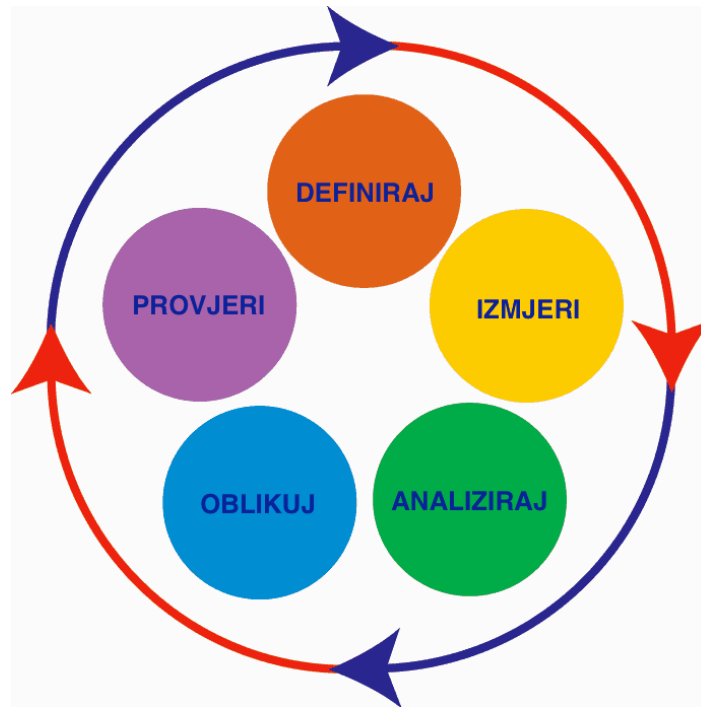
Slika 3. DMAIC metodologija

1.3.2 DMADV (Define – Measure – Analyze – Design – Verify)

Druga metodologija Six Sigma je DMADV (Slika 4.), a ona se koristi prilikom kreiranja novoga proizvoda ili procesa. Metodologija DMADV je najpopularniji sastavni dio alatnog paketa DFSS (Design For Six Sigma). DFSS metoda ima za cilj kreirati proces koji ne stvara greške. Ona sadrži mnogo strože alate za identificiranje kritičnih zahtjeva kupaca koje prevodi u proces i njegovu kontrolu, istražuje konstrukcijska alternativna rješenja, razvija detalje konstrukcijskih rješenja i primjenjuje nova konstrukcijska rješenja. Za razliku od DMAIC metodologije, postupci ili koraci DFSS-a nisu svugdje isto prepoznati i implementirani. Gotovo svaka tvrtka ima svoju definiciju DFSS-a. U nekim slučajevima tvrtka će primijeniti i prilagoditi DFSS svom poslovanju, industriji i kulturi, dok će u drugim slučajevima jednostavno prihvatiti definiciju koju im nametne konzultantska firma koja posluje s njima. Iz tih razloga, DFSS je više pristup nego metodologija.

Ova metodologija se sastoji od sljedećih pet koraka:

- Definiranje konstrukcijskih ciljeva uzimajući u obzir zahtjeve kupaca te poslovnu strategiju tvrtke.
- Mjerenje i identifikacija CTQ-a (karakteristike koje su kritične za kvalitetu), proizvodna sposobnost, rizici sposobnost proizvodnog procesa.
- Analiza i razvoj različitih konstrukcijskih rješenja, nakon kojih se rješenja ocjenjuju te se izabire najbolja konstrukcija.
- Detaljiziranje konstrukcija, optimizacija konstrukcija te planiranje provjere konstrukcija - ova faza može zahtijevati razne simulacije.
- Provjera konstrukcije, izrada prototipova te realizacija procesa



Slika 4. DMADV metodologija

Osim gore navedene metodologije (DMADV), danas se koristi velik broj metodologija u sklopu DFSS-a:

- DMAIC (define, measure, analyze, improve, implement, control)
- IDOV (identify, design, optimize, validate)
- DCCDI (define, customer concept, design, implement)
- DMEDI (define, measure, explore, develop, implement)
- DMADOV (define, measure, analyze, design, optimize, verify)
- CDOC (conceptualize, design, optimize, control)
- DCDOV (define, concept, design, optimize, verify)
- D-IDOV-M (define, identify, design, optimize, verify, monitor)

1.4 Six Sigma - Metrika

1.4.1 Indeksi sposobnost procesa

Jedna od glavnih karakteristika Six Sigma metodologije je sposobnost procesa. Sposobnost procesa je, najjednostavnije rečeno, mogućnost procesa da zadovolji potrebe korisnika. Kažemo da je proces sposoban ukoliko može ispuniti zahtjeve kupaca. To znači da proizvodi moraju biti unutar granica dopuštenih odstupanja (LSL i USL), tj. raspona zahtjeva T . Raspon zahtjeva T je područje između gornje (USL) i donje (LSL) granice zahtjeva, odnosno $T = USL - LSL$.

Osnovni uvjet sposobnosti procesa je:

$$T \geq 6\sigma$$

Glavna karakteristika kvalitete je preciznost, što znači da je većina rezultata nekog procesa unutar uskih granica, tj. da proces ima malo rasipanje. Sposobnost procesa se procjenjuje računanjem indeksa sposobnosti procesa prema sljedećoj formuli:

$$Cp = \frac{T}{6\sigma}, \quad Cp \geq 1$$

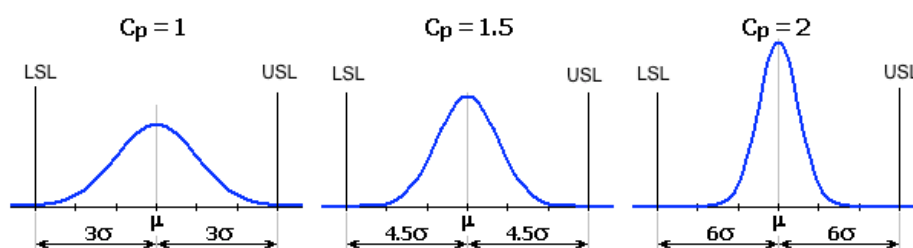
Gornji izraz označava potencijalnu sposobnost procesa Cp i on mora biti veći ili jednak od 1. Ukoliko želimo imati sposoban proces, neke pretpostavke moraju biti zadovoljene:

- Raspodjela podataka se mora moći aproksimirati normalnom razdiobom;
- Proces mora biti bez značajnih uzroka varijacija (pod kontrolom);
- Potrebno je imati kontrolnu kartu.

Indeksi sposobnosti procesa se mogu dijeliti s obzirom koliko se drugo promatra određeni proces. Prema tome imamo:

- Indeksi sposobnosti procesa u dugom vremenskom razdoblju;
- Indeksi sposobnosti procesa u kratkom vremenskom razdoblju;
- Preliminarna sposobnost procesa.

Na slici 5. prikazane su normalne razdiobe za procese koji imaju različite indekse sposobnosti.



