

IMPLEMENTACIJA LEAN SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM U PROIZVODNIM PODUZEĆIMA

Rade, Filip

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:229310>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Poslovni odjel

Stručni diplomski studij Poslovnog upravljanja

Filip Rade

IMPLEMENTACIJA *LEAN* SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM U PROIZVODNIM
PODUZEĆIMA

Diplomski rad

Mentor: dr. sc. Draženka Birkić

Karlovac, studeni 2023.

Sažetak

General Electric industrija sustav je čiji temeljni element čine vodene turbine. Posljednjih godina General Electric sustav je pod pritiskom stalno rastućih troškova temeljenih na razvoju tehnologije, individualiziranom pristupu i razvojem novih proizvoda. Iz navedenih razloga General Electric susreće se s problemom davanja na tržište najkvalitetnijih proizvoda uz najniže troškove proizvodnje. Pristup problemu rastućih troškova može se rješavati povećanjem prihoda i efikasnim upravljanjem. *Lean* menadžment začetak je našao u automobilskoj industriji, a temeljne premise usmjerene su na efikasno upravljanje uz minimizaciju defekata i nepotrebno bačenih resursa organizacije. Kao predstavnik kvalitetnog upravljanja, *lean* menadžment omogućio je stvaranje komparativne prednosti „Toyota“ korporaciji u ulasku na svjetska tržišta. Posljednjih godina, *lean* filozofija svoje je mjesto našla i u uslužnoj industriji, a nedavno i u upravljanju iznimno kompleksnim organizacijama koje su i radno i kapitalno intenzivne. Primjenom navedenog sustava upravljanja omogućuje se reinženjering poslovnih procesa proizvodnje vodenih turbina i njezinih dijelova. Glavni je problem ovoga rada identificirati kako organizacija može primijeniti *lean* načela za poboljšanje učinkovitosti i smanjenje troškova. Cilj rada je analizirati koncepte kvalitete, upravljanja troškova i *lean* menadžmenta te primijeniti ih na konkretnom primjeru General Electrica.

U radu se započinje analizom svih elemenata procesa u General Electricu i traženja mjesta u kojima se može stvoriti dodana vrijednost, bilo dodavanjem ili uklanjanjem elemenata iz procesa. Bitnu ulogu u primjeni *lean* filozofije ima decentralizirani mehanizam upravljanja. Iz razloga što su zaposlenici najbolje upoznati sa svojom domenom posla, vrhovni menadžment omogućuje im predlaganje promjena u poslovnom procesu, čime se dolazi do kumulativnog efekta na efikasnost djelovanja organizacije. U hrvatskim poduzećima još uvijek postoji stara, rigidna, vertikalna organizacijska struktura. Uz fokus na upravljanje kvalitetom i decentraliziranim modelom upravljanja, primjenom *lean* filozofije može se učiniti velik doprinos u zadovoljstvu klijenata i zaposlenika te u konačnici postići željeni cilj, konkurentan proizvod na međunarodnom tržištu.

Ključne riječi: proizvodna poduzeća, sustav upravljanja kvalitetom, *lean* menadžment, *lean* filozofija, konkurentan proizvod

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Predmet i cilj rada	1
1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja.....	2
1.3. Sadržaj i struktura rada	2
2. KVALITETA I TROŠKOVI	3
2.1. Općenito o kvaliteti.....	3
2.1. Upravljanje kvalitetom.....	6
2.2. Procjenjivanje kvalitete.....	9
2.2.1. Troškovi loše kvalitete	10
2.3. Poboljšavanje kvalitete i smanjivanje troškova	14
2.3.1. Dokazivanje potrebe	20
2.3.2. Ustanovljavanje projekta.....	21
2.3.3. Organiziranje projektne skupine	25
2.3.4. Spoznaje potrebe i misije projekta	26
2.3.5. Dijagnoza uzroka	26
3. Općenito o <i>lean</i> sustavu	34
3.1. Povijesni razvoj <i>lean</i> sustava	34
3.2. Principi <i>lean</i> sustava upravljanja kvalitetom	35
3.3. Alati <i>lean</i> sustava	37
3.3.2. Pet S	38
3.3.3. Takt vrijeme	39
3.3.4. <i>Kaizen</i>	39
3.3.5. <i>Jidoka</i>	40
3.3.6. Jednominutna zamjena alata	40
3.3.7. <i>Poka-Yoke</i>	41
3.3.8. „Pet zašto“	41
3.3.9. Standardizirani rad	42
3.3.10. Ukupno produktivno održavanje.....	42
3.3.11. Stanična proizvodnja.....	42
3.3.12. <i>Heijunka</i>	42
3.3.13. <i>Just in time</i>	43

3.3.14. <i>Kanban</i>	43
4. CASE STUDY – GE POWER – PROIZVODNJA LOPATICA ZA PARNE TURBINE	44
4.1. Općenito o GE.....	44
4.2. Proizvodnja lopatica za parne turbine	46
4.3. Implementacija <i>lean</i> sustava upravljanja kvalitetom u proizvodnji parnih lopatica	48
4.4. Unaprijeđeni proces proizvodnje lopatica za parne turbine – kritički osvrt.....	50
5. ZAKLJUČAK	53
POPIS LITERATURE	55

1. UVOD

U današnjem poslovnom okruženju, obilježenom neprestanim rastom konkurencije, organizacije su suočene s izazovom efikasnog upravljanja troškovima i istodobnog održavanja visoke razine operativne učinkovitosti. Ova dvostruka potreba za smanjenjem troškova i optimizacijom poslovnih procesa postavlja zahtjev za inovativnim pristupima upravljanju, a jedan od ključnih koncepata koji se ističe u tom kontekstu jest *lean* menadžment.

Upravljanje troškovima postaje ključno pitanje za organizacije koje žele ostvariti održiv rast i dugoročni uspjeh na tržištu. Sposobnost preciznog identificiranja, praćenja i upravljanja troškovima postala je esencijalna za poslovnu održivost, posebice u uvjetima dinamičnih promjena i neizvjesnosti. S druge strane, *lean* menadžment, inspiriran japanskim proizvodnim modelom, predstavlja filozofiju koja naglašava eliminaciju suvišnih aktivnosti, smanjenje gubitaka i kontinuirano unapređenje procesa.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet je ovog diplomskog rada istraživanje integracije upravljanja troškovima i *lean* menadžmenta na primjeru General Electrica. Fokus će biti usmjeren na identifikaciju ključnih aspekata vezanih uz efikasno upravljanje troškovima unutar specifičnog konteksta General Electrica te proučavanje na koji način *lean* menadžment može poslužiti kao strategija za postizanje operativne učinkovitosti i smanjenje gubitaka u ovoj organizaciji.

Cilj ovog diplomskog rada jest pružiti sveobuhvatno razumijevanje koncepta upravljanja troškovima i *lean* menadžmenta na primjeru General Electrica. Preko analize relevantne literature, studija slučaja specifičnih za ovu kompaniju i empirijskih istraživanja, rad ima za cilj identificirati ključne izazove i prednosti te najbolje prakse u implementaciji ovih pristupa unutar specifičnog okvira General Electrica.

1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja

Za izradu ovog diplomskog rada korištena je relevantna stručna i znanstvena literatura, internetske stranice, znanstveni članci te časopisi relevantni s obzirom na temu diplomskog rada. Primijenjeno je i primarno prikupljanje informacija i podataka izravno u poduzeću General Electric, a sekundarni podaci prikupljeni su metodom istraživanja za stolom. Prikupljeni podaci odrađeni su znanstvenim metodama analize, sinteze, dedukcije, indukcije, deskripcije te metodom komparacije.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Rad je podijeljen u tri cjeline uz uvod i zaključak. U prvom dijelu rada govori se općenito o kvaliteti i troškovima, o njihovom upravljanju, smanjivanju troškova te o samom procesu prepoznavanja troška i koracima koje je potrebno poduzeti kako bi se oni smanjili. Drugi dio rada usmjeren je na sam pojam *lean* menadžmenta. U tom dijelu započinje se poviješću *lean* sustava upravljanja, objašnjenjem samog pojma *lean* menadžmenta te se navode njegovi principi koji su zatim detaljno objašnjeni i definirani. U završnom dijelu, teoretski dio rada prikazan je u praktičnom primjeru General Electrica.

2. KVALITETA I TROŠKOVI

Veliku važnost kvalitete možemo vidjeti u izjavi predsjednika tvrtke koja izrađuje specijalne odljevke: „Naš škart i prerada koštaju nas ove godine peterostruki iznos naše zarade. Radi tih troškova morali smo povećati naše prodajne cijene, zbog čega smo izgubili tržište. Kvaliteta nije više tehničko pitanje; ona je poslovno pitanje“. Ovo nije tvrtka koja je imala graničnu razinu kvalitete, već su kupci smatrali da su njeni proizvodi među onima s najboljom mogućom kvalitetom.¹ Ovdje možemo vidjeti da proizvodnja visoko kvalitetnog proizvoda ne znači nužno uspješno poslovanje. Ukoliko poduzeće svojim troškovima ne upravlja adekvatno može se dovesti do financijskog gubitka. U narednom poglavlju objašnjeno je što je to upravljanje troškovima te nas ono uvodi dublje u samu materiju.

2.1. Općenito o kvaliteti

Kroz cijelu povijest znalo se da je kvaliteta važna, ali u dvadesetom stoljeću utvrđuju se novi pojmovi poput kontrole kvalitete, planiranja kvalitete, stalnog poboljšanja kvalitete, sprečavanja nedostataka, statističke kontrole procesa, inženjeringa pouzdanosti, analize troškova kvalitete, nula nedostataka, ukupne kontrole kvalitete, ovjere dobavljača, krugova kvalitete, pregleda kvalitete, osiguravanja kvalitete, razvijanja funkcije kvalitete, Taguchijevih metoda, konkurentskog izravnjanja.²

U gore navedenoj izjavi vidimo da se u povijesti pridaje sve više važnosti kvaliteti, ali isto tako da se mijenja i samo shvaćanje kvalitete. Kada govorimo o kvaliteti više se ne misli na tehnički dio izrade proizvoda, kvalitetu izrade i trajnost, ne govorimo o kvaliteti u materijalnom kontekstu već nematerijalnom. S pojavom sve veće konkurentnosti dolazi do borbe za tržište, odnosno do borbe za kupca i njegov novac te se sve veća važnost pridaje tomu da se na što bolji način zadovolje potrebe kupca.

¹ I. Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993., str. 1

² Prof.dr.sc. Krešimir Buntak, Izv. Prof. dr. Sc. Tomislav Baković, Doc. Dr. Sc. Petar Mišević, Doc. Dr. Sc. Mate Damić, Luka Bunić, univ. Spec oec. Kvaliteta i sustavi upravljanja kvalitetom, Vodič za uspješnu implementaciju i održavanje sustava, Zagreb, 2021., str. 42

Nakon Drugog svjetskog rata javljaju se dva smjera koji su imali veliki utjecaj na kvalitetu. Prvi od njih bio je japanska revolucija u kvaliteti. Do drugog svjetskog rata kvaliteta japanskih proizvoda bila je na lošem glasu, sve dok Japanci nisu proveli određene korake s namjerom poboljšanja kvalitete i poboljšanja svoje konkurentnosti na svjetskom tržištu. Nakon revolucije dolazi do velikog preokreta u kvaliteti japanske proizvodnje i njenih proizvoda te u narednom vremenu Japan postaje sinonim za kvalitetu. Drugi smjer bio je naglašavanje kvalitete u javnom mišljenju. Nekoliko se smjerova približilo u rasvjetljavanju tog naglašavanja: dokazi zakonske odgovornosti za proizvod, skrb za okoliš, neke velike katastrofe i bliske katastrofe, pritisak potrošačkih organizacija, te svjesnost o ulozi kvalitete u trgovanju, oružju i drugim oblastima međunarodne konkurencije.³

Ova dva smjera u kombinaciji s drugima doveli su do drastičnih promjena u samom poslovanju poduzeća, pogotovo u segmentima koji su vezani uz kvalitetu. Vrlo brzo kvaliteta postaje glavni prioritet za većinu poduzeća, a na njezin razvoj utječe niz različitih promjenjivih uvjeta, a to su:

1. Konkurencija. U prošlosti je viša kvaliteta značila potrebu da se plati viša cijena, danas kupci mogu dobiti visoku kvalitetu uz istodobno niske cijene. Tako, nije dovoljno imati imidž dobre kvalitete. Ako unutarnji troškovi postizanja tog imidža visoki, tvrtke će izgubiti prodaju radi viših cijena koje su potrebne za pokrivanje tih troškova loše kvalitete.⁴
2. Kupac koji se mijenja. Neke tvrtke sada prvi put ulaze na industrijska ili potrošačka tržišta. Naprimjer, proizvođač malih poljoprivrednih traktora za individualne farmere sada radi blokove motora za jednog velikog proizvođača motornih vozila. Kupac motornog vozila ne samo da određuje prioritet koji se zasniva na količini već je zahtjevniji što se tiče sustava kvalitete.⁵
3. Proizvodnja koja se mijenja. Naprimjer, proizvođač računala prešao je s prvobitno količinski male i skupe proizvodnje na količinski veliku i jeftiniju proizvodnju. Te nove proizvodne linije rezultirale su potrebom da se smanje unutarnji troškovi loše kvalitete.⁶

³ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 2

⁴ Ibidem, str. 2

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

4. Složenost proizvoda. Budući da su sustavi postali složeniji, zahtjevi pouzdanosti sastavnih dijelova za dobavljača postali su složeni.⁷

5. Viša razina očekivanja kupaca. Viša očekivanja, koja proizlaze iz konkurentnosti, imaju mnoge oblike. Primjer za to je manje variranje oko ciljane vrijednosti po nekoj značajki jednog proizvoda, čak da cijeli proizvod zadovoljava granice specifikacije. Drugi je oblik višeg očekivanja dokazana kvaliteta servisa prije i nakon prodaje.⁸

Postoji mnogo različitih definicija kvalitete. Jedna od najkraćih definicija glasi da je kvaliteta zadovoljstvo kupca ili prikladnost za upotrebu. Kod ovih definicija bitno je razumijevanje njihovih pojedinih dijelova. Kupcem se ne smatra isključivo krajnji potrošač već i posredni proizvođači i trgovci. Kupci se također mogu naći unutar poduzeća u obliku drugih odjela, npr. odjela nabave koji prima inženjering specifikaciju za jednu kupnju. Idući dio definicije jest zadovoljstvo kupca. Ono se postiže dvjema komponentama: svojstvom proizvoda i oslobođenjem od nepotpunosti.

Svojstva proizvoda imaju glavni utjecaj na prihode od prodaje. U mnogim industrijama ukupna vanjska populacija kupaca može se razdijeliti po razini ili klasi željene kvalitete. Na taj način spektar kupaca vodi do zahtjeva za luksuznim hotelima ili jeftinim hotelima. Svojstvo proizvoda upućuje na kvalitetu projekta. Povećanje kvalitete projekta obično dovodi do viših troškova.⁹

Oslobođenost od nepotpunosti ima veliki utjecaj na troškove kroz smanjenje škarta, prerade, pritužbi i drugih rezultata nepotpunosti. Nepotpunosti su utvrđene u različitim jedinicama, npr. pogreškama, nedostacima, propustima, odstupanja od specifikacije. Oslobođenost od nepotpunosti odnosi se na kvalitetu usklađenosti. Povećanje kvalitete usklađenosti obično rezultira nižim troškovima. Također, viša usklađenost znači manje pritužbi, pa zbog toga i veće zadovoljstvo kupaca.¹⁰

Kako se tehnologija razvijala tako su i korisnici imali sve veće zahtjeve prema poduzećima pa se kvaliteta počela doživljavati na različite načine. Gurui poput Feingbauma, Jurana i Crosbya dali su vlastite definicije kvalitete. Feingbaum (1997) utvrđuje da je kvaliteta najznačajnija sila koja

⁷ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 3

⁸ Ibidem.

