

**Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: СИМ системи

Број индекса: 383/2015

Стефан М. Радојевић

Примена алата квалитета у LEAN концепту

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Миладин Стефановић, проф. – ментор

2. _____

Датум одбране: _____

3. _____

Оцена: _____

У оквиру дипломског рада кандидат треба да:

- опише основе и принципе *Lean* концепта,
- представи основе и функционисање алата квалитета у оквиру *Lean* концепта,
- прикаже пример имплементације алата квалитета у *Lean* концепту,
- закључак.

Препоручена литература:

- Мачужић. И., Ђапан, М. (2016). *Lean концепт у управљању производњом*, Крагујевац: Факултет инжењерских наука.
- Лазић, М. (2006). *Алати, методе и технике унапређења квалитета*, Крагујевац: Факултет инжењерских наука.
- Ђорђевић, Д., Ћоћкало Д. (2007). *Управљање квалитетом*, Нови Сад: Технички факултет „Михајло Пупин“.

Крагујевац, 2017.

Ментор:

Др Миладин Стефановић, дипл. инж.

Резиме рада

Lean концепт је филозофија која се фокусира на реализацији захтева купца и испоруку производа на време. У данашњем производном окружењу, Lean производња захтева побољшање квалитета процеса уз примену одговарајућих алата квалитета. У оквиру овог рада, приказани су основни принципи концепта и карактеристике алата квалитета. Такође, са високим степеном пажње су описани најважнији поступци током имплементације алата квалитета у оквиру постојеће радне организације.

Кључне речи: Lean концепт, побољшавање квалитета процеса, алати квалитета, имплементација

Abstract

Lean concept a philosophy that focuses on the realisation of customer's requirement and delivery products on time. In today's production environments, Lean manufacturing requires improvement of process quality with application of appropriate quality tools. In this paper, it is presented the basic principles of concepts and quality tool's characteristics. Also, with good level of attention are described the most important methods of implementation quality tools inside of existing work organisation.

Keywords: Lean concept, improvement of process quality, quality tools, implementation

Изјава о самосталној изradi рада

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Број индекса Име и презиме

_____.

Садржај:

1. Увод.....	6
2. Историјат LEAN концепта	7
3. Основни принципи Lean концепта	9
3.1 Губици у Lean концепту	11
3.2 Ток вредности.....	13
4. Алати квалитета и методе Lean концепта.....	14
4.1 Основни алати квалитета	14
4.1.1 Дијаграм узрока и последица (Ишикава дијаграм)	14
4.1.2 Парето дијаграми	16
4.1.3 Хистограм	17
4.1.4 Стратификација података.....	18
4.1.5 Дијаграми расипања (корелациони дијаграми).....	20
4.1.6 Контролне карте.....	21
4.1.7 Формулари за прикупљање података.....	23
4.2 Технике квалитета.....	25
4.2.1 PDCA циклус	25
4.2.2 Рока - Yoke.....	28
4.2.3 Kanban метода	31
5. Пример имплементације алата квалитета у Lean концепта	34
5.1 Примена SMED алата.....	36
5.1.1 Фаза идентификације проблема и селекције тима.....	38
5.1.2 Фаза планирања.....	40
5.1.3 Фаза спровођења предвиђених мера активности.....	43
5.1.4 Фаза провере резултата	44
6. Закључак	51

1. Увод

У данашњем производном окружењу, монтажна активност је окарактерисана кратким производним циклусима и константном редукијом величина серија у производњи док група разноврсних типова производње и модела имају особину да врше раст истих. Константан притисак на смањивање времена реализације у производњи имплицира низ ових захтева који представљају изазов и за најиновативније произвођаче.

Lean концепт према дефиницији Џима Вомака представља скуп алата који имају сврху да редукују расипање и губитке у људским напорима, залихама, времену за обављање активности на тржишту, као и у производном простору како би се остварила одговорност према тражњи купаца а истовремено обезбедила испорука квалитетних производа [4]. Од појаве *Lean* концепта па до садашњости, остварен је висок степен популарности имплементације у производњи. *Lean* филозофија се базира на тимском системском приступу у идентификовању и елиминисању активности које имају расипничку особину или не додају вредност у производном процесу унутар производног окружења. Предности *Lean* филозофије се огледају у следећим активностима:

- редукија времена реализације производње,
- редукија рада током процеса,
- побољшање квалитета,
- побољшање флексибилности,
- смањивање обима рада,
- упрошћавање планирања,
- унапређивање комуникације међу запосленима,
- редукија трошкова,
- побољшање испорука на време,
- мултиплицирање обима продаје,
- већи степен експлоатације радног простора.