Slika 5. Indeksi potencijalne sposobnosti procesa C_p

Indeks C_{pk} mjeri stvarne sposobnosti procesa jer uzima u obzir i pomak procesa. Njegov iznos pokazuje daje li proces škart. Ukoliko je iznos indeksa veći od 1, proces ne daje škart.

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

Gdje su:

- USL – gornja granica dopuštenih odstupanja;
- LSL – donja granica dopuštenih odstupanja;
- μ – aritmetička sredina procesa.

Nakon što se izračunaju vrijednosti indeksa sposobnosti procesa, potrebno je provesti odgovarajuće korektivne mjere u smislu eliminiranja nesukladnosti i/ili rasipanja. U Tablici 1. navedeni su intervali pojedinih indeksa sposobnosti procesa te odgovarajuće ocjene sposobnosti procesa. Ako je proces idealno centriran onda je $C_{pk} = C_p$, a uvijek je $C_{pk} \leq C_p$.

Indeksi sposobnosti C_p i C_{pk} određuju se za procese sa normalnom razdiobom, no ne ponašaju se svi procesi po zakonu normalne razdiobe pa računanje indeksa za takve procese može nepravilno utjecati na procjenu i dovesti do loših poslovnih odluka. U smislu sprječavanja takvih pogrešaka koriste se određene tehnike za ispravljanje "ne-normalne" distribucije:

- pretvoriti podatke i specifikaciju granica u normalnu distribuciju;
- koristiti empirijsku metodu koja odgovara "ne-normalnoj" razdiobi procesa te na osnovu podataka procijeniti postotak proizvoda koji su izvan granica dopuštenih odstupanja. Neprilagođeni postotak je tada povezan s ekvivalentnim indeksom sposobnosti procesa s normalnom razdiobom;
- pametno koristiti indeks C_{pk} s potpunim znanjem izgleda razdiobe procesa kako bi se procijenili pravci sposobnosti.

Tablica 1. Ocjena sposobnosti procesa

C_p	C_{pk}	Ocjena sposobnosti procesa
$C_p < 1$		Proces nije sposoban (proces proizvodni nesukladne jedinice - škart)
	$C_p = C_{pk}$	Proces je centriran
	$C_p \geq C_{pk}$	Koeficijent C_{pk} je uvijek manji ili jednak koeficijentu C_p
$C_p \geq 1$		Proces je sposoban
	$C_{pk} = 1$	Proces ne proizvodi nesukladne jedinice
	$C_{pk} < 1$	Proces proizvodi nesukladne jedinice
	$C_{pk} = 0$	Sredina procesa je jednaka jednoj granici specifikacije
	$C_{pk} < 0$	Negativna vrijednost koeficijenta C_{pk} pokazuje da se sredina procesa nalazi izvan granica specifikacije

1.4.2 DPMO (Defects Per Million Opportunities)

DPMO predstavlja glavnu mjeru u sustavu Six Sigma. Definira se kao broj nesuglasnosti na milijun prilika, a govori o broju nesukladnosti u procesu. Pomoću DPMO-a se ocjenjuje, unutar Six Sigma proračuna, kvaliteta nekog proizvodnog procesa ili usluge. Također je moguće uspoređivati različite ili paralelne procese unutar iste tvrtke. Za računanje DPMO-a potrebno je poznavati broj nesukladnosti, broj jedinica u uzorku i broj prilika za nesukladnost po jedinici.

$$DPMO = \frac{1,000,000 \times \text{broj nesukladnosti}}{\text{broj jedinica u uzorku} \times \text{broj prilika po jedinici}}$$

DPMO bi prvenstveno trebalo računati prema podacima dobivenim odazivom krajnjeg korisnika proizvoda ili usluge, a ne, kako se u mnogim tvrtkama računa, samo u proizvodnom procesu ili davanju usluge.

1.4.3 DPU (Defects Per Unit)

DPU je broj nesukladnosti po proizvodu koji pokazuje koliki je udio nesukladnosti, odnosno defekata, u odnosu na broj gotovih proizvoda. To je jednostavan pokazatelj kvalitete proizvoda ili usluge. Za računanje DPU potrebno je poznavati ukupan broj nesukladnosti i ukupan broj proizvedenih jedinica.

$$DPU = \frac{\text{ukupan broj nesukladnosti}}{\text{ukupan broj proizvedenih jedinica}}$$

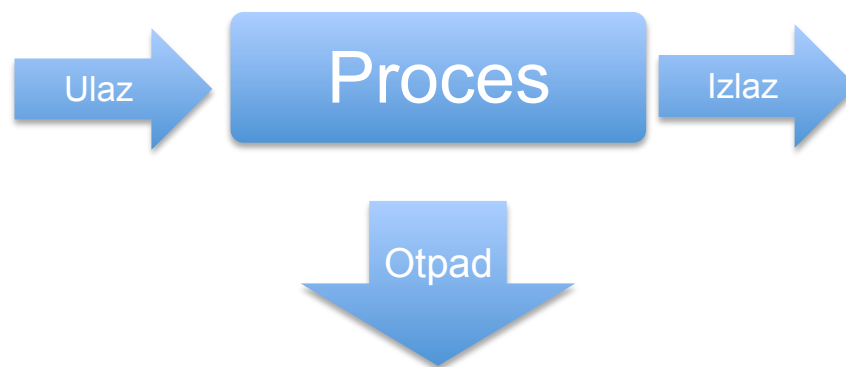
1.4.4 DPO (Defects Per Opportunity)

DPO predstavlja vrijednost koja nam govori koliko će se jedinica proizvesti u procesu bez ijedne nesukladnosti. Za računanje DPO potrebno je poznavati ukupan broj nesukladnosti i ukupan broj prilika za nesukladnosti.

$$DPO = \frac{\text{ukupan broj nesukladnosti}}{\text{ukupan broj prilika za nesukladnosti}}$$

1.4.5 Yield – Prinos

Yield je kontrola procesa koja uspoređuje ulazne i izlazne rezultate. Pomoću Yield-a možemo lako vidjeti da li su naša očekivanja ili predviđanja ispunjena.