⁹ Ibidem, str. 4

¹⁰ Ibidem.

dovodi do ekonomskog rasta poduzeća na međunarodnim tržištima, pritom definirajući kvalitetu kao ukupni zbroj karakteristika proizvoda ili usluge nekog poduzeća kojima će oni, prilikom uporabe, ispuniti očekivanja kupaca. Juran (2003) kvalitetu je definirao kao prikladnost uporabe za kupca. Philip Crosby (1980) definira kvalitetu kao prilagođavanje zahtjevima kupca. Badnar i Reeves (1994) navode kako se tijekom povijesti kvaliteta nerijetko definirala kao vrijednost, sukladnost specifikacijama, sukladnost zahtjevima kupaca, prikladnost uporabe, izbjegavanje gubitaka ili zadovoljavanje i premašivanje očekivanja kupaca.¹¹

2.1. Upravljanje kvalitetom

Kako se razvijala ljudska vrsta tako je dolazilo do razvoja sredstava za rad i stvaranjem proizvoda radi zadovoljavanja ljudskih potreba. Razvoj procesa proizvodnje bio je vrlo dug, sa skromnim počecima gdje su se proizvodi proizvodili uporabom žive sile čovjeka. Sa razvojem ljudske vrste počeli su se koristiti razni alati i strojevi. Potom dolazi do intelektualizacije fizičkog rada i materijalizacije intelektualnog rada. Te što se sve više bližimo modernome dobu počinje se koristiti automatika i informatika.¹²

Čovjek svojim djelovanjem u procesu proizvodnje proizvoda generira neophodne i neopravdane troškove koji zajedno čine ukupne troškove koji su dio troškova kvalitete. Makar su troškovi kvalitete postojali u svim razvojnim etapama čovječanstva, sama svijest o njihovom postojanju nastaje tek ranih tridesetih godina 20. stoljeća, odnosno dvadesetak godina prije nego što kvaliteta postaje samostalna znanstvena disciplina. Samu povijest spoznaje o troškovima dijelimo na dva razdoblja: razdoblje do velike svjetske ekonomske krize tridesetih godina 20. stoljeća i razdoblje nakon velike svjetske ekonomske krize.¹³

U razdoblju do velike svjetske krize postojali su troškovi kvalitete, ali ne i svijest o njihovom postojanju kao sasvim osobitoj vrsti troška na koji se može djelovati. Razdoblje nakon svjetske ekonomske krize koju započinje takozvani crni petak, odnosno pad na Newyorškoj burzi,

¹¹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 3

¹² M. Drljača, Troškovi kvalitete-povijesni razvoj spoznaja i perspektive, str.3

¹³ Ibidem, str. 4

nazivamo razdoblje nakon svjetske ekonomske krize. Tu dolazi do intenzivnog razvoja svijesti i spoznaja o troškovima kvalitete. Taj razvoj dijelimo na pet faza:

1. Razvojna faza 1933-1950. godine. U znanstvenim radovima (Miner i Crocker) troškovi kvalitete se opisuju kao troškovi otpada, dorade i vošenja odjela kvalitete. U ovoj fazi ne postoji sustavno praćenje troškova kvalitete.
2. Razvojna faza 1951-1966. godine. Mnogi ekonomisti poput Josepha Mosesa Jurana, Armanda Vallina Feigenbauma odbacuju dosadašnje vjerovanje o troškovima kvalitete te dolaze do novih spoznaja da se među troškove kvalitete ubrajaju troškovi preventive, neposredne kontrole, sve vrste pogrešaka unutar poduzeća te vanjski troškovi koji se odnose na reklamacije, servise i sl.
3. Razvojna faza 1967-1980. godine. Dolazi do dodatnog proširenja pojma te se u troškove kvalitete počinju ubrajati troškovi usklađenosti i neusklađenosti u odnosu na specifikacije, vidljive i nevidljive greške, kontroliranje i nekontroliranje, slučajne i logične greške.
4. Razvojna faza 1981-1999. godine. Dolazi do daljnjeg proširenja na troškove preventive, troškove procjene ili ispitivanja, unutarnje troškove pogrešaka i vanjske troškove pogrešaka.
5. Razvojna faza koja je započela 2000. godine. Dolazi do nastanka međunarodne norme ISO 9001:2000, klasifikacija troškova kvalitete postaje sve šire primjenjujuća te se počinje primjenjivati na sve djelatnosti.¹⁴

Upravljanje kvalitetom sadrži četiri glavne komponente: planiranje kvalitete, osiguranje kvalitete, kontrola kvalitete i poboljšanje kvalitete. Upravljanje kvalitetom nije usredotočeno samo na kvalitetu proizvoda i usluga već i na način postizanja kvalitete. Sukladno tome, Američko udruženje za kvalitetu (ASQ) definira upravljanje kvalitetom kao primjenu formaliziranih sustava s ciljem postizanja maksimalnog zadovoljstva kupca uz minimalne ukupne troškove i postizanje kontinuiranog unapređenja.¹⁵

Planiranje kvalitete proces je unutar upravljanja projektima i poslovanjem, koji se odnosi na postavljanje ciljeva, standarda i strategija da bi se osigurala visoka kvaliteta proizvoda, usluga ili

¹⁴ M. Drljača, Troškovi kvalitete-povijesni razvoj spoznaja, str. 4.-16.

¹⁵ Prof.dr.sc. Krešimir Buntak, Izv. Prof. dr. Sc. Tomislav Baković, Doc. Dr. Sc. Petar Mišević, Doc. Dr. Sc. Mate Damić, Luka Bunić, univ. Spec oec.: op. cit. Str. 17

projekata. Cilj je planiranja kvalitete osigurati da isporučeni proizvodi ili usluge zadovoljavaju ili premašuju očekivanja klijenata ili korisnika. Planiranje kvalitete u stvari je dio upravljanja kvalitetom koji je usmjeren na postavljanje ciljeva kvalitete i specificiranje potrebnih operativnih procesa i povezanih resursa za postizanje ciljeva kvalitete.¹⁶

Početni je korak u osiguravanju da određeni proizvod ili usluga zadovoljavaju potrebe kupaca kontrola kvalitete. Američko udruženje za kvalitetu definira kontrolu kvalitete kao „dio upravljanja kvalitetom orijentiran na ispunjavanje zahtjeva kvalitete“. Alternativna definicija navodi kako kontrola kvalitete podrazumijeva „operativne tehnike i aktivnosti koje se koriste za ispunjenje zahtjeva vezanih uz kvalitetu“. ISO9001 navodi kako se kontrola kvalitete može promatrati kao proces u kojem dionici unutar poduzeća ocjenjuju kvalitetu svih čimbenika uključenih u proizvodnju. Kontrola kvalitete služi reguliranju performansi procesa unutar neke poslovne organizacije. Može se promatrati kao aktivnost koja za svrhu ima održavanje standarda, ali ne i njegovo stvaranje. S druge strane, sami standardi kvalitete koji će utjecati na razinu zadovoljstva kupca određuju se postupcima odabira, mjerenja i korekcija koji se događaju nezavisno od same kontrole. Provodi se u svrhu analize ishoda nekog procesa te kao takva služi za mjerenje postignute razine kvalitete i kao osnova za poduzimanje radnji za ispravljanje nedostataka. Prema normi ISO 9011:2015, kontrola kvalitete stavlja naglasak na tri ključna organizacijska aspekta: 1. definirani i dobro upravljani procesi te jasni kriteriji za mjerenje performansi; 2. organizacijske kompetencije koje uključuju specifična znanja, vještine, iskustvo i kvalifikacije; 3. elementi socijalnog sustava unutar organizacije, zaposlenika, integriteta, samopouzdanja, organizacijske kulture, motivacije, timskog duha i kvalitetnih odnosa.¹⁷

Uspješno provođenje kontrole kvalitete podrazumijeva niz koraka koje organizacija mora provesti prije same kontrole, a to su sljedeći: 1. definirati koje parametre treba kontrolirati; 2. analizirati važnost definiranih parametara za organizaciju i potrebu kontrole prije, tijekom ili nakon što su dobiveni rezultati; 3. ustanoviti jedinicu mjere koja sadrži gornje i donje granice prihvatljivosti za parametre koje je potrebno kontrolirati; 4. izraditi planove za kontrolu koji određuju na koji će se način postići željeni rezultati te otkriti i ukloniti varijacije; 5. organizirati resurse za

¹⁶ Rataković M., Potpuno upravljanje kvalitetom, Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću, 2015., str. 24

¹⁷ Prof.dr.sc. Krešimir Buntak, Izv. Prof. dr. Sc. Tomislav Baković, Doc. Dr. Sc. Petar Mišević, Doc. Dr. Sc. Mate Damić, Luka Bunić, univ. Spec oec.: op. cit. Str. 18

implementaciju planova za kontrolu kvalitete; 6. instalirati alate za detekciju u odgovarajućim točkama u procesu kako bi se moglo pratiti odstupanje od specifikacije; 7. prikupiti i prenijeti podatke na mjesto za analizu; 8. provjeriti rezultate i dijagnosticirati uzorak odstupanja; 9. predložiti načine rješavanja uzorka odstupanja i odlučiti o radnji potrebnoj za vraćanje procesa u prvobitno stanje; 10. poduzeti dogovorenu radnju i provjeriti je li odstupanje ispravljeno.¹⁸

Porast svijesti o važnosti kvalitete i razvoj znanosti o kvaliteti doveo je do prelaska s reaktivnog pristupa kontrole kvalitete na anticipativni pristup osiguranja kvalitete. Osiguranje kvalitete podrazumijeva promjenu fokusa s internih zahtjeva na zahtjeve kupca te, između ostalog, uključuje istraživanje tržišta i razvoj proizvoda i usluga u odnosu na zahtjeve tržišta. Može se reći da osiguranje kvalitete podrazumijeva stvaranje, a ne samo održavanje standarda. Američko udruženje za kvalitetu definira osiguranje kvalitete kao „dio upravljanja kvalitetom usmjeren na pružanje povjerenja da će se zahtjevi kvalitete ispuniti“. Njezina je svrha prevencija grešaka u proizvodnji i isporuci različitih proizvoda i usluga, odnosno ono podrazumijeva fokusiranje na kvalitetu u samom začetku poslovnih procesa, čiji je ishod isporuka određenog proizvoda ili usluge. Za razliku od kontrole kvalitete koja analizira ishode određenog procesa, osiguranje kvalitete podrazumijeva sustavno mjerenje i praćenje procesa u svim njegovim fazama u svrhu rane detekcije i prevencije pogrešaka.¹⁹

2.2. Procjenjivanje kvalitete

Procjenjivanje kvalitete iznimno je važno i ima ključnu ulogu u uspješnom poslovanju poduzeća. Omogućuje nam razumijevanje dimenzije zadatka kvalitete i područja koja zahtijevaju pouzdanost. Ono obuhvaća 4 elementa: troškove loše kvalitete, položaj na tržištu, kulturu kvalitete u organizaciji te funkcioniranje sustava kvalitete u poduzeću.²⁰

¹⁸ Prof.dr.sc. Krešimir Buntak, Izv. Prof. dr. Sc. Tomislav Baković, Doc. Dr. Sc. Petar Mišević, Doc. Dr. Sc. Mate Damić, Luka Bunić, univ. Spec oec.: op. cit. Str. 19

¹⁹ Prof.dr.sc. Krešimir Buntak, Izv. Prof. dr. Sc. Tomislav Baković, Doc. Dr. Sc. Petar Mišević, Doc. Dr. Sc. Mate Damić, Luka Bunić, univ. Spec oec.: op. cit. Str. 21

²⁰ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 15

2.2.1. Troškovi loše kvalitete

Sam po sebi vrlo širok pojam kojemu se važnost počela pridavati tek 1950-ih godina te većina stručnjaka sam pojam veže uz troškove postizanja kvalitete. Kada spominjemo troškove kvalitete, govorimo o više kategorija troškova. U te kategorije spadaju:

- Troškovi unutarnjih manjkova – u njih spadaju troškovi vezani uz nedostatke u samoj proizvodnji, odnosno prije nego što je proizvod dostavljen kupcu. U njih ubrajamo:
 - Škart – sav rad, materijal ili roba s nedostacima koje ekonomski nije isplativo odstraniti, odnosno, čije bi odstranjivanje značilo financijski gubitak za poduzeće.
 - Doradu – popravci na neadekvatnoj robi koje je potrebno izvršiti kako bi ona zadovoljila određene kriterije.
 - Analizu propusta – troškovi analiziranja proizvedene robe, pronalaženje nesuglasnosti kako bi se utvrdio uzorak.
 - Škart i dorade robe na zalihi – troškovi vezane uz škart i dorade na robi, primljene od dobavljača, koju je potrebno izvršiti radi nesuglasnosti.
 - Sortiranje sto postotnom kontrolom – troškovi pronalaženja proizvoda s neprihvatljivom razinom nedostataka.
 - Ponovljenu kontrolu i ponovljeno ispitivanje – svi troškovi kontrole proizvoda koji su prošli doradu.
 - Gubitke u procesu koji se mogu izbjeći – troškovi koji se javljaju čak i kada proizvodi odgovaraju propisanoj normi.
 - Sniženje cijene – razlika u cijeni do koje dolazi zbog manjka u kvaliteti.²¹

Troškovi vanjskih propusta – troškovi nastali nakon što je proizvod dostavljen kupcu.

Troškovi jamstva – troškovi zamjene ili popravka proizvoda unutar zajamčenog roka.

Nagodbe prema pritužbama – troškovi nastali na opravdanim pritužbama kupca na dostavljeni proizvod zbog određenih nedostataka.

Vraćeni materijal – troškovi nastali u procesu zamjene proizvoda zbog manjka kvalitete.

²¹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 16.

Ođštete – troškovi nastali povlasticama koje kopci dobiju kada je dostavljeni kupac izvan norme a koje je kupac prihvatio onakvima kakvi jesu.²²

Troškovi ocjenjivanja – troškovi nastali u samom procesu ocjenjivanja sukladnosti proizvoda s propisanom normom.

Ulazna kontrola i ispitivanje – troškovi analize stanja kvalitete tek kupljenih proizvoda.

Kontrola i ispitivanje u procesu – troškovi nastali za vrijeme analize kvalitete proizvoda prema zahtjevima u specifičnoj fazi procesa u kojem se proizvod nalazi.

Završna kontrola i ispitivanje – troškovi analize proizvoda u svrhu određivanja razine prihvatljivosti proizvoda na određene zahtjeve.

Pregled kvalitete proizvoda – troškovi nastali prilikom određivanja konačne razine kvalitete na proizvodima koji se nalaze u proizvodnom procesu ili na gotovim proizvodima.