Термин *Lean* има етимологију са енглеског језика што у слободном преводу значи мршав или витак. Концепт је настао у Јапану средином 20. века у компанији Тојота као њен производни систем (енг. *Toyota Production System – TPS*) и тај концепт се поприлично развио до данашњице. Постоји врло велики опсег дефиниција *Lean* филозофије и добија све већу пажњу од стране водећих компанија јер представља извор за побољшање продуктивности и редукију трошкова у оквиру производње. *Lean* концепт преузима такође бригу о запосленима како би им се мултиплицирало самопоуздање и редуковао ниво стреса приликом обављања разних низа активности. Док је *Lean* производња постигла висок степен публицитета од када је *Lean* као термин утемељен као део студија који анализира светску производњу аутомобила, тешко је пронаћи најконцизнију дефиницију термина који описује све аспекте *Lean* концепта [5].

2. Историјат LEAN концепта

Историја *Lean* производње има корене у америчкој индустријској револуцији а затим у монтажној линији Хенрија Форда. Побољшања у самом процесу производње су настала доста касније од стране Тојоте. Тојота као један од лидера у аутомобилској индустрији развила се уз помоћ Фордових идеја производећи више јединица са постојећим ресурсима и фокусирајући се на висок степен тимског рада и организације и елиминацији активности које не додају вредност самом процесу. *Lean* производња добија своју прву форму осамдесетих година 20. века пошто су водећи амерички произвођачи аутомобила уочили да Тојота рапидно повећава ефикасност у производњи и на тај начин су почели са примењивањем и развојем *Lean* концепта.

Индустријска револуција и почетак масовне производње омогућили су почетак историје и развијање *Lean* производње. Почетком 19. века Енглеска је током тадашње индустријске револуције имала јефтину радничку класу која је имала тешке радне услове. Машински прављена роба редуквала је приход радника из руралних средина, док је механизација у текстилној индустрији снизила приход радника који су ручно ткали тканину. Поједини вешти радници су показивали висок степен квалитета рада али већина послодаваца су унајмљивала децу без родитељског старања и ниско плаћене жене као извор јефтине радне снаге. Индустријализација је тада приуштила одређене бенефиције као што је снижавање продајне цене робе али радници су били под константним притиском због могућности губитка посла услед сталних промена економских услова. Радници су имали велики број радних часова и били су изложени повредама од стране покретних машина.

Већина директора фабрика током ових година увидели су да радници нису адаптирани на редовно радно време као и да је један од великих проблема монотонија на радним местима у фабрици. Мотивисаност радника је представљало једно од питања које је требало оптимално решити. Тадашњи послодавци су претпостављали да ће високе плате утицати на обим производње. Адам Смит (1723-1790), пионир *Lean* филозофије, тврдио је да би радници постизали што виши степен продуктивности ако би имали могућност да напредују временом [6].

Како су се производи премештали кроз сваки одвојени процес појединачно током целог логистичког система, стварао се следећи низ питања [6]:

- Шта се дешава између процеса?
- Како су се комплексни процеси уређивали унутар производног система?
- Како би ланац процеса функционисао као систем?

Хенри Форд је 1905. године основао компанију „Форд Моторс“ која се у почетку бавила производњом аутомобила средње класе. Руководио је младим и талентованим инжењерима и механичарима који су у посебној просторији експериментисали са производним методама, планирањем радних задатака, контролом квалитета и руковањем материјалом. Форд је у сарадњи са својим колегијумом моделирао прву стратегију обимне производње. Уведени су сви елементи система производње (радно особље, машине, управљање алатима, производи) који су уређени у континуирани систем производње. Компанија „Форд Моторс“ је такође почела да поставља алатне машине према редоследу операција како би се успоставио што једноставнији радни

ток. Инжењери су постављали месингане ознаке на алатним машинама које су идентификовале локацију машина. То је први пут примењено у фабрици „Хајленд Парк“ у којој је произведено 200000 аутомобила што је забележено као прва Фордова монтажна линија[6].

Успон *Lean* производње је забележен након Другог светског рата у Јапану. Шигео Шинго и Таичи Оно су били једни од твораца начела *Lean* производње. Таичи Оно је као представник компаније „Тојота“ 1930. године био у посети у једној угледној америчкој компанији и опсервирао је да девет јапанских радника обављају исти интензитет посла као један амерички радник. Након тога, увидео је разлике и губитке које су се манифестовале у производњи и на тај начин је настао *Lean* концепт (слика 2.1) који је заправо Тојотин производни систем (*Toyota Production System*) [5].