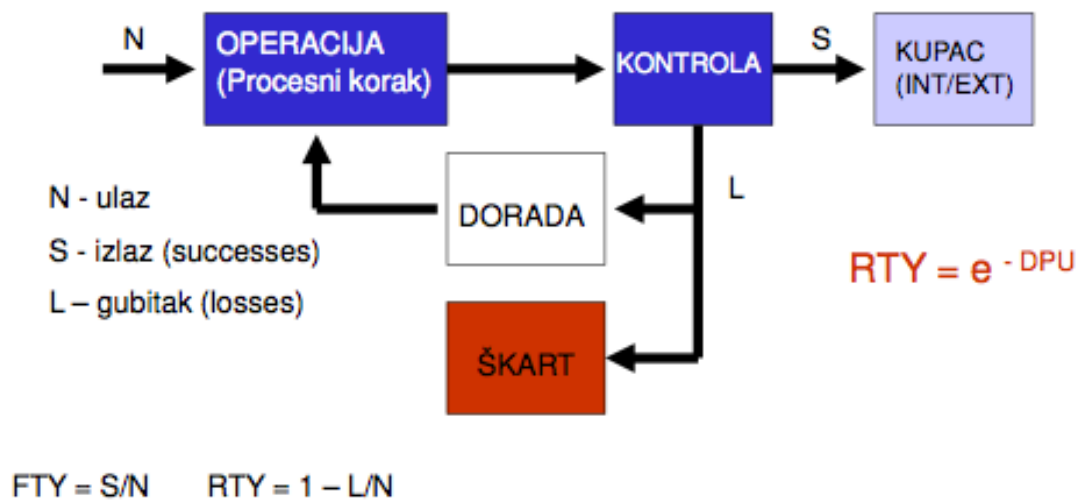


Slika 6. Prikaz osnovnog prinosa

Yield ili Prinos možemo označavati kao brojčanu ili postotnu vrijednost. FTY (First Time Yield) se definira kao broj dobrih jedinica koje izlaze iz procesa nakon kontrole i pokušaja dorade, podijeljen s ukupnim brojem jedinica koje ulaze u proces. FTY nam govori koliki je prinos procesa „iz prvog pokušaja“ uz minimalne ili

nikakve dorade. Što je iznos FTY bliži 100% to je proces kvalitetniji i proizvodi se manje nesukladnih jedinica, a time se i postiže manji DPMO te viša Sigma razina.

RTY (Rolled Throughput Yield) predstavlja postotnu vjerojatnost da za bilo koju jedinicu koja prolazi kroz cijeli proces neće biti nesukladnosti. RTY predstavlja umnožak svih pojedinih FTY u cijelom procesu.



Slika 7. Blok dijagram Yield

2 LEAN METODOLOGIJA

2.1 Povijest Lean-a

“Lean” kao termin definirali su 1992. u knjizi „*The Machine That Changed the World*“ James Vomak i Daniel Jones, profesori sa M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology). Pisanje knjige je bilo inicirano višetjednim boravkom u kompaniji Toyota u Japanu. Istraživanje je nastavljeno u Sjedinjenim Američkim Državama i trajalo je još punih pet godina te koštalo više od 5 milijuna dolara. Poslije svih istraženih zakonitosti, metoda i tehnika koje su se primjenjivale u Toyotinim postrojenjima, naučnici objavljuju knjigu koja ubrzo postaje jedna od najbolje prodavanih knjiga koje se bave proizvodnjom. Lean koncept je zapravo Toyotin Proizvodni Sistem (TPS) koji je nastao početkom 50-ih godina prošlog stoljeća i nastavio se razvijati do danas. Tek početkom 90-ih godina prošlog stoljeća američki stručnjaci su uvidjeli superiornost japanskih automobila u pogledu kvaliteta izrade i smanjenog vremena čekanja na isporuku gotovog automobila. TPS se počeo razvijati u Japanu neposredno poslije Drugog svjetskog rata. Tada je Japan još uvijek bio nerazvijena zemlja sa uništenom infrastrukturom, a Toyota je imala dug osam puta veći od vrijednosti kompanije. Da bi smanjila dug i povećala obrt kapitala, Toyota je morala kompletno promijeniti sustav poslovanja. Odmah su se pojavile tri smjernice koje su pokrenule TPS:

- Sve što tokom proizvodnog procesa ne doprinosi vrijednosti gotovog proizvoda potrebno je ukloniti iz procesa.
- Smanjiti što je više moguće vrijeme ciklusa proizvodnje proizvoda i smanjiti troškove nezavršene proizvodnje, a pri tom povećati fleksibilnost sustava.
- Ne proizvoditi proizvode za koje ne postoji kupac. Napraviti kupcu proizvod kakav on želi u što moguće kraćem roku.

Novom sustavu proizvodnje u Toyoti prethodilo je višetjedno gostovanje Toyotinih menadžera u Fordovim tvornicama u SAD-u 1949. godine. Ohno i Toyoda su shvatili da se ne mogu natjecati sa američkim gigantima poput Forda i General

Motors (GM) i njihovom pristupu ekonomiji, ali su također uvidjeli da vrijeme povlaštenog položaja proizvođača u odnosu na kupca polako prolazi. To je značilo da su kupci postajali sve zahtjevniji, i da nisu željeli toliko čekati kako bi dobili gotov proizvod koji su platili. Također su uvidjeli da Toyota u Japanu nema takav izbor kooperanta kao GM i Ford i da je izuzetno važno promijeniti način ugovaranja i njegovanje odnosa sa poslovnim kooperantima. Počeli su razvijati filozofiju u kojoj je broj kooperanata značajno manji nego kod konkurencije, a kooperanti izuzetno stimulirani za dugoročni odnos s Toyotom, pri čemu se proizvodnja dijelova pojednostavljuje, bez škarta i sa povećanom kvalitetom. Ohno i Toyoda su naišli na nekoliko problema u svom procesu proizvodnje. Izračunali su da je na nekim radnim mjestima svega 10% vremena od ukupnog vremena koji predmet obrade provede u proizvodnom procesu zaista potrošeno za njegovu obradu, a sve ostalo vrijeme služi za pripremanje radnog mjesta, alata i čekanja da predmet bude dostavljen. Drugi problem je bio taj što je bilo suviše neispravnih dijelova koje je bilo potrebno eliminirati prije nego što se takav neispravan dio ugradi. Treći problem koji su primijetili je da je suviše nedovršenih proizvoda u tvornicama uslijed povećanog broja različitih modela automobila. I četvrti problem koji su Ohno i Toyoda uočili je bilo predugo trajanje promjene alata. Rješavanjem tih problema rodio se TPS.

2.2 Lean koncept

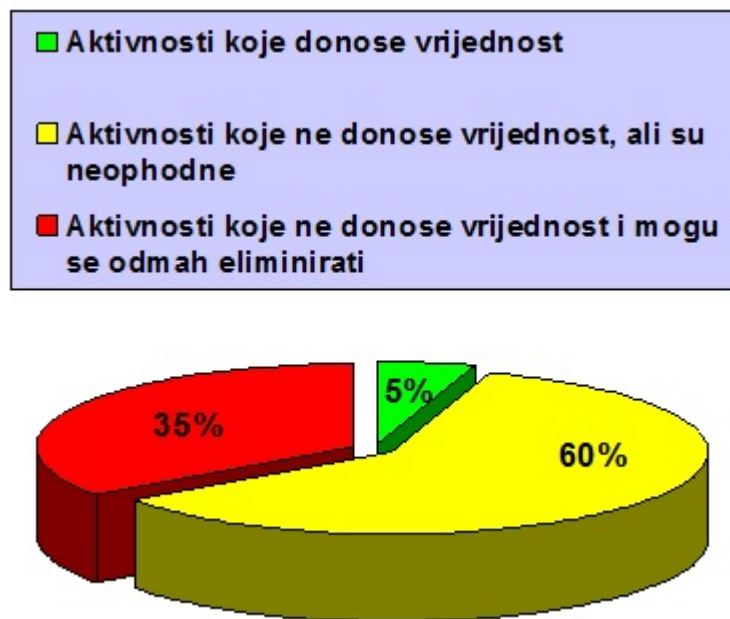
“Lean” je proizvodna filozofija koja svojom implementacijom skraćuje vrijeme trajanja od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu. Osnovno načelo Lean proizvodnje je da se proizvodi točno ono što kupac ili klijent želi odnosno vrstu, kvalitetu i količinu proizvoda izravno diktira tržišna potražnja.