Održavanje točnosti opreme za ispitivanje – troškovi nastali u procesu održavanja mjernih instrumenata i ostale opreme korištene u procesu ispitivanja kvalitete.

Kontrola i ispitivanje materijala i usluga – troškovi materijala i rada koji su se utrošili u procesu kontrole ispitivanja kvalitete.

Vrednovanje zalihe – troškovi nastali u procesu određivanja kvalitete proizvoda na skladištima ili na zalihama.²³

Troškovi preventive – troškovi do kojih dolazi kako bi se troškovi propusta i ocjenjivanja održavali na što nižim razinama.

Planiranje kvalitete – obuhvaća vrlo širok skup aktivnosti koje čine plan kvalitete, te brojne posebne aktivnosti.

Preispitivanje novog proizvoda – ispitivanje pouzdanosti i drugih aktivnosti vezanih uz ocjenjivanje kvalitete prije puštanja proizvoda na tržište.

²² Ibidem, str 17.

²³ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 17.

Kontrola procesa – troškovi nastali za vrijeme kontroliranja i ispitivanja u određenom procesu radi određivanja statusa procesa.

Nezavisne provjere kvalitete – troškovi nastali u ocjenjivanju svih izvršenih aktivnosti u sveukupnom planu kvalitete.

Vrednovanje kvalitete dobavljača – troškovi nastali u procesu ocjenjivanja dobavljača, odnosno u procesu odabira, pregledavaju se sve aktivnosti za vrijeme trajanja ugovora, provođenje zajedničkih nastojanja s dobavljačima.

Podučavanje – troškovi nastali prilikom pripremanja i provođenja programa podučavanja i edukacije u svrhu kvalitete.²⁴

U sljedećoj tablici prikazan je primjer proračuna jednog proizvođača guma.

Tablica 1. Godišnji prikaz troškova kvalitete proizvođača guma

Troškovi propusta u kvalitete – gubici	Iznos	Postotak
Zaliha s nedostacima	3.276,00 USD	0,37%
Popravci na proizvodu	73.229,00 USD	8,31%
Skupljeni škart	2.288,00 USD	0,26%
Škart – ostaci	187.428,00 USD	21,26%
Nagodba s potrošačem	408.200,00 USD	46,31%
Proizvodi sa sniženom cijenom	22.838,00 USD	2,59%
Nenaklonost kupca	Nije izračunato	

²⁴ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 18

Kupčevo prilagođavanje politike	Nije izračunato	
Ukupno	697.259,00 USD	79.10%
Troškovi ocjenjivanja		
Ulazna kontrola	32.655,00 USD	2,68%
Kontrola 1	32.582,00 USD	3,70%
Kontrola 2	25.200,00 USD	2,86%
Kontrola na licu mjesta	65.910,00 USD	7,37%
Ukupno	147.347,00 USD	16.60%
Troškovi preventive		
Kvaliteta lokalnog postrojenja		
Inženjerstvo kontrole	7.848,00 USD	0.98%
Kvaliteta na razini korporacije		
Inženjerstvo kontrole	30.000,00 USD	3.40%
Ukupno	37.848,00 USD	4,29%
Sveukupno	882.454,00 USD	100.00%

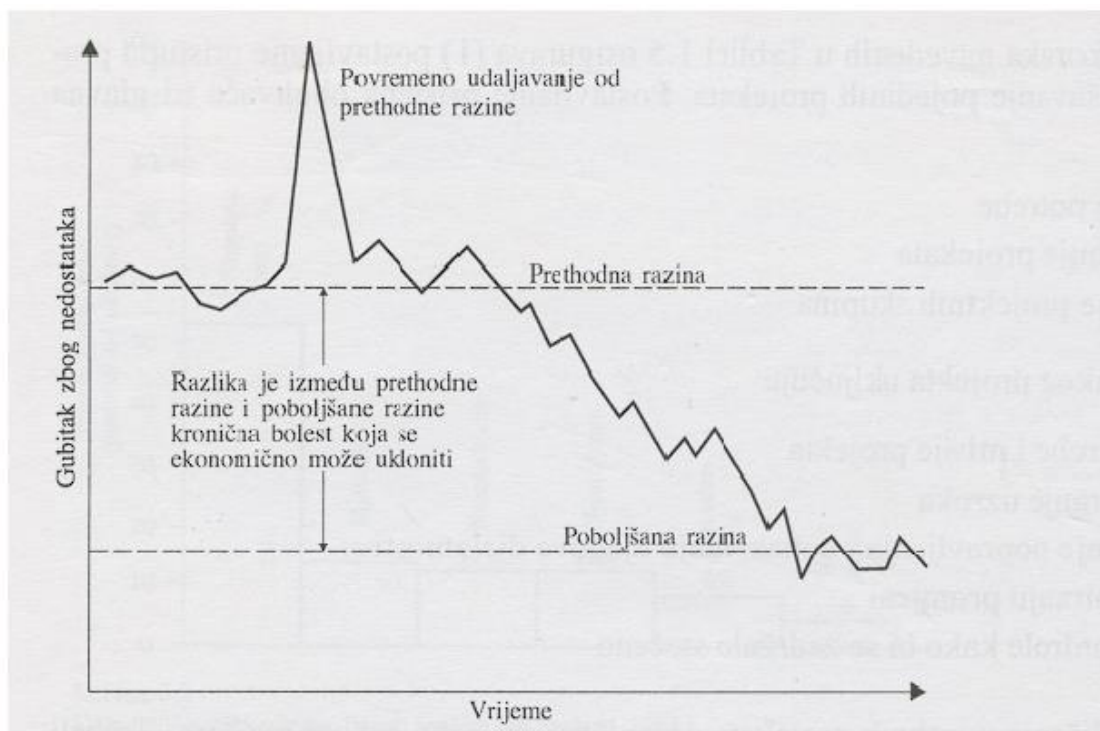
Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993., str. 19.

Iz tablice se može zaključiti da bez obzira na veličinu poslovnog subjekta, godišnji trošak od 882.454,00 USD vrlo je velik. Velika većina troškova (79,10%) odnosi se na otklanjanje propusta i popravke. Vrlo mal postotak troškova odnosi se na preventivu. Upravo iz prikazanog primjera možemo vidjeti veliku važnost praćenja i ulaganja u kvalitetu. Isti proizvođač zbog loših je rezultata jedne godine povećao proračun u svrhu preventive nastajanja budućih troškova.

2.3. Poboljšavanje kvalitete i smanjivanje troškova

Proces poboljšavanja kvalitete igra glavnu ulogu u procesu smanjivanja troškova. Troškovi nastali zbog niže razine kvalitete mogu se pojaviti zbog dvaju tipa problema: povremenih problema i trajnih problema kvalitete. Povremeni problemi nastupaju iznenadno i zahtijevaju brzo popravljjanje kako bi se kvaliteta vratila u prihvatljivo stanje. Trajni problemi kvalitete dugotrajni su i zahtijevaju promjene samog početnog stanja koje je bilo zadovoljavajuće kako bi razina kvalitete ponovno pridobila zadovoljavajuće stanje.²⁵

Slika 1. Povremeni i trajni problemi kvalitete



Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993. str. 41

Važno je razlikovati tipove problema stanja kvalitete zbog sljedećih razloga:

1. Velike su razlike u samom pristupu kojim rješavamo povremene i trajne probleme. Povremeni problemi vrlo su dinamični i nastaju vrlo brzo te zahtijevaju da im se posveti velika

²⁵ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 40

pozornost. Trajni problemi specifični su na svoj način, javljaju se nakon dužeg vremena te ih je kao takve teško riješiti brzo te ih je potrebno prihvatiti kao neizbježne.

2. Budući da se trajni problemi smatraju kao neizbježni, potrebno je paziti da zbog toga veliku pozornost ne posvećujemo samo na rješavanje povremenih problema jer ignoriranje stalnih problema ne vodi k većoj uštedi koja bi se ostvarila na rješavanju trajnih problema.²⁶

Kada koristimo izraz kontrola, on se odnosi na određeni proces koji mora zadovoljiti određenu normu. Potrebno je promatrati stvarno ostvarenje rezultata, rezultate usporediti s normom te, ako su vidljiva odstupanja stvarnog stanja od norme, tada je potrebno djelovati kako bi se stvarno stanje vratilo u zadovoljavajuće gabarite norme. Proces kontrole kod privremenih problema sastoji se od sljedećih koraka: 1. izbor predmeta kontrole; 2. izbor jedinice mjere; 3. postavljanje cilja za predmet kontrole 4. stvaranje senzora koji može mjeriti predmet kontrole uz pomoć mjernih jedinica; 5. mjerenje stvarnog ispunjavanja funkcije; 6. tumačenje razlike između stvarnog stanja i norme te 7. djelovanje.

Kontrola je usmjerena na zadovoljavanje krajnjih ciljeva i sprječavanje promjena, odnosno zadržavanje stanja onakvim kakvo jest. Kako bi se stanje održalo unutar norme, vrlo je bitan element svega mjerenje. Mjerenje je osnovno kod svakog procesa kvalitete: kontrole kvalitete, kod planiranja kvalitete te kod poboljšanja kvalitete.²⁷

Idealna situacija u procesu planiranja kvalitete bila bi da svaki zaposlenik ima mogućnost samokontrole. Samokontrola označava da se posao organizira na način koji omogućuje zaposleniku da potpuno ovladava postizanjem planiranih rezultata. Tada se smatra da je zaposlenik u stanju samokontrole te se kao takav može smatrati odgovornim za rezultate. Da bi bili u stanju samokontrole, zaposlenici moraju posjedovati: razumijevanje o tome što treba raditi, razumijevanje o njihovom ispunjavanju funkcije te načine za ispravljanje ukoliko ne uspiju udovoljiti ciljevima.

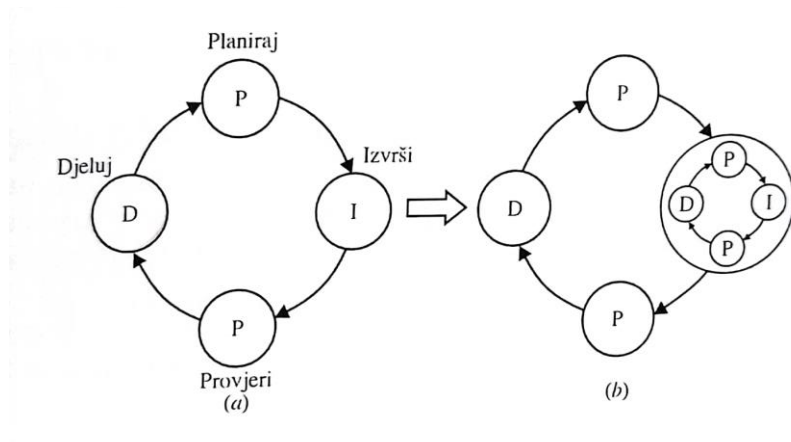
Kontrola i samokontrola komplementarni su pojmovi, ali postoji bitna razlika. Klasična kontrola provodi se tijekom izvršenja zadatka, a samokontrola omogućuje vrednovanje planova prije nego

²⁶ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 41.

²⁷ Ibidem, str. 99.

što je zadatak izvršen. Odnos kontrole i samokontrole moguće je iščitati iz sljedeće slike. Proces kontrole jednog radnika u sebi sadrži još jedan krug „planiraj, izvrši provjeri, djeluj“.²⁸

Slika 2. Odnos kontrole i samokontrole



Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str.

101.

Rješavanje trajnih problema kvalitete ostvaruje se prelaskom s prethodne razine na poboljšanu razinu kvalitete. Ne bi li se to ostvarilo, najbolje je koristiti se pristupom projekt po projekt. Da bi se on postavio potrebno je postaviti sljedeće korake: 1. dokazivanje potrebe; 2. ustanovljavanje projekta; 3. organiziranje projektnih skupina. S druge strane, provođenje svakog projekta uključuje: provjeru potrebe i misije projekta, dijagnosticiranje uzroka, omogućavanje popravljanja i dokazivanje njegove djelatnosti, bavljenje opiranjima promjeni te vođenje kontrole s ciljem zadržavanja stečenog.

Sami rezultati projekta ograničeni su isključivo maštom. Potrebno je ispitati sve običaje i pretpostavke o radnim aktivnostima i svakako težiti za većim poboljšanjima (reprojektiranje rada).²⁹

Prije pojašnjenja pojedinih koraka u nastavku će se prikazati kako funkcionira pristup projekt po projekt. „Problem se odnosi na proces lemljenja u GTE Korporaciji u proizvodnji tiskanih pločica. Tipična tiskana pločica ima 1700 lemljenih spojeva. Svaka nepotpunost lemljenog spoja može

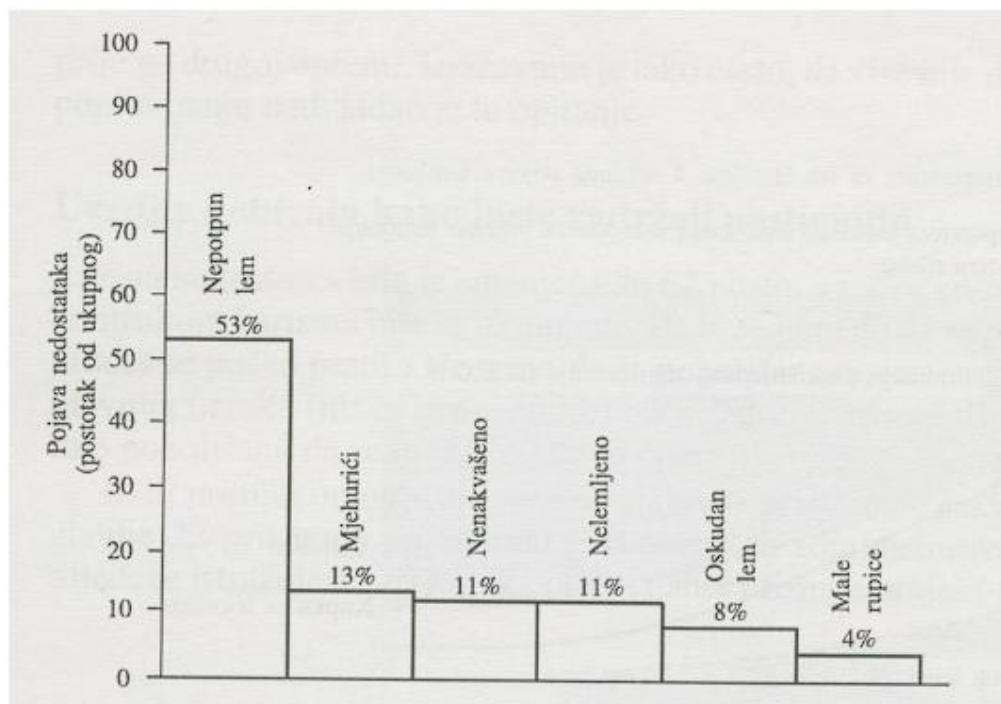
²⁸ Ibidem, str. 101.