Слика 2.1 Приказ TPS концепта [7]

Један од проблема које је Оно увидео била је операција утискивања где је било потребно мењати алате. Конкурентске компаније попут „Форда“ користиле су много веће и скупочије алате који су вршили једну операцију како би редукovali потребу за заменом алата. Успео је да дизајнира нове пресе који су се лакше мењале и на тај начин је смањио време фазе утискивања. Тојотин производни систем је садржао следеће принципе [7] :

- елиминација свих непотребних активности који не доприносе вредности производа током производног процеса,

- максимално редуковање време циклуса производње и редукција трошкова недовршене производње што имплицира повећање степена флексибилности,
- забрањена производња производа за које купац није пронађен.

Lean концепт захтева интелигентну радну снагу која је спремна да преузме иницијативу када је проблем детектован. Радници у масовној производњи типично нису предузимали одговарајуће мере у прослеђивању информација што је у великој мери одударало од *Lean* филозофије коју је Оно хтео да успостави. Председник Тојоте је преузео одговорност што је резултовало отпуштањем четвртине радника из целе компаније. Радници у тадашњем производном погону обављали су неколико лимитираних задатака што је резултирало да Оно у сарадњи са менаџером Тојодом организује тимове који су имали циљ да врше обуку радника. Радници су обучавани да могу да врше поправке и одржавање алата што је резултирало смањењем трошкова рада.

Према Џиму Вомаку, утемељивачу модерне дефиниције *Lean* филозофије, *Lean* концепт се заснива на дупло мањем коришћењу свих нивоа у поређењу са масовном производњом што резултира редукцији грешака у производњи и генерисању већег броја и врста производа. То се односи на [4]:

- експлоатацију људских ресурса,
- коришћење производног простора,
- инвестирање у алате,
- развој новог производа,
- најоптималније управљање временом производње,
- минимално присуство опреме у радном простору.

3. Основни принципи *Lean* концепта

Концепт заснован на *Lean* филозофији је усмерен на елиминацију губитака или расипања у сваком подручју производње или услуга укључујући односе са купцима, управљање фабриком као и мрежом снабдевања. Циљ је да се са што мањим људским ресурсима, мањим нивоима залиха, мањем времену за развој производа и мањем радном простору оствари висок степен одговорности према захтевима купаца уз производњу највишег квалитета на најефикаснији и најекономичнији начин. Најважније и најосновније вредности ове форме концепта које се данас имплементирају су [5]:

1. одређивање вредности за страну купца,
2. непосредна кооперација са заинтересованим странама,
3. уважавање радног особља,
4. рационална експлоатација свих типова ресурса.

Током вишедеценијског прогреса концепта развијен је велики број метода и алата који су омогућили развој саме *Lean* производње како би се омогућила лакша имплементација у оквирима радних организација које су желеле да побољшају карактеристике масовне производње. *Lean* концепт представља комплет алата који у себи садрже следеће циљеве [9]:

- редукција губитака и дефеката унутар система и процеса у производњи ангажовањем целокупног радног особља.
- повећање квалитета финалног производа,
- елиминација вишка материјала,
- минимална цена производа,
- генерисање производа у најкраћем временском интервалу,
- редукција времена трајања циклуса производње
- минимизирање залиха,
- најефикаснија експлоатација радне опреме и простора
- флексибилност унутар производње.

У оваквом систему производње *Lean* омогућава смањење трошкова уклањањем губитака при чему се креира могућност да се реализује побољшање квалитета на свим нивоима у производњи као и испуњење захтева купаца. Концепт је настао из Тојотиног производног система и садржи следеће активности (слика 3.1):

- детерминисање вредности за купца,
- дефинисање тока вредности,
- повлачење производа,
- континуирано побољшање.

Како би се овај облик производње могао разумети на најоптималнији начин, усвојен је следећи низ начела [1]:

1. Потражња купаца је најважнији критеријум који се поставља како би се детерминисале активности које додају или не додају вредност производу. Затим се концентрација врши на редукцији свих могућих губитака, побољшању вештина радника кроз едукацију и побољшање производног процеса.
2. Ток вредности је одређен као ток података и материјала од снабдевача до последњег корисника. Врши се континуално побољшање уз алате који редукују губитке, док се решења о побољшањима селектирају на организационом нивоу.
3. Радницима се придаје висок значај јер директно утичу на вредност производа. Како би се повећала продуктивност запослених, обезбеђују се адекватни услови у радном окружењу.
4. Како би се побољшао ток вредности врши се опсервација и проналажење губитака уз примену концепта „седам губитака“.
5. Континуални ток и систем повлачења представљају неопходан и перфектан вид тока вредности. Да би се ток вредности сматрао перфектним, потребно је да се ниво залиха сведе на минимум, а да се ниједан финални производ не произведе пре потражње купаца.
6. Један од важнијих принципа *Lean* концепта јесте визуални менаџмент. Да би се направио искорак у побољшању процеса и потенцијалним проблемима, све врсте активности морају бити транспарентног карактера.