Svaki proizvodni sustav se sastoji od tri vrste aktivnosti (slika 8.):

- Aktivnosti koje dodaju vrijednost;
 - Transformiranje ili oblikovanje materijala, informacija ili ljudi,
 - Kupac ih želi i spreman ih je platiti.

- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali su neophodne;

- Zakonski propisi,
- Kontrola kvalitete,
- Koordinacija projekata,
- Poslovna politika.
- Aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali nisu neophodne;
 - Čekanje,
 - Zalihe,
 - Preinake.



Slika 8. Vrste aktivnosti u poduzeću

2.3 Principi Lean-a

Postoji pet osnovnih principa Lean-a:

- Vrijednost – predstavlja ono što je kupac spreman platiti.
- Lanac vrijednosti - sve aktivnosti, svi procesi, svi tokovi u proizvodnji, bilo materijalni ili informacijski, potrebni da se od sirovine dobije gotov proizvod.
- Tijek – preko analize toka dobije se spoznaja o nastalim gubicima čijom eliminacijom se postiže bolja protočnost kroz proces.

- Povlačenje – potrebno je saznati koje su želje kupca te se prilagoditi tim željama i proizvoditi ono što kupac želi.
- Perfekcija.

2.4 Sistematizacija gubitaka u poduzeću

Gubitak u poduzeću predstavlja bilo kakva aktivnost koja ne doprinosi krajnjoj vrijednosti proizvoda. Svaka aktivnost u poduzeću troši određene resurse koji se uvijek mogu preračunati u novčanu jedinicu. Cilj Lean poduzeća je eliminiranje bilo kakvih suvišnih aktivnosti koje ne doprinose vrijednosti proizvoda, bila to prekomjerna proizvodnja, čekanje ili pripremno-završno vrijeme. Postoji sedam osnovnih tipova gubitaka koje su definirali menadžeri Toyote. Takva sistematizacija se može primijeniti u bilo kojem poduzeću, za bilo koji proces i osnova je Lean koncepta.

Koncept poduzeća bez gubitaka:

- Prekomjerna proizvodnja predstavlja proizvodnju koja premašuje potražnju. Svaki proizvod koji nije odmah prodan, ili ugrađen u konačni proizvod, zauzima prostor, smanjuje novčane resurse kojim poduzeće raspolaže i remeti tok proizvodnje.
- Transport - bilo koje kretanje materijala koje ne doprinosi vrijednosti proizvoda, kao što je npr. transport između radnih jedinica predstavlja gubitak. Ideal kojem se teži je da se materijal čim završi obradu na jednom stroju odmah prijeđe na slijedeći.
- Čekanje je prazan hod strojeva i radnika, a predstavlja vrijeme dok se čeka da dođe dio za obradu koji nije ovdje uslijed uskih grla u proizvodnji, lošeg takta ili zastoja u transportu.
- Prekomjerna obrada - predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno vrijeme, čišćenje između obrade, loš dizajn (konstrukcija) proizvoda koja zahtijeva previše koraka obrade.
- Zalihe - visoke zalihe povezane su s prekomjernom proizvodnjom.

- Nepotrebni pokreti predstavljaju bilo kakvo nepotrebno šetanje ili nepotrebne pokrete radnika koji ga ometaju u obavljanju posla.
- Škart predstavlja prekid toka zbog grešaka, nepotrebno vrijeme, troškove za analizu i otklanjanje, nepotpune, netočne, nepravodobne informacije.

S vremenom su poduzeća koja koriste Lean koncept prepoznala još nekoliko vrsta gubitaka osim ovih navedenih sedam vrsta. U zadnje vrijeme se posebno ističe nedovoljno iskorišten ljudski potencijal u smislu vještina radnika, kreativnosti te njihovog talenta za pojedine aktivnosti.

2.5 Alati Lean metode

Lean proizvodna filozofija temelji se na stalnom poboljšavanju proizvodnih procesa (Kaizen) te na principu uređenja radnog mjesta (5S). Na osnovne temelje postavljaju se glavni stupovi (alati) Lean proizvodnje (slika 9).



Slika 9. Lean alati

Kaizen (kontinuirano poboljšavanje) definira Toyotin osnovni pristup poslovanju. Prava vrijednost kontinuiranog poboljšavanja je stvaranje atmosfere kontinuiranog učenja i okruženja koje ne samo da prihvaća nego i živi za promjene.

5S je alat koji pojednostavljuje i olakšava timski rad koji se sastoji od niza aktivnosti koje eliminiraju gubitke koji vode do grešaka, defekata i ozljeda. Aktivnosti od kojih se sastoji 5S su sortiranje, red, čišćenje, standardizacija, samodisciplina.

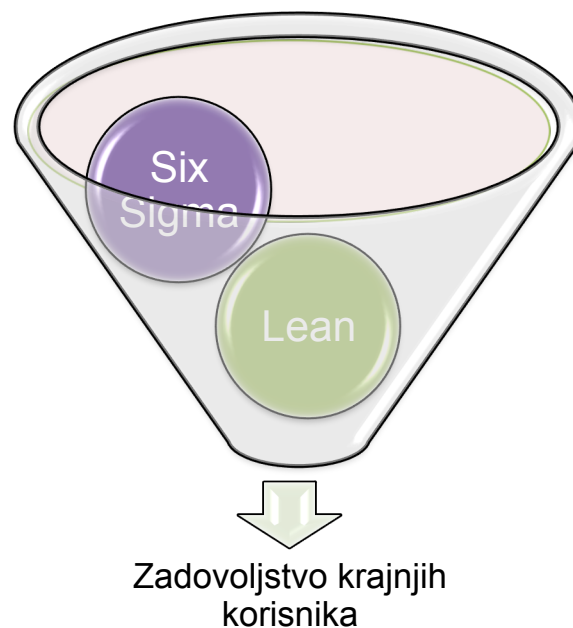
Just in time je tehnika dostavljanja točne količine u pravo vrijeme i na pravom mjestu. JIT je mnogo više od obične kontrole zaliha.

Jidoka se definira kao automatizacija s ljudskom inteligencijom. To su jednostavni elementi koji isključuju stroj ako dođe do greške na predmetu rada s ciljem povećanja kvalitete proizvoda i smanjenja troškova. Jidoka znači da kvaliteta treba biti sastavni dio proizvodnog procesa, a na taj način je moguće ostvariti proizvodni proces kod kojeg se mnogo ranije uočavaju nastale greške.

Osim opisanih glavnih alata Lean proizvodnje, postoji i niz drugih, ne manje značajnih alata.