²⁹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 42

prouzročiti probleme u ispitivanju ili probleme u ispunjavanju funkcije i pouzdanosti za kupca.³⁰
Koraci poboljšanja jesu sljedeći:

1. Potvrditi potrebu i misiju projekta: na više od 15 % lopatica primijećen je da veliki broj spojeva zahtijeva doradu. Misija je smanjiti broj spojeva sa nedostatkom.
2. Dijagnosticiranje uzorka: organizirana je skupina zaposlenika iz različitih odjela čije se funkcije isprepleću da bi se izradila dijagnoza i usmjerio projekt u pravom smjeru.

Slika 2. Vrste nedostataka



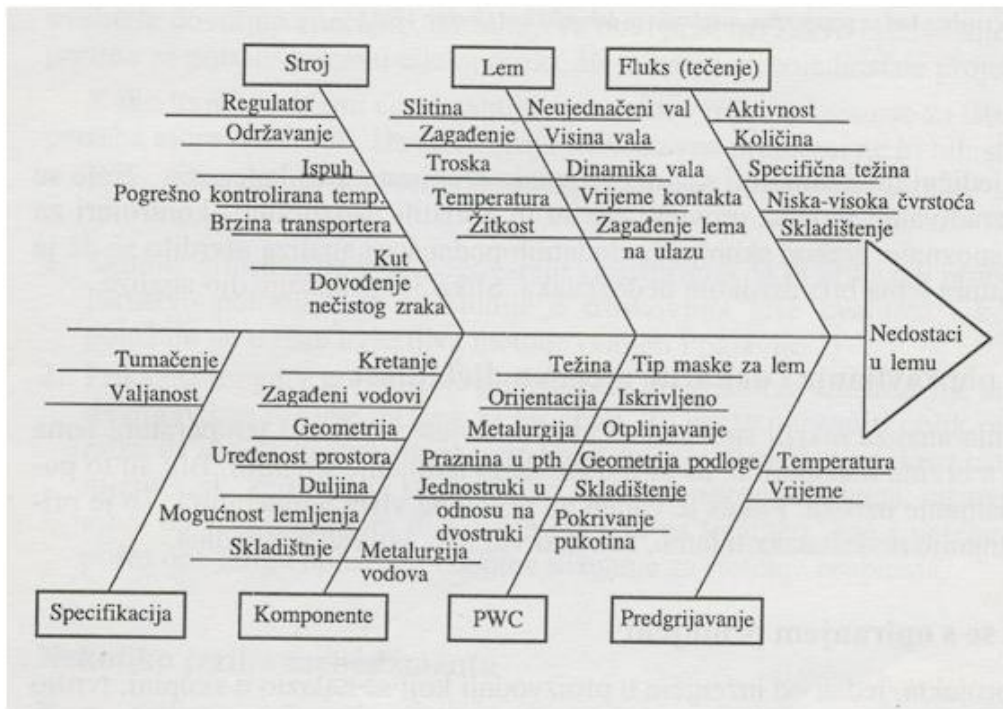
Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 43

Iz dijagrama se iščitava točan odnos različitih vrsta kvarova i omogućuje njihov jasan pregled te se naveliko olakšava odabir nedostatka koje je potrebno ispraviti.

Na idućoj slici prikazan je uzročno-posljedični dijagram koji sužuje grupiranje u svega tri kategorije, čime se omogućilo izrađivanje slijeda koraka, daljnje provjere koju su koristili nadzornici i kontrolori.

³⁰ Ibidem, str. 42

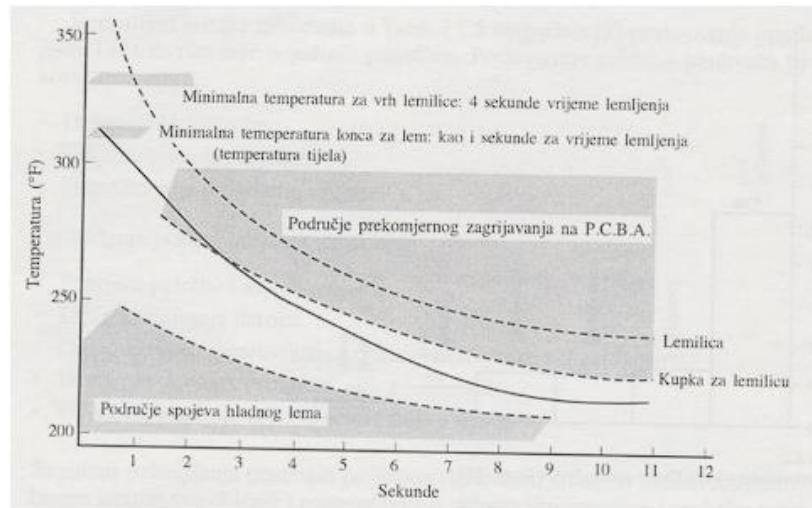
Slika 3. Uzrok – posljedica dijagram



Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 43

Kada su se svi podaci u konačnici sakupili i analizirali, utvrdilo se je da je glavni uzrok nedostatka bila niska temperatura lema.

Slika 4. Odnos temperature i vremena



Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 44.

3. Omogućavanje popravka i dokazivanja njegove djelotvornosti: temeljem prijašnje dijagnoze i daljnje analize otkrili su da je za postizanje idealnih uvjeta nužno podizanje temperature lema, a smanjivanje brzine stroja za transport valnog lemljenja. Napravljen je pokus pri višim temperaturama te se ustanovilo da su otklonjeni nedostaci u lemu bez novih nepoželjnih posljedica.³¹

4. Smanjiti opiranje promjeni: u početku projekta jedan je inženjer tvrdio da je uzrok izvan mogućnosti stroja. Dijagnoza ga je uvjerala u suprotno, ali je tvrdio da bi povišenje temperature moglo imati druge štetne posljedice, tvrdnja koja se zasnivala na deset godina starom istraživanju na drugačijoj opremi. U konačnici bitno je da je dokaz o mogućnosti popravljivanja nedostataka nadvladao opiranje.³²

5. Uvođenje kontrole u cilju zadržavanja postignutog: nedostaci su smanjeni za 62 %, eliminirana je točka izvan kontrole na statističkim kontrolnim kartama. Kako bi se osiguralo da se poboljšanje razine održava, proces se počeo pratiti. Zbog potrebe za garancijom novih poboljšanih razina, čitav

³¹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 44

³² Ibidem, str. 44

proces počeo se pratiti i kontrolirati. Kao rezultat ustanovljeno je održavanje poboljšane razine kvalitete lemljenog spoja, uz otklanjanje potrebe za operacijom ručnog popravljanja spoja.

2.3.1. Dokazivanje potrebe

Za dokazivanje potrebe potrebno je uvjeriti određene razine menadžmenta da je pitanje kvalitete dovoljno značajno, odnosno da je potreban novi pristup. Sve počinje s ciljem da se uvede poboljšanje u čitavom poduzeću ali i na pojedinačnim projektima. Da bi menadžeri odobrili novi pristup kvaliteti potrebno je: skupiti i prikazati činjenične informacije koje dokazuju potrebu za promjenom kvalitete, prikazati prednosti koje proizlaze iz procesa unaprjeđenja kvalitete te iskoristiti ih da se opravdaju traženi resursi za provođenje programa unaprjeđenja kvalitete.

Prilikom dokazivanja potrebe za unaprjeđenje kvalitete korisno je služiti se takozvanim „menadžerskim jezikom“. Ovisno o razini menadžmenta koristimo se različitim „jezicima“. Viši menadžment najbolje govori jezikom novca dok na nižim razinama koriste se drugačiji oblici jezika, kao što je vidljivo u tablici.

Tablica 2. Jezici menadžmenta

Jezik novca
X % prihoda od prodaje
X % troškova proizvodnje
X centi po dionici čistog prihoda
X milijuna EUR godišnje za škart i doradu u usporedbi sa zaradom od X milijuna EUR godišnje
X milijuna EUR godišnje
X % operativnih troškova jednog odjela
Drugi jezici
Ekvivalent jednom postrojenju u tvrtki koji radi X% posla s nedostatkom cijele godine

X % inženjering izvora potrošenih na pronalaženje i ispravak slabosti projekta
X % kapaciteta proizvodnje odrađenog za ispravak problema kvalitete
X % zaliha kojima su propisana svojstva razine loše kvalitete
X% poništenih narudžbi za prodaju
X % proizvodnog osoblja određenog za ispravak problema kvalitete

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 46

2.3.2. Ustanovljavanje projekta

Ustanovljavanje projekta sastoji se od predlaganja, podvrgavanja oštrom ispitivanju i izboru projekta.

Predlaganje projekta proizlazi iz pet izvora: iz analize procjenjivanja, kao što su analiza podataka o troškovima loše ili slabije kvalitete, položaja kvalitete na tržištu, ili nekih drugih; iz analize ostalih saznanja iz prakse, kao što su usluge za kupca i drugog osoblja te ulazni podaci od prodaje; iz procesa postavljanja ciljeva poput upravljanja po ciljevima i godišnjem proračunu; iz svih razina upravljanja i radne snage; iz razvoja proizašlih iz utjecaja kvalitete proizvoda na društvo kao što su državni propisi, rast broja tužbi radi odgovornosti za proizvod.³³

Prilikom pokretanja prijedloga za projekt koristi se pomagalo za analizu zvano Paretovo načelo. Primjenjuje se na troškove loše kvalitete te navodi da je nekoliko čimbenika troškova odgovorno za velik broj troškova. Te je čimbenike bitno prepoznati kako bi se izvori za poboljšanje kvalitete mogli raspodijeliti upravo u tim područjima.³⁴

U tvornici papira otkriveni su ukupni troškovi u iznosu od 9 milijuna dolara koji su isključivo vezani za kvalitetu. Kategorija upropaštenog iznosi 5,56 milijuna, odnosno, 61 posto troškova

³³ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 47

³⁴ Ibidem, str. 47

kvalitete. Ukoliko se nešto ne poduzme, neće doći do smanjenja tih troškova. Troškovi su prikazani u sljedećoj tablici.

Tablica 3. Paretova analiza po obračunu

Obračunska kategorija	Godišnji gubitak zbog kvalitete	Ukupni gubitak zbog kvalitete	
		Gubitak zbog upropaštenog papira	Kumulativni gubitak zbog upropaštenog papira
Upropašteni papir	5.560.000,00 \$	61 %	61 %
Reklamacija kupca	1.220.000,00 \$	14 %	75 %
Pojedinačna isporuka	780.000,00 \$	9 %	84 %
Visoki troškovi materijala	670.000,00 \$	7 %	91 %
Vrijeme izvan pogona	370.000,00 \$	4 %	95 %
Prekomjerna kontrola	280.000,00 \$	3 %	98 %
Visoki troškovi i ispitivanja	190.000,00 \$	2 %	100 %
Ukupno	9.070.000,00 \$		

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 48

U toj se tvornici papira proizvode 53 različite vrste papira. Upropašteni papir dodjeljuje se između različitih vrsta papira – Paretovo načelo opet je očito. Šest od svih vrsta proizvoda direktno je odgovorno za 4.48 milijuna dolara troškova, što je 80 posto od 5.56 milijuna. Ako se nešto ne poduzme, na tih šest vrsta papira neće doći do većih poboljšanja. Tih 6 vrsta papira čine ukupno

12 posto od ukupne proizvodnje različitih papira te je tih 12 posto odgovorno za 80 posto troškova.³⁵ Podaci su vidljivi u sljedećoj tablici.

Tablica 4. Paretova analiza po proizvodima

Vrsta papira	Godišnji gubitak zbog upropaštenog papira	Postotak gubitka zbog upropaštenog papira	Kumulativni gubitak zbog upropaštenog papira
A	1.320.000,00 \$	24 %	24 %
B	960.000,00 \$	17 %	41 %
C	720.000,00 \$	13 %	54 %
D	680.000,00 \$	12 %	66 %
E	470.000,00 \$	8 %	74 %
F	330.000,00 \$	6 %	80 %
Ukupno	4.480.000,00\$		
47 vrsta ostalih papira	1.080.000,00 \$	20 %	100 %
Ukupno 53 vrste papira	5.560.000,00 \$	100 %	

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 48

Zadnja tablica prikazuje vrste nedostataka koje se pojavljuju kod ovih šest vrsta papira i koliko iznose troškovi. Iznosi su prikazani u tisućama.

³⁵ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str.. 47

Tablica 5. Vrste nedostataka

Vrsta papira	Obrezivanje	Vidljivi nedostaci	Šupljine	Poderanost	Prozirnost	Ostali nedostaci	Ukupno
A	270 \$	94 \$	0 \$	162 \$	430 \$	364 \$	1.320 \$
B	120 \$	33 \$	0 \$	612 \$	58 \$	137 \$	960 \$
C	95 \$	78 \$	380 \$	31 \$	74 \$	62 \$	720 \$
D	82 \$	103 \$	0 \$	90 \$	297 \$	108 \$	680 \$
E	54 \$	108 \$	0 \$	246 \$	0 \$	62 \$	470 \$
F	51 \$	49 \$	49 \$	16 \$	33 \$	142 \$	330 \$
Ukupno	672 \$	465 \$	419 \$	1.157 \$	892 \$	875 \$	4.480 \$

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 48

U praksi srednji menadžment kritički pregledava predložene projekte a konačnu odluku i odobrenje donosi viši menadžment. Kritičko pregledavanje ovisi o više aspekata. U razmatranje se uzima opseg posla, opseg projekta i potencijalna korist. Tvrtka Colonial Penn Insurance Company navodi da kod izbora potencijalnog projekta potrebno je postaviti šest pitanja: Možemo li utjecati? Možemo li analizirati? Jesu li podaci raspoloživi?, Jesu li oni mjerljivi? Koja su područja napadnuta?, Koje su razine kontrole?³⁶

AT&T koristi Pareto prioritetni indeks (PPI) za ocjenjivanje svakog projekta koji glasi:

$$PPI = \frac{\text{Uštede} \times \text{Vjerojatnost uspjeha}}{\text{Troškovi} \times \text{Vrijeme do završetka (godine)}}$$

³⁶ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 49.

U sljedećoj tablici možemo vidjeti taj indeks u primjeni na pet potencijalnih projekata. Što je vrijednost veća to označava veći prioritet i obrnuto.

Tablica 7. Primjena PPI indeksa

Projekt	Uštede	Vjerojatnost	Troškovi	Vrijeme	PPI
A	100.000,00 \$	700,00 \$	10	2	3.5
B	50.000,00 \$	700,00 \$	2	1	17.5
C	30.000,00 \$	800,00 \$	1.6	0.25	60
D	10.000,00 \$	900,00 \$	0.5	0.50	36
E	1.500,00 \$	600,00 \$	1	0.10	9

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 49.

Pri izboru prvog projekta moramo se voditi tezom da je uspješan projekt oblik dokazivanja članovima aprojektne skupine da odabrani proces poboljšanja stvarno vodi k potrebnim i korisnim rezultatima. Upravo zato prvi projekt mora biti pobjednik kako bi potaknuo daljnja unaprjeđenja. U idealnim situacijama projekt se treba baviti trajnim problemima, morao bi biti ostvariv, značajan, rezultati moraju biti mjerljivi (bilo u novcu ili tehnološkim zahtjevima) i mora služiti kao poučno iskustvo.³⁷

2.3.3. Organiziranje projektne skupine

Projektna skupina obično se sastoji od nekolicine osoba s viših odjela, čiji je zadatak dovesti projekt do uspješnog završetka. Po završetku projekta projektna se skupina raspušta. Projektnu skupinu obično čine sljedeći članovi: voditelj projektne skupine, koji usmjerava ostale članove projektne skupine njihovim odgovornostima i koji mora imati veliku razinu znanja o projektnom području i vještine pri izboru ostalih članova projektne skupine; zatim tajnik projekta, čiji je glavni zadatak rukovanje dokumentacijom (poput programa rada, zapisnika sa sastanaka...); te članovi projektne skupine, u koju spadaju srednji menadžment, stručnjaci i ljudi iz radnog osoblja. Od

³⁷ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str.. 50

članova se zahtijeva da posjeduju sve vještine potrebne za uspješno odrađivanje projekta. Ako se radi o izrazito složenom projektu u članstvo se također uključuju i olakšavatelji. Njihova uloga je tumačenje pristupa poboljšanju kvalitete, omogućavanje pomoći u stvaranju skupine, pomoć u podučavanju projektnih skupina, pomoć voditelju u rješavanju međuljudskih odnosa, pomaganje pri odabiru, da se ne bi izabrao loš projekt, podnošenje izvještaja menadžmentu, oživljavanje napuštenog projekta.³⁸

2.3.4. Spoznaje potrebe i misije projekta

Pretpostavka je da je projekt odabran jer nosi određenu važnost sa sobom. Vrlo je korisno da se potvrdi veličina problema u brojkama. To je bitno jer garantira da je vrijeme koje će skupina potrošiti opravdano te uvelike pomaže pri opiranju prihvaćanja potrebe za projektom.

Bitno je da se potvrdi opseg projekta nakon što se sastala projektna skupina te da se članovi tima uvjere da se dana zadaća može završiti. Ako to nije moguće, projekt se dijeli na nekoliko manjih projekata i produljuje se trajanje projekta.³⁹

2.3.5. Dijagnoza uzroka

Dijagnoza je proces proučavanja simptoma i problema te posljedično određivanje njihovog uzroka. Prošireno je vjerovanje među voditeljima da je velik broj nedostataka nastao u procesu proizvodnje te da se te pogreške pripisuju greškama radnika. Istraživanja su pokazala da je u većini slučajeva to nije tako. Ta istraživanja jesu: istraživanje o korijenu nedostataka u projektu, proizvodnji itd. te istraživanje koje će odrediti može li nedostatke primarno kontrolirati menadžment ili radnici – uglavnom menadžment kontrolira više od 80 % a radnici manje od 20 %. Takva sveobuhvatna istraživanja omogućuju važnu smjernicu za poboljšanje.⁴⁰ Kako bi došlo do poboljšanja kvalitete pratimo dva puta. Prvi je dijagnostički put (od simptoma do uzroka) i popravni put (od uzroka do popravljavanja). Dijagnostički put sastoji se od: proučavanja okolnih simptoma nedostataka koji bi

³⁸ Ibidem

³⁹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 53

⁴⁰ Ibidem

služili kao temelj za postavljanje spoznaje o uzrocima, postavljanja spoznaja o uzrocima tih simptoma te skupljanja podataka i analiza podataka zbog ispitivanja spoznaje, a time određivanje uzroka.⁴¹

Nakon provođenja dijagnostičkog puta potrebno je formulirati spoznaje, a ono se sastoji od stvaranja spoznaje, prikazivanja spoznaje i izbor spoznaje koja će se ispitivati. Što se tiče stvaranja spoznaje, do spoznaje se najbolje dolazi preko linijskih voditelja, tehnologa, linijskih nadzornika i radnog osoblja. Potencijalni suradnici okupljaju se te započinju proces *brain storminga*. Potiče se kreativno razmišljanje međusobnim postavljanjem pitanja kako bi se navele spoznaje. Konačni rezultat popis je spoznaja koje se potom kritički pregledavaju. Kod prikazivanja spoznaja popis spoznaja u pravilu je vrlo velik i širok, te je iznimno važno da raspoređivanje spoznaja bude uredno. Takav prikaz pomaže u razumijevanju povezanosti spoznaja i za planiranje ispitivanja spoznaja. Nakraju, kod izbora spoznaja za ispitivanje, nakon što su spoznaje prikazane moraju se ustanoviti prioriteta za ispitivanje spoznaje. Nakon što se provedu ova tri koraka, pristupa se ispitivanju spoznaja i kreće se prvo od onih koje može voditi menadžment, a zatim slijede one koje mogu voditi radnici.⁴²

Kod ispitivanja spoznaja koje vodi menadžment proizvodi i procesi raščlanjuju se na operacije. Mnogi se proizvodi proizvode serijom uzastopnih operacija. Tek na kraju serije moguće je utvrditi je li proizvod proizveden s nedostatkom ili zadovoljava uvjete, ali nije poznato u kojoj fazi proizvodnje je nastao nedostatak. Moguće je izvršiti mjerenja u međufazama kako bi se otkrila faza u kojoj je nastao nedostatak te smanjiti buduće nastajanje nedostataka.⁴³ Raščlanjivanje procesa na operacije zatim omogućuje izradu dijagrama toka koji prikazuje sve korake u procesu.⁴⁴

Nakon toga slijedi analiza sposobnosti procesa. Proces proizvodnje ne smije držati tolerancije. Potrebno je iz procesa uzeti i analizirati mjerenja za određivanje svojstvenog iznosa varijabilnosti procesa te ih usporediti s granicama specifikacije.⁴⁵ Zatim slijedi analiza od toka do toka. Kako bi se zadovoljili zahtjevi opsega proizvodnje, potrebno je više proizvodnih izvora, odnosno tokova. Oni poprimaju oblik raznih strojeva, operatera, smjena, dobavljača. Iako tokovi na prvu mogu

⁴¹ Ibidem, str. 54.

⁴² J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 57

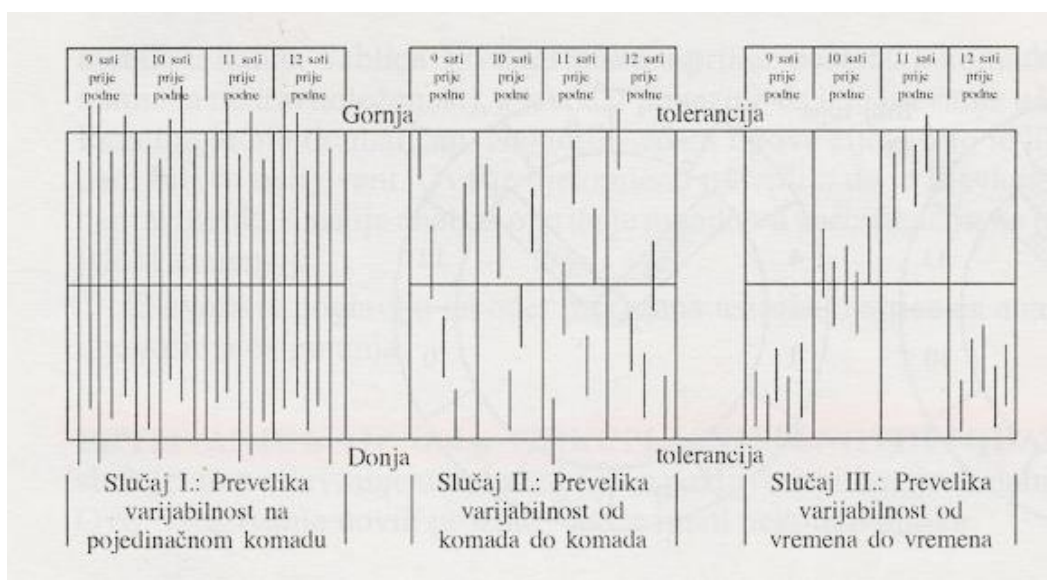
⁴³ Ibidem, str. 58

⁴⁴ Ibidem

⁴⁵ Ibidem

izgledati identično, rezultati proizvodnje mogu biti vrlo različiti.⁴⁶ Iduća je analiza od vremena do vremena. Ona uključuje jednostavne grafičke bilješke podataka na vremenskoj skali, analizu vremena između nenormalnosti ili problema, analizu brzine promjene, ili klizanje značajki, promjenu tehnika kumulativnih podataka u odnosu na vrijeme.⁴⁷ Zatim se provodi analiza varijacije komad-dio. Prikazuje se kroz viševarijacijski grafikon. Na primjeru prikazanom na sljedećoj slici prikazana su tri različita primjera međusobnog odnosa varijacije proizvoda i granice tolerancije.

Slika 5. Viševarijacijski grafikon



Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 61

Slučaj s lijeve strane onaj je u kojemu je varijacija unutar komada prevelika u odnosu na toleranciju. Srednji primjer slučaj je kada varijacija unutar komada dostatna, zauzimajući oko 20 % tolerancije. U desnom primjeru problem je prevelika varijacija od vremena do vremena.⁴⁸

Kod analize koncentracije nedostataka cilj je otkrivanje jesu li nedostaci locirani fizički na istom mjestu. Ova se tehnika najčešće koristi u trgovinama kada se utvrđuje jesu li svi komadi nepotpuni na isti način.⁴⁹ Kod traženja povezanosti analiza se može ubrzati povezivanjem simptoma

⁴⁶ Ibidem, str. 58

⁴⁷ Ibidem, str. 59

⁴⁸ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 61

⁴⁹ Ibidem, str. 61

problema s teorijom uzrokovanja, mjestom u procesu, sredstvima, radnicima ili projektom. Koriste se pomagala poput korelacije i matrice. Korelacija je pristup u kojem se grafički bilježe podaci koji povezuju javljanje simptoma problema s vrijednostima potencijalne uzročne varijable. Matrica označava pristup skupljanja prošlih ili sadašnjih podataka za dvije ili više varijabli jednog problema i sažmu se u jednu tablicu kako bi se vidjelo postoji li bilo kakav uzorak.⁵⁰ Još jedna spoznaja jest ispitivanje spoznaja prikupljanjem novih podataka. U nekim slučajevima otkrivanje uzroka zahtijeva pažljivo ispitivanje dodatnih koraka u procesu. Ono može imati nekoliko oblika: mjerenje međuetapa jedinstvene operacije, mjerenje nakon operacija koje se ne mogu kontrolirati, mjerenje dodatnih ili srodnih svojstava proizvoda ili procesa te proučavanje metoda o radnicima.⁵¹

Postoji i pojava ispitivanja spoznaja putem pokusa. Pokusi se odrađuju u laboratoriju ili izvan njega za određivanje i analizu dominantnih uzroka problema kvalitete. Primjeri pokusa prikazani su u sljedećoj tablici.⁵²

Tablica 8. Vrsta dijagnostičkih pokusa

Vrsta Pokusa	Svrha i pristup
Vrednovanje sumnjivih dominantnih varijabli	Vrednujte promjene u vrijednostima varijable i dijeljenjem isporuka u nekoliko dijelova i odrađivanjem svakog dijela s nekom različitom vrijednosti.
Istraživački pokusi za određivanje dominantnih varijabli	Statistički planirajte pokus u kojemu se broj značajki pažljivo varira da se dobiju podaci za kvantificiranje svake dominantne varijable i međusobno djelovanje varijabli.
Pokusi u proizvodnji	Izvršite male promjene u odabranim varijablama nekog procesa i vrednujte djelovanje kako bi se pronašla optimalna kombinacija varijabli.

⁵⁰ Ibidem

⁵¹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 61

⁵² Ibidem

Simuliranje	Koristite računalo za proučavanje varijabilnosti nekoliko ovisnih varijabli koje međusobno djeluju da bi dale konačan rezultat.
-------------	---

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str.. 64

Iduća je pojava ispitivanje spoznaje o problemima koje mogu kontrolirati radnici. Kada govorimo o ljudskim pogreškama moramo imati na umu da postoji veliki broj različitih vrsta pogrešaka. U sljedećoj tablici prikazana je distribucija 80 pogrešaka koje su učinili šaltersko uredski radnici zaposleni u osiguravajućem društvu.⁵³

Tablica 9. Matrica pogrešaka

Vrsta pogreške	Pisatelj police						Ukupno
	A	B	C	D	E	F	
1	0	0	1	0	2	1	4
2	1	0	0	0	1	0	2
3	0	16	1	0	2	0	19
4	0	0	0	0	1	0	1
5	2	1	3	1	4	2	13
6	0	0	0	0	3	0	3
...							

⁵³ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 66

29							
Ukupno	6	20	8	3	36	7	80

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 67

Analizirajući podatke iz tablice možemo doći do mnogo zaključaka, naprimjer: radnik B je prouzročio najviše grešaka vrste 3 dok ostali radnici nisu imali značajnih poteškoća, iz čega bi se dalo zaključiti da radnik B pogrešno tumači neki dio upute. Pogrešku vrste 5 svi su radnici ujednačeno napravili što navodi na razlike u pristupu izvođenja svih radnika te se može lako ispraviti kroz razgovor. Radnik E ima najveći broj pogrešaka od ostalih te je samostalno gotovo 50 % pogrešaka sam napravio. Razlozi tomu mogu biti različiti, od niske razine edukacija do nedostatka kapaciteta da se takav posao odradi.⁵⁴

Sljedeća tablica detaljnije pojašnjava povezanosti između vrste pogrešaka koje radnik počinj, uzroka pogreške i rješenja.

Tablica 10. Povezanosti između greške, razloga nastajanja i rješenja

Vrsta pogreške	Razlog nastajanja greške	Rješenje
Kod određenih nedostataka nitno nije sklon pogreškama; vrsta nedostatka je slučajna.	Pogreške su učinjene nehотиčno.	Proces otporan na pogreške.
Kod izvjesnih nedostataka neki su radnici dosljedno skloni pogreškama dok drugi nisu.	Pogreške su zbog nedostataka tehnike. Nedostatak tehnike može imati oblik skrivenog neznanja. Tehnika se može sastojati od poznate spretnosti ili skrivenog znanja.	Otkrivanje i širenje umijeća, otkrivanje i uklanjanje skrivenog neznanja.

⁵⁴ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 68

Neki su radnici dosljedno skloni pogreškama kroz široko područje nedostataka.	Svjestan propust zbog sukladnosti s normama, prirođena nesposobnost za izvršenje zadaće, nedostatak podučavanja.	Povećanje motivacije, premještaj radnika, dopuna podučavanja.
Kod izvjesnih nedostataka svi su radnici skloni pogreškama.	Pogreške koje može voditi menadžment.	Zadovoljavanje kriterija za samokontrolu.

Izvor: Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993, str. 68

Na temelju tablice možemo uočiti da pogreške radnika spadaju pod tri kategorije: nehoteične, tehničke i svjesne pogreške.