3 LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma je poslovna strategija koja predstavlja kombinaciju dvaju uspješnih metodologija poboljšavanja radnih rezultata u području razvoja proizvoda, administracije, financija, proizvodnje itd. Kod Lean metode se radi o brzini i učinkovitosti, dok se kod Six Sigme radi o preciznosti i točnosti.



Slika 10. Prikaz interakcije Lean Six Sigme

Lean metodologija ne koristi neke napredne statističke alate, koji su često potrebni za postizanje efikasnosti procesa, kako bi opravdala svoj naziv Lean što bi značilo racionalan ili tanak. Six Sigma u spoju ovih metodologija ima ulogu eliminirati greške, no ne rješava probleme optimizacije procesa.

Temeljna pravila Lean Six Sigma metodologije su:

- oduševiti svoje klijente brzinom i kvalitetom;
- poboljšati proces rada i njegovu brzinu;
- raditi timski na ostvarenju maksimalnog dobitka;
- temeljiti odluke na podacima i činjenicama.

4 LOGISTIKA

4.1 Povijest logistike

Riječ *logistika* prvi puta se pojavljuje kod grčkog filozofa Platona koji je pisao da u ljudskoj duši postoje dva dijela od kojih je prvi viši umni - naziva ga *logistikon*. Prve logističke aktivnosti pojavljuju se kroz najranije oblike trgovine, ratove i slično. U suvremenijoj povijesti riječ *logistika* počela se pojavljivati u vojnom području, pogotovo nakon II. svjetskog rata kada je zauzela važno mjesto u vojnim postrojbama svih zemalja. Pedesetih godina 20. stoljeća započeo je prvi veći razvoj logistike kao nevojne discipline te se javljaju prva logistička udruženja i institucije. Od 90-ih godina prošlog stoljeća *logistika* predstavlja optimizaciju cjelovitih procesa u lancu stvaranja vrijednosti kroz funkcije poduzeća te se razvija sve do danas kada *logistika* integrira logističke lance u globalne mreže.

4.2 Definicija logistike

Postoji jednako mnogo definicija logistike kao što postoji logističara. Budući da ne postoji univerzalna definicija logistike, mnogi je definiraju ovisno o njenim osnovnim zadaćama i ciljevima. Prema *The Council of Logistics Management-u* dana je slijedeća definicija logistike:

“Logistika je proces planiranja, implementacije i kontrole efikasnog i efektivnog tijeka i skladištenja materijala (sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda), usluga i povezanih informacija od točke izvora do točke potrošnje u svrhu zadovoljenja zahtjeva korisnika.”

Logistika se može podijeliti na poslovnu logistiku, koja se bavi upravljanjem svim resursima i njihovim tokovima u procesima stvaranja nove vrijednosti, pri čemu dominiraju ekonomski-gospodarski problemi, te na tehničku logistiku koja rješava

tehničke problem opskrbe materijalom i probleme tokova materijala u procesima izrade novih proizvoda ili usluga kojima se stvaraju nove vrijednosti.

4.3 Logistički lanci (Supply Chain)

Logistički lanac pojavio se zbog potrebe povezivanja različitih procesa u koje je uključeno više različitih organizacija kako bi uz manje troškove osigurali pretvorbu od sirovine do gotovog proizvoda. Logistički lanac je odgovor na sve češće zahtjeve tržišta za bržim, učinkovitijim i kvalitetnijim proizvodom koji je dostavljen korisniku u pravo vrijeme, na pravo mjesto.

5 LEAN SIX SIGMA LOGISTIKA

Iako može zvučati da su potrebne mnoge godine raznih tečajeva kako bi se ova tema razradila, većina ljudi koji se bave logistikom koriste se disciplinom Lean Six Sigma Logistikom, a da toga nisu ni svjesni. Kako konkurencija mijenja način poslovanja, tvrtke sve više prihvaćaju Lean i Six Sigma kako bi smanjili troškove te poboljšali kvalitetu. Iako su Lean i Six Sigma u početku bili odvojene metode, danas tvrtke vide da se Lean i Six Sigma međusobno dopunjavaju te zajedno doprinose kontinuiranom unapređivanju raznih aktivnosti.

Kada se organizacija jednom utemelji po Lean i Six Sigma principima, logističar shvaća da Logistika, Lean i Six Sigma formiraju prirodnu cjelinu. Ta cjelina je spoj dobrih i loših strana svake od navedenih metoda te ima svrhu stvaranja operativnog modela koji će usmjeriti logističara ka rješavanju nekih starih problema, dok istovremeno omogućuje unapređenje operacija i doprinosi uspješnosti poslovanja na svim razinama.

Matematičari uvijek kažu da je Y funkcija od X. U tom smislu, ako bi htjeli razumjeti Y (Lean Six Sigma u Logistici) najbolje mjesto za krenuti su X-evi. U

ovom slučaju X –evi su Logistika, Lean i Six Sigma te ih treba svakog pojedinačno u potpunosti razumjeti. Jednom kada se precizno definiraju individualni ciljevi svakog od navedena tri područja, možemo ih spojiti u jednu cjelinu, te uočiti kako zajedno dovode do puno većeg utjecaja nego svaki dio zasebno.

5.1 Lean i Logistika

Utjecaj Leana na Logistiku je značajan. Često je pogrešno shvaćanje da je primjena Leana vidljiva samo u proizvodnji. Cilj Leana je eliminacija viškova, smanjenje nedovršenih proizvoda, smanjenje trajanja proizvodnih procesa i same izrade te smanjenje vremena koje je potrebno proizvodu da iz proizvodnje dođe do kupca. Lean ima još jedan bitan element koji je vrlo važan u logistici, a to je ukupni trošak. Ukoliko se prakticira Lean, treba se fokusirati na ukupni trošak, a ne samo na individualne troškove kao što je trošak transporta i skladištenja. S obzirom da troškovi skladištenja iznose 15% do 40% ukupnih troškova logistike u mnogim industrijama, donošenje odluka na temelju ukupnih troškova ima značajan utjecaj. Nažalost, mnoge organizacije ne prihvaćaju u potpunosti takav koncept, zbog čega dolazi do donošenja loših odluka koje se temelje samo na poznavanju očitih izvora troškova kao što su transport, skladištenje i nabavna cijena za jedinicu proizvoda.

5.2 Six Sigma i Logistika

Logistika se svodi na “sređivanje” inventara, a “sređivanje” inventara se svodi na upravljanje varijacijama. Kada bi pogledali razne vrste inventara, shvatili bi zašto varijacija ima tako važnu ulogu u njegovom “sređivanju”.