Nehoteične pogreške jesu one koje radnici ne mogu izbjeći zbog ljudskih nesposobnosti da zadrže pozornost. Mnoga su istraživanja pokazala da ljudska bića nisu u mogućnosti zadržati stalnu pozornost, taj problem posebno postaje izražajan u poslovnim procesima koji nisu dobro postavljeni. Postoji nekoliko različitih nehoteičnih pogrešaka, a to su: nenamjerna – radnik ne želi raditi greške; nesvjesna – u vrijeme kada čini pogrešku radnik toga nije svjestan; nepredvidiva – greška koju nije bilo moguće predvidjeti da će se dogoditi.⁵⁵ Ispravljanje nehoteičnih pogrešaka obuhvaća: smanjenje opsega ovisnosti o ljudskoj pozornosti, olakšavanje za ljude da se zadrži pozornost⁵⁶. Iduće su tehničke pogreške. One nastaju jer radniku nedostaje neka bitna tehnika, vještina ili znanje potrebno da se spriječi pogreška. Glavne karakteristike su nenamjerna, u kojoj radnik ne želi činiti pogreške; posebne koje su jedinstvene za određivanje vrste nedostatka – one vrste za koje je bitna tehnika koja nedostaje; dosljedna – radnici kojima nedostaju bitne tehnike kontinuirano će raditi greške; neizbježna – lošiji se radnici nisu u stanju usporediti s ispunjavanjem funkcije boljih radnika jer ne znaju što činiti drugačije.⁵⁷

Načini kako ustanoviti, analizirati i ispraviti tehničke pogreške jesu: za nedostatke koji se proučavaju potrebno je stvoriti i skupiti podatke koji prikazuju razlike između radnika, zatim

⁵⁵ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 69

⁵⁶ Ibidem

⁵⁷ Ibidem, str. 70

analizirati podatke i otkriti je li prisutna dosljednost, ustanoviti najbolje i najgore izvršitelje, proučiti metode koje primjenjuju najbolji radnici i najgori radnici kako bi se ustanovile razlike, proučiti razlike kako bi došli do korisne spretnosti koja daje bolje rezultate ili negativnu spretnost koja daje lošije rezultate, dovesti svakoga na razinu najboljeg zaposlenika kroz podučavanja, promjenu tehnologije i na način da se sam proces učini otpornim na greške.⁵⁸

Što se tiče svjesnih pogrešaka, postoji nekoliko vrsta: svjesna – vrijeme nastanka pogreške radnik nije svjestan da ju čini; namjerna – pogreška je rezultat namjere radnika; ustrajna – radnik koji čini grešku namjerno ju dalje čini.⁵⁹ Bitno je napomenuti da svjesne pogreške ne čine samo radnici, već i menadžment. Mnoge svjesne pogreške pokreće menadžment, primjer toga jest da zbog promjena na tržištu menadžeri su primorani mijenjati svoje prioritete. Pa onda kako bi se ispoštovao rok isporuke proizvoda zanemari se kvaliteta.⁶⁰ Kako bi se ispravile svjesne pogreške, pristup ispravljanja nije orijentiran na sam proces koliko na pojedince. Prema tome su rješenja sljedeća: objašnjavanje utjecaja pogreške na unutarnje i vanjske kupce, ustanovljavanje pojedinačne odgovornosti, omogućavanje ravnoteže između proizvodnosti i kvalitete, provođenje periodičnih pregleda, omogućavanje podsjetnika za radnike o određenim nedostacima, poboljšanje sporazumijevanja između menadžmenta i radnika o pitanjima kvalitete, razvijanje konkurentnosti i potencijalnosti, otpornost operacije na pogreške te preraspodjela rada.⁶¹

⁵⁸ Ibidem, str. 72

⁵⁹ Ibidem

⁶⁰ Ibidem

⁶¹ J.M. Juran, Frank M. Gryna.: op. Cit., str. 73

3. Općenito o *lean* sustavu

Sredinom 1980-ih mnoge kompanije na zapadu počele su prihvaćati novi i drugačiji skup proizvodnih principa. Ti su se principi nazivali različitim imenima, proizvodnja svjetske klase (WCM), točno na vrijeme (JIT), proizvodnja bez inventara (ZIP), proizvodnja bez zaliha, neprekidan protok proizvodnje (CFM) i mnogi drugi. Svi su ti principi uvelike bili utemeljeni na proizvodnim načelima i radnim procesima razvijenim koje je razvila *Toyota*, počevši krajem 1940-ih a nastavljajući se sve do 1970-ih i 1980-ih.⁶²

3.1. Povijesni razvoj *lean* sustava

Početak 20. stoljeća masovna proizvodnja postala je uobičajena diljem svijeta. Veliki korak u proizvodnom sustavu učinio je Henry Ford 1913. godine kada je u svoju tvornicu stavio prvu pokretnu montažnu liniju. Njenom implementacijom omogućio je brzu i visokokvalitetnu montažu složenih mehaničkih proizvoda, s puno većom produktivnošću rada nego što je prije bilo moguće. Tijekom sljedećih nekoliko godina montažna linija postaje standard za masovnu proizvodnju.⁶³

Nakon Drugog svjetskog rata situacija u Japanu bila je dramatično drugačija nego kod njihovih zapadnih konkurenata. Osim što su se iz rata izvukli s razorenim gospodarstvom i malim kapitalom za ulaganje, japanski proizvođači su se suočavali s drugim izazovima, poput sljedećih: Japan je relativno mala zemlja gdje je prostor dragocjen, ne postoji obilje prirodnih resursa poput onih u SAD-u, radna snaga i sindikati su zahtijevali bolje radne uvjete, susreli su se s jakim globalnim konkurentima koji su htjeli uspostaviti čvrstu poziciju na japanskom tržištu, nije postojala imigracijska radna snaga voljna obavljati jednostavne, visoko repetitivne poslove, Japan je pružao relativno malu bazu kupaca te je postojala je potreba za fleksibilnošću kako bi se zadovoljile različite potrebe za vozilima.⁶⁴

Stoga je situacija u Japanu zahtijevala od proizvođača da rade stvari vrlo različito ako su željeli konkurirati na tržištu. *Toyota*, na čelu sa Kiichikom Toyotom i Taiichijem Ohnatom, uspjela je stvoriti ono što je kasnije prepoznato kao najznačajnije napredovanje u proizvodnji nakon Fordove

⁶² Peter L. King, *Lean for the Process Industries*. 2009. Taylor&Francis Group, str. 3

⁶³ *Ibidem*, str. 4

⁶⁴ *Ibidem*, str. 5

pokretne trake. Odlučili su da, s obzirom na to da imaju malo resursa na raspolaganju, ne mogu si priuštiti gubitak, pa su krenuli u neumornu borbu za eliminaciju svakog otpada. Od Forda su naučili poštovanje brzine i toka. Toyota i Ohno posjetili su Fordove tvornice nekoliko puta, bili su impresionirani onime što su vidjeli i željeli su to primijeniti u Toyotinim tvornicama. Međutim, bili su prisiljeni napraviti značajne promjene i modifikacije onoga što su vidjeli. Toyota, zajedno s W. Edwardsom Demingovim, formirala je koncept ukupnog upravljanja kvalitetom (TQM). Radi se o znanstvenom pristupu rješavanju problema, koji se obično naziva Demingov ciklus ili planiraj-izvrši-provjeri-djeluj (PDCA). Osim toga, zaslužni su i za mnoge druge ideje američkih programa obuke unutar industrije nakon Drugog svjetskog rata, poput kontinuirane obuke, kontinuiranog poboljšanja i demokratskog upravljanja.⁶⁵

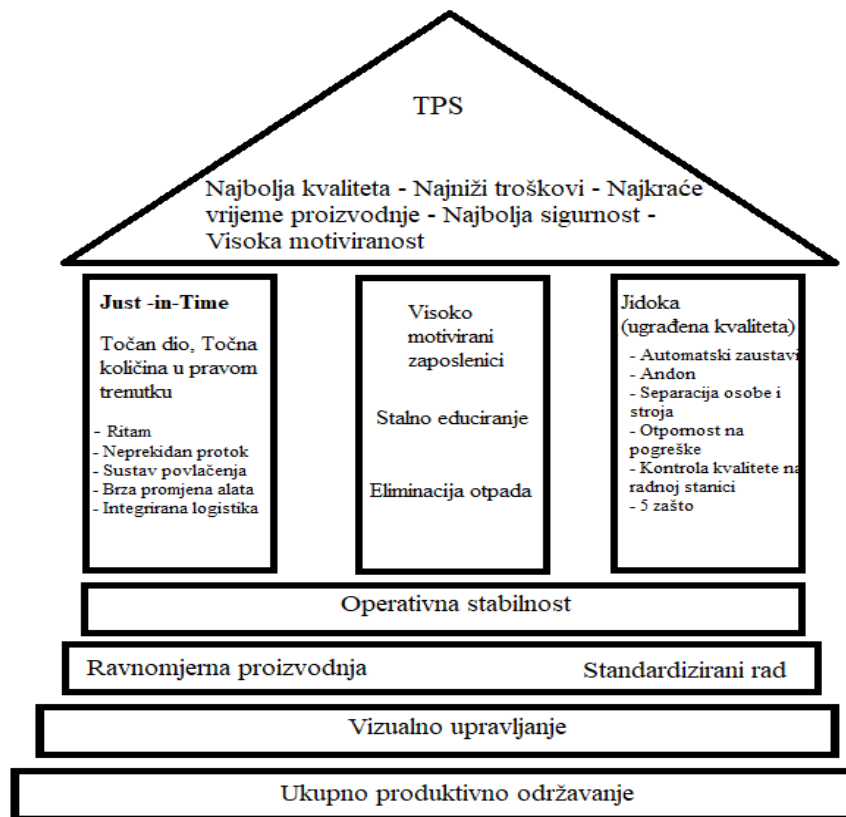
3.2. Principi *lean* sustava upravljanja kvalitetom

Osnova Toyotina proizvodnog sustava je apsolutna eliminacija otpada. Dva stupa, iz kuće Toyotina proizvodnog sustava, za podršku takvog sustava su točno na vrijeme i *Jidoka*, odnosno ugrađena kvaliteta.⁶⁶

⁶⁵ Peter L. King, *op. cit.*, str. 6

⁶⁶ *Ibidem*, str. 8

Slika 5. Kuća Toyotinog proizvodnog sustava



Izvor: Peter L. King, *Lean for the Process Industries*. 2009. Taylor&Francis Group, str. 9

Komponente Toyotinog proizvodnog sustava prikazuju se u obliku kuće. Lijevi stup je „točno na vrijeme“ definiran kao proizvodnja točno onoga što kupac treba, kada kupcu to treba, u točno određenoj količini. Prikazane su stvari potrebne za podršku tome, uključujući neprekidni protok, sustave povlačenja za opskrbu i brze promjene proizvoda. Treći stup prikazuje se kao *jidoka*, odnosno ugrađena kvaliteta. Cilj je upotreba strojeva koji mogu osjetiti bilo kakvu situaciju s nekvalitetnim proizvodom i zaustaviti se kako bi se izbjegla daljnja proizvodnja neispravnih dijelova. To eliminira otpad ponovne obrade ili odbacivanja neispravnih proizvoda i dijelova.⁶⁷

Centralni stup prikazan je kao visoko motivirani zaposlenici, a zadužen je za neprekidno poboljšanje procesa. Toyota zahtijeva i potiče svoje radnike na kontinuirano educiranje i

⁶⁷ Peter L. King, *op. cit.*, str. 9

pronalaženje novih načina kako njihovo radno mjesto oblikovati i poboljšati. To znači da radnici imaju potpunu slobodu za definiranje načina obavljanja njihova zadatka. Svaki prijedlog za redizajniranje zadatka mora biti evaluiran, odobren i dokumentiran kako bi postao novi standard za obavljanje tog zadatka.⁶⁸

Jedan je od temeljnih elemenata TPS-a ravnomjerna proizvodnja, odnosno izjednačavanje proizvodnje, kako po količini, tako i po mješavini proizvoda, da bi se izgradio raspored prema kojem tvrtka proizvodi potrebne količine svake vrste proizvoda svakoga dana. Taiichi Ohno bio je veliki zagovornik smanjenja varijacije u stopi proizvodnje. Uzimajući mjesečne zahtjeve kupaca i ravnomjerno ih raspoređujući tijekom broja dana u kojima je tvornica trebala raditi, a zatim dodatnim dijeljenjem s brojem sati rada, pa čak i na broj minuta ili sekundi tijekom kojih je svaka stavka trebala biti proizvedena, Toyota je mogla potpuno odrediti stopu proizvodnje. Broj minuta ili sekundi dostupnih za proizvodnju svake stavke je taktičko vrijeme, temelj za proizvodni ritam. Ohno je shvatio da je takav raspored nužan kako bi se održala operativna stabilnost, još jedan temelj kuće TPS-a, i smanjila količina inventara na minimum.⁶⁹

Dakle, bit *lean*-a jest: bezumoran proces eliminacije svakog oblika otpada, neprekidno poboljšanje (*kaizen*), proizvodnja u ritmu koji odgovara stvarnoj potražnji kupca (točno na vrijeme) te osiguravanje kvalitete otkrivanjem defekata i zaustavljanjem proizvodnje dok se uzroci ne pronađu i ne isprave (*jidoka*).⁷⁰

3.3. Alati *lean* sustava

Jedna je od ključnih snaga TPS-a to što uključuje ne samo koncepte i filozofije već i niz učinkovitih radnih praksi i alata koji omogućuju ostvarivanje tih koncepata i filozofija na radnom mjestu. U nastavku će biti objašnjeni svi alati *lean* sustava.

3.3.1. Prikaz toka vrijednosti (*Value stream mapping*)

Prikaz toka vrijednosti vizualni je prikaz svih aktivnosti, procesa i tokova u proizvodnji, materijalnih ili informacijskih potreba da se od sirovine dobije gotov proizvod. Koristi se za

⁶⁸ Peter L. King, *op. cit.*, str. 10

⁶⁹ Ibidem, str. 10

⁷⁰ Ibidem, str. 11

vizualno prikazivanje mjesta nastajanja gubitka u procesu, omogućuje lakše uočavanje mogućnosti za poboljšanja, predstavlja osnovu po kojoj se definiraju prioriteta za poboljšanja. Prilikom izrade mape vrijednosti dijelimo na one koje stvaraju dodatnu vrijednost i one koje ne stvaraju dodatnu vrijednost, ali su nužne.⁷¹ Mapa se izrađuje tako da se: odabiru vrste proizvoda čiji će se tok prikazati; uz pomoć dijagrama prikazuju se dijelovi proizvodnog procesa od sirovine do kupca; dodaju se podaci o procesu; dodaje se protok materijala i informacija; dodaju se vremena proizvodnog procesa, transporta i čekanja; ističu se problemi-mogućnosti za poboljšanja; kreira se lista prioriteta za poboljšanja; periodički se provjerava napredak.