Ako poznamo i kontroliramo tu varijaciju u procesu od dobavljača do kupca, bit ćemo u mogućnosti smanjiti vrijeme skladištenja određene jedinice proizvoda. U tom smislu logističar mora razmišljati kao procjenitelj životnog osiguranja koji proučava ključne varijable: starost osobe, zdravstveno stanje (povijest bolesti), spol i slično. Na temelju tih varijabli donosi odluku o visini police životnog osiguranja. Logističari u

tom smislu nisu ništa drugačiji od tih procjenitelja, jedina razlika je u varijablama. Varijable bitne za logističara su: sposobnost dobavljača, pouzdanost transporta i promjene u potražnji. Na temelju navedenih varijabli logističar donosi odluku o “visini police” koristeći inventar kao valutu. Problem je u ovom slučaju što previše logističara tretira svoje tvrtke kao da su djeca bez zdravstvenih problema, a u stvarnosti su sredovječni ljudi pogodni raznim bolestima. Primjer je proizvođač koji naručuje sirovinu od dobavljača koji se nalazi par sati udaljenosti od tvornice, a na skladištu ima sirovina dovoljno za dvanaest dana proizvodnje. To se događa iz dva razloga. Prvi razlog je nepoznavanje vlastite proizvodnje tj. nepoznavanje dnevnih potreba za sirovinom, a drugi razlog je da je industrija ovisna o skladištenju.

5.3 Bridge model

Nakon što su objašnjeni elementi Lean Six Sigma Logistike, treba ih spojiti zajedno kako bi se upotpunjavali. Budući da se logistika odnosi na upravljanje inventarom, Lean se odnosi na brzinu, protok i eliminaciju viškova, a Six Sigma na razumijevanje i reduciranje varijacije, cilj Lean Six Sigma Logistike je eliminacija viškova i ulaganje truda kako bi se razumjela i reducirala varijacija, uz povećanje brzine i protoka u lancu nabave.

Logistika preuzima razne discipline i alate iz Lean i Six Sigme pomoću kojih omogućuje organizacijama u prepoznavanju, minimiziranju gubitaka, i neefikasnosti. Iako su Lean i Six Sigma vrlo efikasni i moćni alati, moramo znati da se mora dogoditi određena promjena u načinu razmišljanja kako bi isti funkcionirali u logistici. Ta promjena u razmišljanju se odnosi na to da, kao prvo, moramo donositi odluke koje se temelje na konceptu ukupnih logističkih troškova, i drugo, da imamo hrabrost eliminirati različite vrste gubitaka. To može zvučati jednostavno, no u stvarnosti nije. Organizacijskim normama, tradicijama u menadžmentu i računovodstvenim metodama nije u interesu provođenje koncepta ukupnih troškova zbog čega nastavljaju starim metodama koje stvaraju gubitke.

Logistics Bridge modelom se daju smjernice pri implementaciji Leana i Six Sigme u strategiju logistike. Ovim modelom dobivamo odgovore kako riješiti trenutne probleme u logistici. Logistic Bridge model nam ukazuje da je Lean Six Sigma Logistika sastavljena od tri principa, a to su:

- Tok;
- Sposobnost;
- Disciplina.

Tok je ključan aspekt logističke strategije svake organizacije. Njegovi elementi se nalaze unutar svakog elementa poslovanja. Razumijevanje toka unutar organizacije omogućuje uvid u dobre i loše strane njenog poslovanja. Tok opisuje efikasnost organizacije. Postoje tri vrste toka: tok imovine, tok informacija i financijski tok. Iz navedenih vrsta tokova za logističara se javljaju tri ključna pitanja: koliko je produktivna imovina, kako rukujemo informacijama i kako investiramo. Iz odgovora na ta pitanja proizlazi slika logističkog plana.

Nakon što organizacija ima uvid u tok, javlja se pitanje sposobnosti. Kako bi udovoljili kupcima, logistički sustavi moraju biti sposobni. Sustavi imaju graničnu sposobnost, uz varijabilnost zbog koje se javljaju usponi i padovi u odnosu sa kupcima. *Logistics Bridge* model definira sposoban logistički sustav; predvidljiv, stabilan i transparentan.

Logistika je pokretana ljudima i procesima, a Lean i Six Sigma nas uče standardima, svakodnevnim ispunjavanjem te kontinuiranom težnjom poboljšavanju i eliminiranju gubitaka. Prilikom implementacije Lean Six Sigma potrebna je disciplina. *Logistics Bridge* model opisuje logističku disciplinu u obliku optimizacije sustava, eliminacije gubitaka i slično.

Primjer filozofije razmišljanja logističara po principima *Bridge* modela prikazan je u tablici 2. Iz navedenih principa logističar organizira plan koji odgovara izazovima unutar vlastite organizacije.

Tablica 2. Ključna područja razmatranja za logističare

A. KLJUČNA PODRUČJA ZA LOGISTIČARA

Logističari trebaju razvijati logistiku i praksu logističkog lanca koji će rezultirati operativnom izvrsnošću u industriji. To uključuje provođenje inicijativa kako bi se podržala organizatorova vizija o kvaliteti, ugledu i zadovoljstvu kupca. Kroz timski rad i međusobnu suradnju, profesionalni logističari će razvijati i izvršavati strategiju za razvoj sustava i praksi koji će neprestano proizvoditi „savršeni red“. Ovo je definirano kao „pravi proizvod, na pravom mjestu, u pravo vrijeme, u pravoj količini i stanju po najnižoj mogućoj cijeni.“

Ključna područja	Uključuje dizajn, planiranje, provedbu i kontrolu:
Logistika	Prijevoz, postrojenja i skladištenja, sigurnost, pakiranje i proces narudžbe
Nabava	Razvoj dobavljača, osiguranje kvalitete dobavljača, nabava
Kontrola zaliha	Stratifikacija, pojedinačni plan, inventara prostor, procjena, proces narudžbe
Strateška podrška	Budžetiranje, strateško planiranje, razvoj ljudskih potencijala, podrška za spajanje i akviziciju
Operativna podrška	Prodaja i operativno planiranje, obuka i razvoj

B. STRATEŠKE ODGOVORNOSTI

Zahtjevi klijenata	Odgovornosti logističara:
Očekivanja klijenata	Osigurati takvu struktura lanca nabave koja podržava očekivanja klijenata.
Perpcija klijenata	Osigurati takvu primjenu lanca nabave koja će dovesti do povećanja vrijednosti interne strategije klijenata
Korisnički izazovi	Osigurati fleksibilnost lanca nabave kako bi zadovoljio klijentove i tržišne promjene
Zahtjevi poslovanja	Odgovornosti logističara:
Očekivanja tvrtke	Osigurati takvu struktura lanca nabave koja podržava organizacijsku viziju uspjeha
Perpcija tvrtke	Osigurati takvu primjenu lanca nabave koja će dovesti do povećanja vrijednosti unutarnjeg klijenta
Izazovi tvrtke	Osigurati primjenu lanca nabave koji će podržavati unutarnje izazove organizacije

C. ODGOVORNOSTI LOGISTIČARA: TOK

Tok imovine	Učinkovito razvijati i koristiti sve stavke organizacijske imovine
Ljudi	Zapošljavanje, obuka, razvoj i izgradnja vrlo učinkovitih timova
Zalihe	Implementiranje ispravne prakse upravljanja zalihama
Fiksni resursi	Racionalizacija i efektivno upravljanje korištenjem postrojenja i opreme
Tok informacija	Osigurati razmjenu i korištenje informacija za optimalni učinak korporacije
Podaci	Razumijevanje i efektivno korištenje tehnologije i menadžmenta podataka
Znanje	Razvoj i poboljšanje najbolje prakse
Komunikacija	Primjena učinkovitih procesa provjere menadžment
Tok financija	Razvoj logistike kao podrške ciljevima korporativnih financija
Račun dobiti i gubitka	Eliminacija otpada i izvršavanje operativnih učinkovitosti
Bilanca	Korištenje i racionalizacija imovine
Novčani tok	Smanjenje vremenskog ciklusa nedostupnosti gotovine

D. ODGOVORNOSTI LOGISTIČARA: SPOSOBNOST

Predvidljivost	Razvoj i implementacija sustava logistike koji je predvidljiv svim zainteresiranim stranama
Organizacija	Osigurati organizirane procese i postrojenja
Usklađivanje	Razvoj logistike i lanca nabave koji je planiran i proaktivan
Složenost	Pojednostaviti proces i smanjiti škart prouzrokovan varijacijama
Stabilnost	Razvoj i implementacija sustava logistike koji je stabilan za sve zainteresirane strane
Standardizacija	Razviti i implementirati standardizirane operativne procese
Fleksibilnost	Stvoriti fleksibilne tehnologije i procese koji mogu odolijevati zahtjevima tržišta
Kontrola	Implementirati sustave kontrole za upravljanje planiranim nasuprot ostvarenim uvjetima
Vidljivost	Razvoj i implementacija sustava logistike koji je vidljiv svim zainteresiranim stranama
Razumijevanje	Kreirati lanac nabave razumljiv svim sudionicima
Mjerljivost	Razviti kvalitetan sustav mjerenja

Mogućnost djelovanja

Učinkovito implementirati promjene i poboljšanja na zahtjev povratnih mehanizama

E. ODGOVORNOSTI LOGISTIČARA: DISCIPLINA

Suradivanje

Timski rad

Razvoj visoko funkcionalnog tima s internim i eksternim članovima

Izvori strategije

Razumijevanje i implementacija pouzdane prakse za poslovno odlučivanje "proizvesti ili kupiti"

Upravljanje projektima

Implementacija i provođenje projekt menadžmenta

Sustavi za optimizaciju

Izvršavanje pouzdane prakse bazirane na cjelokupnom pristupu sustavu

Ukupni trošak

Osmisliti i provesti alate za podršku odlučivanju za analizu ukupnih troškova

Horizontalna integracija

Osigurati horizontalnu integraciju za optimalnu produktivnost i uklanjanje otpada

Vertikalna integracija

Osigurati vertikalnu integraciju za optimalnu produktivnost i uklanjanje otpada

Eliminacija otpada

Kvaliteta na izvoru

Osmisliti i provesti inicijative za detekciju grešaka i kvalitete na izvoru

Kontinuirano poboljšavanje

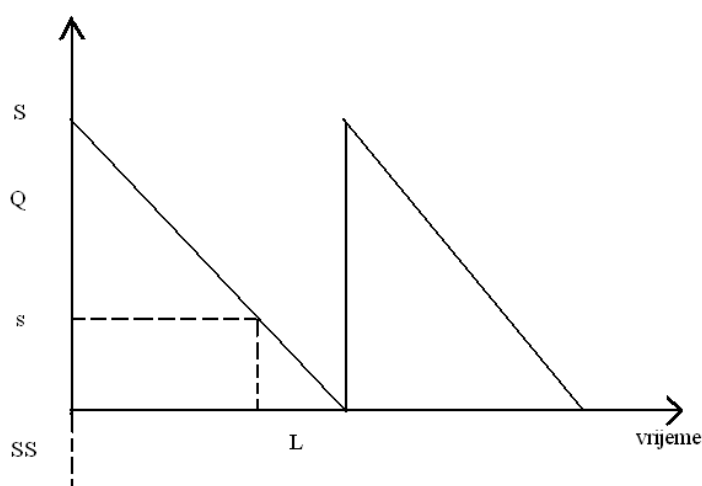
Razviti i kontinuirano koristiti formalne programe za poboljšanje

Izvršenje

Razviti i koristiti sustav za rješavanje grešaka i operativno izvršavanje

6 PRIMJER

Tvrtka posjeduje skladište u kojem se nalazi 855 komada proizvoda čija je cijena 250 NJ/komadu. Cijena skladištenja proizvoda u jednom tjednu iznosi 0,865 NJ što na godišnjoj razini iznosi 19161,48 NJ. Prosječna količina na zalihima iznosi 426 komada proizvoda. Tjedna potražnja za proizvodom u prosjeku je 44,58 komada. Proizvod se na zalihima prosječno drži 10 tjedana i kada padne na razinu od 176 komada dolazi da ponovnog naručivanja proizvoda čija količina iznosi 679 komada. Sigurnosna razina u skladištu iznosi 86,20 komada te vrijeme između narudžbe i dostave iznosi dva tjedna (10 radnih dana). Fiksni trošak narudžbe iznosi 4500 NJ. Zadatak logističara je provjeriti sposobnost procesa te smanjiti troškove skladištenja.



Slika 11. (s, S) model za višestruko nabavljanje

Oznake:

S - optimalna količina narudžbe

s - razina ponovnog naručivanja

L - vrijeme isporuke

ss - sigurnosna razina

Q - količina narudžbe

P - cijena proizvoda

K – fiksni trošak narudžbe

C_1 – tjedni trošak skladištenja proizvoda

t_z – prosječno vrijeme na zalih

prosječna tjedna potražnja = 44,58 kom

prosječna količina na zalih = 426 kom

S = 855 kom

s = 176 kom

L = 2 tjedna

ss = 86,20 kom

Q = 679 kom

P = 250 NJ

K = 4500 NJ

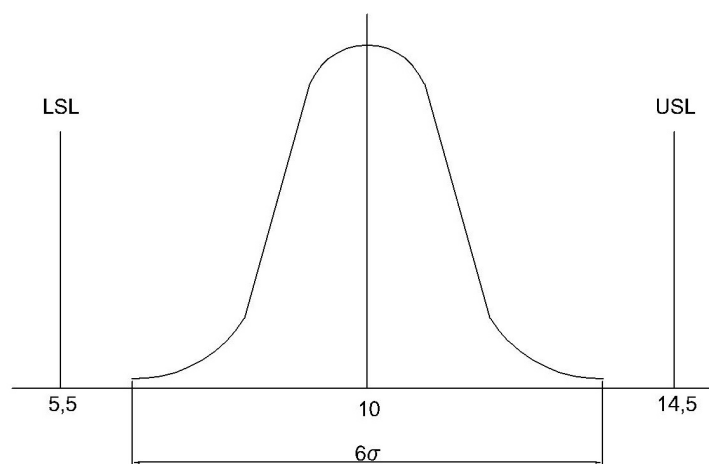
C_1 = 0,865 NJ/dan

t_z = 1o tjedana

Izračun sposobnosti procesa

Tablica 3. Podaci o mjerenju točnosti dostave proizvoda na skladište

Redni br. mjerjenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dostava (dani)	12	10	11	10	11	9	10	12	10	11