3.3.2. Pet S

Pet S naziv je za petkorakni proces organizacije radnog mjesta, održavanje čistoće, higijene i standardiziranog rada. Naziv dolazi od japanskih riječi za pet specifičnih koraka⁷²:

Seiri – sortiraj

Seiton – uredi

Seiso – čišćenje

Seiketsu – standardiziraj

Shitsuke – održavaj

Sortiranje označava potrebu za odvajanjem korisnog od nepotrebnog kao što su višak sirovina, alata tako i informacija te za uklanjanjem svega što je nepotrebno. Uređivanje podrazumijeva da je potrebno odabrati mjesto za svaku stvar i to vizualno jasno označiti, tako da bude na prvi pogled jasno je li sve na svom mjestu ili nešto nedostaje. Čišćenje se odnosi na potrebu da svakom zaposleniku treba usaditi u radne navike da radno mjesto održava čistim, kako zbog produktivnosti rada, tako i zbog sigurnosti radnog okruženja. Standardizacija navodi potrebu da se prva tri pravila postave kao standard radnog mjesta, tako da ako dođe do promjene operatera, sve dogovoreno ostaje na zadanoj razini. Kod ovog se koraka najčešće koriste vizualna pomagala poput fotografija radnog mjesta kakvo bi trebalo biti. Održavanje označava pridržavanje uvedenih standarda 5 S

⁷¹ Jurić S., Uvođenje lean menadžmenta u proizvodne procese, Istarsko veleučilište u Puli, studeni 2019, str. 19

⁷² Peter L. King, *op. cit.*, str. 12

svakodnevnom i strogom provedbom unaprijed definiranih pravila te redovitim provjeravanjem njihove pravilne promjene.⁷³

3.3.3. Takt vrijeme

Takt predstavlja mjeru ukupne potražnje kupca izraženu kao vremenski faktor. Sama riječ dolazi iz njemačke riječi za ritam. Cilj je je uskladiti svaki dio proizvodnje s ritmom potražnje kupca, kako bi se potpuno zadovoljile njihove potrebe, izbjegavajući pritom gubitke uzrokovane prekomjernom proizvodnjom. Izračunava se tako da se dostupno vrijeme podijeli s prosječnim brojem jedinica proizvoda koje kupcu trebaju u datom vremenskom razdoblju.⁷⁴

3.3.4. *Kaizen*

Kaizen je japanski izraz za neprekidno poboljšanje. Predstavlja radni proces u kojem su svi zaposlenici uključeni u kontinuirano poboljšanje svih procesa. *Kaizen* je način razmišljanja i ponašanja, potpuna filozofija koja osnažuje zaposlenike koji stvarno obavljaju posao da uklone otpad i dizajniraju te implementiraju učinkovite procese. *Kaizen* događaji u kratke, visoko usredotočene, posvećene aktivnosti tima usmjerene na postizanje određenog, dobro definiranog poboljšanja.⁷⁵

Temelj *kaizen*-a postavljen je u 10 pravila⁷⁶, koja glase:

1. Otvorite svoj um promjenama, uklonite stare i tradicionalne koncepte.
2. Uvijek napadajte procese, a ne ljude.
3. Tražite jednostavno rješenje.
4. Ako nešto nije ispravno, stanite i popravite.
5. Potaknite svakog da sudjeluje u rješavanju problema.
6. Koristite kreativnost, a ne kapital, uštedite novac kroz mala poboljšanja i potrošite spremljeni novac na daljnja poboljšanja.

⁷³ <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (25.10.2023.)

⁷⁴ Peter L. King, *op. cit.*, str. 61

⁷⁵ Ibidem, str. 12

⁷⁶ Bilić, B.; Veža, I.; Štefanić, N. ; „*Lean* menadžment“, Split , Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, 2010.,str. 19-20

7. Prije donošenja odluke, pitajte zašto pet puta da biste dobili glavni uzrok.
8. Usporedite informacije i mišljenja više osoba.
9. Odluke donesite na osnovi podataka, ne mišljenja.
10. Mogućnosti poboljšanja beskrajne su.

3.3.5. *Jidoka*

Jidoka, ili automatizacija s ljudskim dodirima, jedan je od dvaju stupova kuće TPS-a i ugrađuje kvalitetu izvorom pružajući opremu s inteligencijom da se automatski zaustavi kada osjeti da proizvodi materijal loše kvalitete. *Jidoka* je jednako stanje uma koliko i konkretna tehnologija ugrađena u opremu. To je filozofija prema kojoj se sve mora zaustaviti pri prvom znaku problema s kvalitetom kako bi se problem ispravio prije nastavka proizvodnje, ne bi li se ograničio otpad koji se proizvodi. Prema Ohnu, ovo načelo temelji se na vjerovanju da će spremnost za to dugoročno dovesti do linije koja je snažna i rijetko se mora zaustaviti.⁷⁷

3.3.6. Jednominutna zamjena alata

Jednominutna zamjena alata proces je za sustavnu analizu svih zadataka koji se moraju obaviti tijekom promjene proizvoda, kako bi se promjena pojednostavila i obavila u puno kraćem vremenu.⁷⁸ On se sastoji od četiriju koncepata⁷⁹:

1. Premještanje vanjskih zadataka izvan vremena promjene. Potrebno je prepoznati da se neki zadaci obično obavljaju tijekom promjene proizvoda mogu obaviti prije gašenja opreme i zaustavljanja proizvodnje. Ti se zadaci nazivaju vanjskim zadacima i uključuju stvari poput donošenja svih potrebnih alata i novih dijelova opremi. Kako se postavljanje približava kraju, zadaci poput premještanja dijelova, čišćenje, i pospremanje su zadaci koji se mogu obaviti nakon ponovnog uključivanja opreme.
2. Određivanje može li se neki od internih zadataka izmijeniti. Odrediti da li se neki od internih zadataka može izmijeniti tako da se obavi kao vanjski zadatak.

⁷⁷ Peter L. King, *op. cit.*, str. 12

⁷⁸ *ibidem*

⁷⁹ *Ibidem*, str. 124-125

3. Pojednostavljenje preostalih unutarnjih zadataka. Korištenjem čepova, postavnih čavala, pričvršćivača i vizualnih oznaka kako bi se ubrzalo vrijeme potrebno za postavljanje novih dijelova.

4. Obavljanje unutarnjih zadataka paralelno. Ako je moguće, više operatera može istovremeno obavljati zadatke, vrijeme se može smanjiti bez povećanja ukupnog rada za postavljanje.

3.3.7. Poka-Yoke

Poka-Yoke skup je tehnika za osiguravanje od grešaka, koristi se kako bi se spriječila proizvodnja defektnih proizvoda, ali i kako bi se spriječilo krivo postavljanje proizvodne opreme. Uključuje dizajniranje stvari tako da se mogu spojiti samo na jedan način, senzore koji detektiraju kada stvari nisu ispravno obavljene te korištenje boja kako bi se smanjila vjerojatnost povezivanja stvari na krivi način.⁸⁰

Njezin je glavni cilj uklanjanje grešaka kojima je uzrok ljudski faktor kako bi se u konačnici uklonio i njihov negativan utjecaj na konačni proizvod, zastoje proizvodnje i troškove. Za razliku od nekih drugih alata ova se metoda bazira na tehničkim rješenjima. Nakon sastavljanja popisa svih grešaka potrebno je naći rješenja da se one izbjegnu ili da se, ako dođe do njih, otkriju pravovremeno.⁸¹

3.3.8. „Pet zašto“

„Pet zašto“ naziv je za praksu postavljanja pitanja „zašto“ pet puta, kako bi se došlo do temeljnog uzroka problema. Broj pet nije ključan u ovom procesu. Ponekad je potrebno postaviti više od pet pitanja kako bi se došlo do korijena problema, a ponekada manje. Ključ je nastaviti postavljati pitanja dok ne razumijemo što se mora promijeniti kako bi se riješio problem. Ohno je opisao „pet zašto“ metodu kao „osnovnu Toyotinog znanstvenog pristupa. Ponavljanjem pet puta „zašto“, priroda problema, kao i njegovo rješenje, postaju jasni.“⁸²

⁸⁰ Peter L. King, *op. cit.*, str 13

⁸¹ Šigeo Š., Nova japanska proizvodna filozofija, 1995., str. 80-88

⁸² Peter L. King, *op. cit.*, str. 13

3.3.9. Standardizirani rad

Standardizirani rad definicija je konkretnih zadataka koje trebaju obaviti operateri, uključujući redoslijed operacija i vremenske okvire. U procesnim industrijama često se naziva i standardnim operativnim postupcima. Ključna je ideja da postoji optimalan način za vođenje svakog posla i, ako se može definirati te ako svatko to radi na taj način, ne samo da će se performanse optimizirati već će se i smanjiti greške i varijabilnost u procesu.⁸³

3.3.10. Ukupno produktivno održavanje

Ukupno produktivno održavanje (eng. *Total productive maintenance*, skraćeno TPM) sustavni je pristup usmjeren na poboljšanje proizvodne učinkovitosti putem unaprjeđenja načina na koji se oprema koristi i održava. Visoko je timski orijentiran i uključuje sve operacije svih razina, te teži prema autonomnom održavanju, gdje većinu održavanja obavljaju oni koji su nadležni opremi. Glavni je cilj TPM-a održati opremu u najvišem mogućem stanju efikasnosti i pouzdanosti, kako bi se osiguralo kontinuirano i besprijekorno proizvodno okruženje.⁸⁴

3.3.11. Stanična proizvodnja

Statična proizvodnja (eng. *Cellular manufacturing*) praksa je podjele cjelokupne linije proizvoda u grupe proizvoda koji zahtijevaju slične korake i uvjete obrade, a zatim posvećivanje određenih komada opreme svakoj grupi. Ovo često dovodi do kraćih promjena alata, poboljšanju kvalitete, smanjenju varijabilnosti, povećanju propusnosti i boljeg protoka materijala.⁸⁵

3.3.12. Heijunka

Heijunka je praksa izjednačavanja količine materijala koja se proizvodi tijekom vremena, tako da je proizvodnja uvijek na razini takta. Također poznata kao izjednačavanje proizvodnje ili gladenje proizvodnje *heijunka* povećava operativnu stabilnost i smanjuje varijabilnost u korištenju resursa i zahtjevima za sirovinama.⁸⁶

⁸³ Peter L. King, *op. cit.*, str 14

⁸⁴ Ibidem

⁸⁵ Ibidem

⁸⁶ Ibidem

3.3.13. *Just in time*

Just in time jedan je od stupova Toyotina proizvodnog sustava, a odnosi se na skup načela, alata i tehnika koje omogućavaju tvrtki da proizvodi samo ono što je potrebno, kada je potrebno i u točnoj količini koja je potrebna. *Just in time* izbjegava prekomjernu proizvodnju ili proizvodnju prije nego što je potrebno, čime se smanjuju zalihe na minimum potreban za glatki tijek proizvodnje. *Just in time* se također naziva i vučnom proizvodnjom (*pull*) temeljenom na načelu da ćemo proizvoditi samo ono što su kupci povukli sa zalihe, što je praksa ponovnog punjenja koja se često koristi u trgovinama prehrambenih proizvoda. Vučna proizvodnja suprotnost je guranju proizvodnje, koja se pokreće prognozom umjesto trenutnim položajem kupca.⁸⁷

3.3.14. *Kanban*

Kanban opisuje mehanizam vizualnog signaliziranja onoga što je potrebno, odnosno, što se mora proizvesti kako bi se obnovili materijali koje je povukao kupac, koji može biti konačni kupac ili sljedeći korak u procesu. Sama riječ *kanban* potječe iz japanskog termina za vidljivi znak. *Kanban* se tradicionalno implementira pomoću kartičnih sustava, kanti ili kontejnera označenih s količinom koja se treba proizvesti, odnosno, veličinom serije i specifičnim tipom proizvoda ili materijala.⁸⁸

Kanban pokušava prikazati proizvodni proces i na njemu pratiti konkretne događaje. U svakoj organizaciji koja se služi *lean* metodologijom postoji više alata i razina ploča koje se koriste. Na najnižoj razini koristi se takozvani „machine board“ na kojemu se izmjenjuju informacije između operatera te vizualno prikazuje provođenje sve do najvišeg menadžmenta čija ploča prikazuje zaduženja i konkretne akcije voditelja pojedinih odjela.⁸⁹

⁸⁷ Peter L. King, *op. cit.*, str. 15

⁸⁸ Ibidem

⁸⁹ David J.A.; *Kanban: successful evolutionary change in your software business.*, 2010 str. 51-53.

4. CASE STUDY – GE POWER – PROIZVODNJA LOPATICA ZA PARNE TURBINE

Tvrtka General Electric Company (GE) multinacionalni je konglomerat sa sjedištem u Bostonu. Osnovana je 1892. godine nakon niza spajanja različitih tvrtki koje su bile u vlasništvu Thomasa Alve Edisona i Thomson-Houston Electric Companyja. GE je tijekom više od stoljeća bio jedna od najvećih i najraznovrsnijih korporacija na svijetu. Obuhvaća širok spektar sektora i industrija. Niz financijskih poteškoća tijekom 2010-ih godina prisilio je tvrtku da proda glavne dijelove svojih poslovanja, uključujući medijske, financijske usluge i odjevne predmete. Nakon tranzicije s konglomeratno orijentiranog modela, GE je sada usredotočen na tri glavne poslovne komponente: energetska rješenja, mlazne motore i tehnologiju za zdravstvenu skrb. Ova strateška prekretnica jača njegov status simbola stalne inovacije i preobrazbe.⁹⁰

4.1. Općenito o GE

GE se vodi misijom „We rise to the challenge of building a world that works“, odnosno „Mi prihvaćamo izazov izgradnje svijeta koji funkcionira“. Svoju misiju postižu na četiri načina: proizvodnjom mlaznih motora za vozila u zraku, na moru i na zemlji, opreme koja proizvodi trećinu električne energije na svijetu, uređaja koji poboljšavaju efikasnost, smanjenjem troškova i spašavanjem života te svojim naporima da smanje zagađenje okoliša.⁹¹

GE-ovi doprinosi u području prijevoza neusporedivi su. Osim što su pioniri u naprecima avijacije, trenutno je u uporabi preko 65.000 mlaznih motora GE-a. Stvorili su najpopularniji helikopterski motor, najmoćniju lokomotivu i turbine koje pokreću stotine ratnih brodova, hidroglisera i trajekata.⁹²

Godine 2018. GE predstavlja početne nacрте novog motora zvanog „Affinity“, prvog komercijalnog nadzvučnog motora u posljednjih 55 godina. Namijenjen je omogućavanju učinkovitog nadzvučnog leta preko vode brzinama većim od 1.000 milja na sat i učinkovitog podzvučnog leta brzinom većom od 700 milja na sat iznad kopna.⁹³

⁹⁰ <https://www.britannica.com/topic/General-Electric>, 30.10.2023.

⁹¹ <https://www.ge.com/about-us/history#/>, 30.10.2023.

⁹² <https://www.ge.com/about-us/history#/narrative/transportation>, 30.10.2023.

⁹³ <https://www.ge.com/about-us/history#/narrative/transportation>, 30.10.2023.

Suosnivač GE-a, Thomas Edison, stvorio je prvu električnu mrežu 1882. godine. Od tada GE igra ključnu ulogu u proizvodnji energije i njezinoj dostavi korisnicima diljem svijeta. Nastavljaju biti pioniri u područjima od plinskih turbina do energetske infrastrukture za prijenos električne energije.⁹⁴

Godine 2017. predstavlja potpuno novu tehnologiju aeracijske hidroturbine koja dovodi zrak u turbinu i povećava razinu otopljenog kisika nizvodno od hidroelektrane. Moguće je dodati do 5 mg po litri kisika što uvelike koristi ribama i ostalom vodenom životu. Osvojili su Guinnessov rekord za učinkovitost koji se odnosi na njihovu HA turbinu koja pokreće najučinkovitiju elektranu s kombiniranim ciklusom na svijetu.⁹⁵

Godine 2018. predstavili su pak novu tehnologiju koja omogućava ribama siguran prolaz kroz hidroelektrane. Iduće godine, 2019, pustili su u uporabu su prvi prototip vjetroagregata „Haliade-X“ snage 12 MW instaliran je u Maasvlakte-Rotterdamu. To je najmoćniji vjetroagregat na moru u industriji, sposoban generirati do 67 GWh godišnje.⁹⁶

Revolucionarni proboji GE-a temeljito su promijenili različite aspekte industrije i svakodnevnog života, bilo kroz napretke u proizvodnji, inovacije u zdravstvu, otkrića u znanosti materijala i mnoga druga područja.⁹⁷ Iste te godine njihova prva tehnologija rekonstrukcije CT slika koja se temelji na dubokom učenju dobiva odobrenje američke Uprave za hranu i lijekove (FDA). Ona koristi duboku neuronsku mrežu za proizvodnju visokokvalitetnih računalno generiranih tomografskih CT slika.⁹⁸

Godine 2017. lansirali su odjel koji se specijalizira za terapiju stanicama kroz osmišljanje nove tehnologije kojom se nastoji očuvati učinkovitost terapija stanicama putem smrzavanja na ultraniskim temperaturama, precizne kontrole temperature tijekom prijevoza, te kontroliranog otapanja u klinici prije primjene kod pacijenta.⁹⁹

⁹⁴ <https://www.ge.com/about-us/history#/narrative/power>, 30.10.2023.