Slika 12. Položaj procesa u odnosu na granice specifikacije

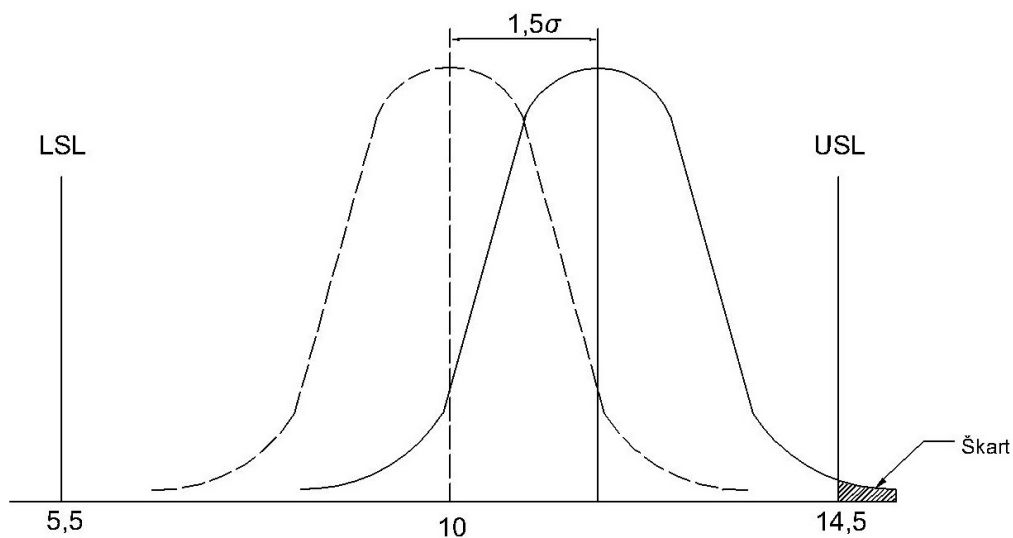
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{12}{9}} = 1,15$$

$$Cp = \frac{T}{6\sigma}$$

$$Cp = \frac{9}{6 \times 1,15} = 1,3$$

Cp = 1,3 proces je sposoban



Slika 13. Pomak procesa za 1,5 sigma

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\hat{\sigma}}$$

$$z = \frac{14,3 - 11,72}{1,15} = 2,24$$

$$P(z) = 0,48745$$

$$\text{skart} = 1 - (0,5 + 0,48745) = 0,01255$$

gdje je:

C_p = sposobnost procesa

n = broj ponovljenih mjerenja

x_i = slučajna varijabla

\bar{x} = očekivanje (istinita vrijednost)

σ = standardno odstupanje

$P(z)$ = površina ispod krivulje

z = faktor sigurnosti

Proces ima indeks sposobnosti 1,3 što pokazuje da je sposoban, ali ako želimo rasipanja i/ili nesukladnosti još više smanjiti, potrebno je provesti korektivne mjere te tako povećati indeks sposobnosti. Razne tvrtke danas teže da se indeks sposobnosti kreće unutar granica 1,6 do 2.

Minimizacija troškova skladištenja

$$\text{prosječna količina na zalihima} = \frac{Q}{2} + ss = \frac{270}{2} + 45 = 180 \text{ komada}$$

$$\text{godišnji trošak skladištenja} = \text{prosječna količina na zalihima} \times C_1 \times 52 = 8096,4 \text{ NJ}$$

Na temelju analize i razmatranja stanja na skladištu te potražnje zaključeno je da se optimalna količina narudžbe na skladištu kroz vremenski period od 10 tjedana može smanjiti na 446 komada odnosno da prosječna količina na zalihima može iznositi 180 komada proizvoda što trošak skladištenja na godišnjoj razini smanjuje za 11065,08 NJ.

7 Zaključak

Daleko smo od toga da bi mogli reći da je tema Lean Six Sigma u Logistici u potpunosti istražena. Ta metodologija se tek počinje razrađivati te će neminovno postati vodeći način upravljanja u logistici i lancu dobave. U narednim godinama Lean i Six Sigma će vjerojatno promijeniti svoje ime u *Business Excellence*, no cilj i filozofija će ostati ista neovisno o nazivu. Principi i alati Lean Six Sigma Logistike su sve što je potrebno za formiranje i održavanje uspješnog logističkog sustava. To znači da možemo prestati razmišljati o tome što ćemo raditi te se početi baviti pitanjima kako i kada ćemo raditi. *Logistics Bridge* model daje smjernice kako implementirati ove discipline, no uz to je potrebna upornost i predanost. Organizacije koje prepoznaju Lean Six Sigma Logistiku kao nešto što se mora imati, postići će veliki uspjeh u svom poslovanju.

8 Popis slika

Slika 1. DPMO.....	2
Slika 2. Normalna razdioba.....	3
Slika 3. DMAIC metodologija.....	5
Slika 4. DMADV metodologija.....	7
Slika 5. Indeks potencijalne sposobnosti procesa C_p	9
Slika 6. Prikaz osnovnog prinosa.....	12
Slika 7. Blok dijagram Yield.....	13
Slika 8. Vrste aktivnosti u poduzeću.....	16
Slika 9. Lean alati.....	18
Slika 10. Prikaz interakcije Lean Six Sigme.....	20
Slika 11. (s, S) model za višestruko nabavljanje.....	29
Slika 12. Položaj procesa u odnosu na granice specifikacije.....	31
Slika 13. Pomak procesa za 1,5 sigma.....	32

9 Popis tablica

Tablica 1. Ocjena sposobnosti procesa.....	14
Tablica 2. Ključna područja razmatranja za logističare.....	26
Tablica 3. Podaci o mjerenju točnosti dostave proizvoda na skladište.....	30

10 Popis literature

- [1] web stranica, www.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma (03.05.2012.)
- [2] Mudronja, V.: „Kontrola kvalitete“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, predavanja, 2012.
- [3] Pyzdek, T.: „Six Sigma Handbook“, 2003.
- [4] web stranica, www.nexusqps.com (14.05.2012.)
- [5] web stranica, www.lean.org (14.05.2012.)
- [6] Bass, I., Lawton, B.: „Lean Six Sigma“, 2009.
- [7] Goldsby, T., Martinchenko, R.: „Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success“, 2005.
- [8] Gygi, C., DeCarlo N., Williams, B., Covey R., S.: „Six Sigma for dummies“, Wiley Publishing, 2005.
- [9] web stranica, www.leanmanufacture.net (14.05.2012.)
- [10] web stranica,
www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011__14682_Osnove_me_nadzmenta-LEAN.pdf (16.05.2012.)
- [11] web stranica, www.scribd.com/doc/4704030/8/OSNOVNA-DEFINICIJA-LEAN-KONCEPTA (30.05.2012.)
- [12] web stranica, www.sl.wikipedia.org/wiki/Logistika (30.05.2012.)
- [13] web stranica, www.eimenik.rs/index.php/znanje/pregled/sta_je_to_logistika (30.05.2012.)
- [14] web stranica,
ftp://161.53.116.242/Predavanja_vjezbe_programi_rokovi/Logistika/LOGISTIK_A.pdf (03.06.2012.)