⁹⁵ Ibidem

⁹⁶ Ibidem

⁹⁷ <https://www.ge.com/about-us/history#/narrative/devices>, 30.10.2023.

⁹⁸ Ibidem

⁹⁹ <https://www.ge.com/about-us/history#/narrative/devices>, 30.10.2023.

Od 2015. godine GE otvara svoja vrata u Hrvatskoj u starom postrojenju „Alstoma“. Primarna djelatnosti su im mehanička obrada, proizvodnja lopatica, montaža lopatica, dijelovi za turbine, balansiranje rotora i diskova, radovi na demontaži i montaži, popravak i proizvodnja hidrauličkih glavnih pumpi, zavarivanje konstrukcija, testiranje mehanički-hidrauličke kontrolne opreme, pjeskarenje i toplinska obrada, inženjering i inženjering unatrag. Među proizvodima nalazimo komponente plinskih turbina, proizvodnja lopatica kompresora, kućišta, konstrukcije i ispušni sustavi, komponente parnih turbina, proizvodnja lopatica i ploča, konstrukcije kućišta.¹⁰⁰

4.2. Proizvodnja lopatica za parne turbine

„General Electric Hrvatska“ 2017. godine bio je zadužen za proizvodnju lopatica za parne turbine za vanjskog kupca. Međutim, suočavaju se s nekoliko problema koji utječu na njihovu sposobnost za isporuku proizvoda u dogovorenom roku. Ti su problemi sljedeći: 1) trenutna vremena obrade prelaze vremena ciklusa, što uzrokuje kašnjenja u proizvodnji, odnosno, kako bi se jedna lopatica obradila potrebno je 770 minuta; 2) to dovodi do nedostataka protoka i dugih vremena obrade, stvarajući uska grla u proizvodnji, povećavajući zalihe nedovršenih proizvoda (*Work in Progress*), povećavajući troškove i otežavajući ispunjavanje potreba kupaca; 3) nedostatak standardiziranih radnih postupaka, Yamazumijeve analize i radnih listova; 4) putovanje lopatica iznosi 2490 metara između dvaju hala i unutar njih.

¹⁰⁰ <https://www.ge.com/gas-power/services/service-centers/karlovac-croatia>, 1.11.2023.

Slika 6. Proizvodnja lopatice



Izvor: Službena dokumentacija General Electrica uručena autoru.

Slika 7. Analiza operacije

CUPON Cut-OFF		Time (As ts)
No.	Operation	Unit (min)
	Set up	36
	Tool #1 - 100255 01	5
	Tool #2 - 100255 02	7
	Blade removing	16
	Total	60

Izvor: službena dokumentacija General Electrica uručena autoru

koji se koriste u proizvodnji. Cilj je bio identificirati moguće načine za optimizaciju tih operacija kako bi se smanjilo vrijeme potrebno za svaki korak.

Unaprjeđenja na strojevima i simulacijama softvera. Nakon što su identificirali potencijalna poboljšanja u simuliranom okruženju pomoću posebnog programa, provjerili su ih u praksi na stvarnim strojevima. Ovo je omogućilo General Electricu da provjeri kako bi se planirane promjene mogle odraziti na stvarne rezultate u proizvodnji.

Razvoj novog rasporeda s postajama za jednokratni protok s dva zavarivača. Ovdje se opisuje razvoj novog rasporeda radnih mjesta u proizvodnji. Cilj je bio stvoriti postavu koja omogućuje kontinuirani protok proizvoda od jednog koraka do drugog, s minimalnim zadržavanjem ili čekanjem između operacija. U ovom slučaju, željelo se postići da dva zavarivača mogu raditi u učinkovitom tijeku proizvodnje.

Slika 9. Simulacija postavljanja operacija



Izvor: Službena dokumentacija General Electrica uručena autoru.


Slika 10. Simulacija rezanja



Izvor: Službena dokumentacija General Electrica uručena autoru.

Slika 11. Pregled CNC operacija

No	Operation	Time (min)	Setup	Run
	Set up	35	→	→
	Tool #1: W0250 21	6	→	→
	Tool #2: W0250 22	7	→	→
	Block unloading	10	→	→
	Total	58	→	→



A 3D CAD model of a turbine blade. A red callout box with a pointer indicates a specific area on the blade's leading edge, stating "Weld preparation removed from machining".

Izvor: Službena dokumentacija General Electrica uručena autoru.

Ove akcije pokazuju kako je General Electric analizirao i postupio rješavanju problema u proizvodnji. Kombinirali su analizu operacija s provedbom simulacija i promjenama u rasporedu rada kako bi optimizirali proizvodni proces i smanjili kašnjenje isporuka.

4.4. Unaprijeđeni proces proizvodnje lopatica za parne turbine – kritički osvrt

Implementacijom spomenutih *lean* sustava pokazali su se značajna poboljšanja u učinkovitosti proizvodnog procesa General Electrica. Smanjila se CNC obrada za 33 % (sa 770 minuta na 516 minuta). To znači da je vrijeme potrebno za CNC obradu komponenata smanjeno za trećinu. Ovo je važan pokazatelj jer ukazuje na to da su implementirane promjene u postavkama i operacijama

strojeva povećale učinkovitost obrade. Također, smanjeni su troškovi za 48.000,00 USD po projektu. Ovaj iznos odražava ukupno smanjenje troškova po pojedinom projektu. Očito je da su promjene u proizvodnom procesu dovele do značajnih financijskih ušteda za General Electric.

Nadalje, smanjena je udaljenost putovanja lopatica za 93 % (s 2490 metara na 180 metara). Ovo je impresivno smanjenje udaljenosti koju lopatice prelaze tijekom proizvodnje. Smanjenje ove udaljenosti ukazuje na optimizaciju rasporeda i organizaciju rada u proizvodnom postupku. Nakraju, smanjeno je vrijeme između narudžbe i isporuke za 45 % (sa 152 dana na 84 dana). Ovo je značajno smanjenje vremena potrebnog za zaprimanje narudžbe, obradu i isporuku proizvoda. Skraćivanje vremena obrade i isporuke omogućuje tvrtki da brže odgovara na zahtjeve klijenata i povećava svoju konkurentsku predanost na tržištu.

Ovi rezultati ukazuju na uspješnu implementaciju promjena u proizvodnom procesu General Electrica. Poboljšanja u brzini obrade, smanjenju troškova i optimizaciji proizvodnog toka koji značajno pridonose efikasnijem i konkurentnijem poslovanju tvrtke.

Slika 12. Rezultati smanjenja putovanja lopatice



Izvor: Službena dokumentacija General Electrica uručena autoru.

U konačnici na temelju početnih problema i konačnih rezultata možemo primijetiti nekoliko alata i principa *lean* menadžmenta koji su bili uključeni u proces optimizacije proizvodnje:

1) mapiranje toka vrijednosti: ovaj alat pomaže u analizi cijelog procesa proizvodnje kako bi se identificirale i uklonile nepotrebne aktivnosti koje ne dodaju vrijednosti. U ovom slučaju korišten je za analizu toka proizvodnje lopatica za parne turbine.

2) 5S metoda: odnosi se na organizaciju radnog okoliša radi povećanja učinkovitosti i smanjenja gubitaka. Primjena 5S-a može pomoći u organizaciji radnih mjesta, alata i materijala kako bi se smanjilo traženje i optimizirala produktivnosti.

3) *kaizen*: princip koji potiče kontinuirano traženje načina za poboljšanje učinkovitosti procesa. U ovom slučaju, implementacija promjena u CNC obradi i postupanju operacija.

4) *Poka-Yoke*: uključuje implementaciju sustava koji sprečavaju ili detektiraju greške tijekom proizvodnje. To može uključivati jasna uputstva za postavljanje strojeva ili alata kako bi se spriječile pogreške.

5) Standardizacija radnih procesa: implementacija standardiziranih radnih postupaka, uključujući Yamazumijevu analizu i radne listove, pomaže u osiguranju dosljednosti u proizvodnji i smanjenju varijacija u kvaliteti proizvoda.

6) Jedan komad tijekom rada (*one piece flow*): ovaj princip promiče kontinuirani protok proizvoda kroz proizvodni proces, umjesto čekanja na završetak više dijelova prije sljedećeg koraka. U ovom slučaju, implementacija stanica za jednokratni protok s dva zavarivača ukazuje na primjenu ovog principa.

Implementacija *lean* alata u General Electricu donijela je značajna poboljšanja u učinkovitosti proizvodnog procesa. Smanjenje vremena obrade, udaljenosti koju pojedini dijelovi moraju prijeći i troškova po projektu jasno pokazuje uspješnu primjenu *lean* principa. Također, smanjenje vremena između narudžbe i isporuke održava bolje udovoljavanje potrebama kupca. Međutim, važno je nastaviti s praćenjem i nadogradnjom *lean* pristupa kako bi se očuvali postignuti rezultati i nastavio napredak u proizvodnji.

5. ZAKLJUČAK

Bitno je naglasiti ključnu ulogu upravljanja kvalitetom u postizanju efikasnog smanjenja troškova unutar organizacije. Razumijevanje dinamike između kvalitete i troškova ključno je za ostvarenje konkurentske prednosti u današnjem poslovnom okruženju. Na temelju analize dostupnih informacija evidentno je da postizanje visoke razine kvalitete izravno doprinosi i smanjenju troškova kroz smanjenje grešaka, poboljšanje procesa i povećanje zadovoljstva kupaca.

Procjena kvalitete i sustavno praćenje performansi ključni su elementi uspješnog upravljanja kvalitetom. Primjenom raznih alata i metoda za poboljšanje kvalitete, organizacije imaju priliku identificirati i eliminirati uzroke problema te optimizirati svoje operativne procese. Potrebno je naglasiti važnost kontinuiranog praćenja i prilagodbu strategije upravljanja kvalitetom kako bi se osigurala dugoročna održivost.

Integriranim pristupom upravljanja kvalitetom i troškovima, organizacije mogu ostvariti sinergiju između različitih funkcija unutar poduzeća, stvarajući tako holistički pristup koji potiče održivost i inovaciju. Postizanjem ravnoteže između troškova i kvalitete, organizacije mogu ostvariti konkurentske prednosti na tržištu te dugoročno osigurati svoju poziciju u dinamičnom poslovnom okruženju.

Lean menadžment ima bitnu ulogu u postizanju kvalitete troškova unutar organizacije. *Lean* pristup, temeljen na eliminaciji nepotrebnog otpada, kontinuiranom poboljšanju i fokusiranju na stvarnu vrijednost za kupca, predstavlja ključnu strategiju za postizanje visokih standarda kvalitete uz istodobno smanjenje troškova. Primjenom alata *lean* menadžmenta organizacije mogu optimizirati svoje poslovne procese, minimizirati gubitke i povećati učinkovitost.

Uspješna primjena *lean* menadžmenta također dovodi do stvaranja kulture kontinuiranog poboljšanja unutar organizacije, potičući angažman zaposlenika na svim razinama. Integracija *lean* pristupa u upravljanju kvalitetom stvara dinamičan okvir koji omogućuje organizacijama da brže reagiraju na promjene u okolini, povećavaju fleksibilnost i prilagodljivost te smanjuju nepotrebne troškove.

Lean menadžment ističe se kao ključna metodologija koja doprinosi ostvarenju ciljeva upravljanja kvalitetom i smanjenja troškova. Njegova implementacija donosi vidljive rezultate u optimizaciji procesa, praćenju učinkovitosti i stvaranju dugoročne konkurentske prednosti na tržištu.

Primjena *lean* principa u konkretnom slučaju General Electrica jasno ukazuje na moć integracije *lean* sustava u proizvodni proces. Suočeni s raznim izazovima poput dugog vremena u proizvodnji lopatica za parne turbine, General Electric odlučio je poduzeti korake prema optimizaciji svog poslovanja kako bi zadovoljio zahtjeve kupca.

Analizom i otkrivanjem postojećih problema pokazalo se ključnim korakom u identifikaciji efikasnih mjera poboljšanja. Implementacija unapređenja na strojevima, uključujući simulacije softvera, dodatno je optimizirala operativne procese. Razvoj novog rasporeda s postajama za jednokratni protok, uz uvođenje dva zavarivača rezultiralo je značajnim poboljšanjima.

Kao rezultat tih intervencija, proizvodni se proces smanjio za 33 %, troškovi su se smanjili za 48.000,00 USD po projektu, udaljenost putovanja lopatice smanjilo se za iznenađujućih 93 %, istovremeno smanjujući vrijeme između narudžbi i isporuke za 45 %. Ovi iznimni rezultati jasno potvrđuju da implementacija *lean* principa ne samo da optimizira proizvodne procese već i ostvaruje značajne ekonomske dobitke.

Primjer General Electrica dodatno potvrđuje ključne zaključke istraživanja, pokazujući da integracija kvalitete i smanjenja troškova, uz primjenu *lean* principa, predstavlja održiv put prema postizanju operativne izvrsnosti i konkurentske prednosti u dinamičnom poslovnom okruženju.

POPIS LITERATURE

Knjige

1. Bilić B., Veža I., Štefanić N. Lean menadžment, Split, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, 2010
2. David J.A.; Kanban: successful evolutionary change in your software buisness., 2010
3. Juran, J.M., Gryna, F. M. Planiranje i analiza kvalitete, Treće izdanje, Mate, Zagreb, 1993.
4. Jurić S., Uvođenje lean menadžmenta u proizvodne procese, Istarsko veleučilište u Puli, studeni 2019
5. Krešimir Buntak, Tomislav Baković, Petar Mišević, Mate Damić, Luka Bunić, Kvaliteta i sustavi upravljanja kvalitetom, Vodič za uspješnu implementaciju i održavanje sustava kvalitetnog upravljanja u poduzećima. Zagreb, 2021. Hrvatska gospodarska komora.
6. Peter L. King, Lean for the Process Industries. 2009. Taylor&Francis Group
7. Rataković M., Potpuno upravljanje kvalitetom, Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću, 2015.
8. Šigeo Š. Nova japanska proizvodna filozofija, prometelj, Novi sad, 1995.

Internet

1. Britanica: <https://www.britannica.com/topic/General-Electric>
2. GE: <https://www.ge.com/>
3. 5S Today: <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>