7. Појам у *Lean* производњи „иди и види“ захтева креирање стратегије на основу опсервације тока вредности у дужем временском периоду.
8. Да би имплементација *Lean* концепта била у потпуности успешна, посебан вид пажње се мора обратити на квалитет тимског рада. Систем рада са снабдевачима, радницима, тим лидерима и руководећим лицима је круцијална карактеристика квалитетне организације.
9. *Kaizen* има улогу генератора побољшања *Lean* производње.



Слика 3.1 Приказ тока *Lean* концепта [8]

3.1 Губици у *Lean* концепту

Уклањање губитака и расипања је највиши степен приоритета у *Lean* производњи. Губитак или расипање означава све што не поседује вредност или не додаје вредност производном процесу. Расипање дефинише експлоатацију прекомерне количине ресурса на улазу за реализацију адекватног улаза. Главне категорије губитака [1]:

- скуп активности које не остварују вредност за купца (јап.*Muda*),

- скуп активности које су неусаглашене у процесу (јап. *Mura*),
- прекомерна производња и акумулација залиха услед лошег односа понуде и потражње (јап. *Muri*).

Концепт седам губитака настао је у Јапану од стране главног менаџера Тојоте, Таичија Она и дефинише алат за категоризацију свих губитака у производњи (слика 3.2). Уклањањем губитака представља најбољи метод за мултиплицирање ефективности у оквиру одређене радне организације. Од круцијалног је значаја идентификовати губитке током процеса како би се омогућило побољшање истог.



Слика 3.2 Приказ губитака у Lean концепту [10]

Дефинише се следећим терминима:

1. **прекомерна производња** (генерише прекомерно радно време, резултира високом трошковима складиштења и одржавања и отежава детекцију грешака унутар производног процеса),
2. **чекање** (највећи део времена током комплетног производног процеса се односи на чекање на реализацију следеће операције што је последица слабог протока материјала, ходови производње се предугачки и растојања између радних центара су превелика),
3. **транспорт** (превоз производа је активност која не додаје вредност производу),
4. **грешке** (утичу на квалитет производа огледајући се у поправкама или оштећењима што резултира високим трошковима),

5. **залихе** (вишак залиха повећавају време производње, директно се налазе у релацији са прекомерном производњом, заузимају радни простор, одлажу идентификацију проблема),
6. **непотребно кретање** (лоша селекција распореда машина, сувишни покрети радника током обављања активности),
7. **неприкладна обрада** (допремање погрешних информација, лош распоред у постројењима, превелика раздаљина између операција, недовољан или превелик степен квалитета обраде).

3.2 Ток вредности

Вредност унутар *Lean* концепта дефинише комплет свих активности (активности које додају вредност купцу) које су потребне да би спровеле производ кроз све главне токове који су од есенцијалног значаја за квалитет самог производа. Обухвата ток производње од сировог материјала до тренутка када финални производ доспева до купца као и ток дизајна од самог концепта све до лансирања на тржиште. Важна улога тока вредности се огледа у опсервацији грешака у производњи и неоптерећеном току процеса производње. Метода које се користи у домену овог принципа је мапирање тока вредности. Најбитнији задаци у оквиру овог принципа *Lean* производње [10]:

- Циљ је идентификовати фазу чекања и извршити редукцију времена у посматраном периоду процеса. Врши се детерминисање времена чекања које није допринело производном процесу.
- Анализирање планирања времена која су укључена у фазе производног процеса.
- Анализирање времена чекања и врши се селекција неопходних активности као што су преиспитивање знања радника и способност обављања других типова активности.
- Опсервација радног простора и времена за које је потребно произвести и пренети шаржу до следећег радног положаја. Обавља се рачунање броја понављања повезивања и преноса сваке шарже које се догоди током целе фазе производње.
- Проучавање производног погона радне зоне и проналажење оптималног начина функционисања радних места са циљем ефикасног уклањања задатака преноса шаржи.
- Елиминисање времена чекања комплетирања шарже.
- Успостављање критичних тачака где би квалитет требало бити прегледан пре преласка на следећу фазу производње.

- Смањењем времена за отклањање репетитивних активности које не задовољавају стандарде врши се утицај на редукцију губитка времена приликом провере квалитета производа.

4. Алати квалитета и методе Lean концепта

Данас активно постоји огроман дијапазон алата квалитета који се имплементирају у разним системима производње. Сврха коришћења алата у *Lean* концепту се огледа у редукцији губитака и грешака током функционисања производње што ефективно утиче на модернизацију целог система. Такође поједини алати имају за циљ да унапреде ниво знања и едукације радника као и побољшање рада опреме и машина што резултира сатисфакцијом купаца.

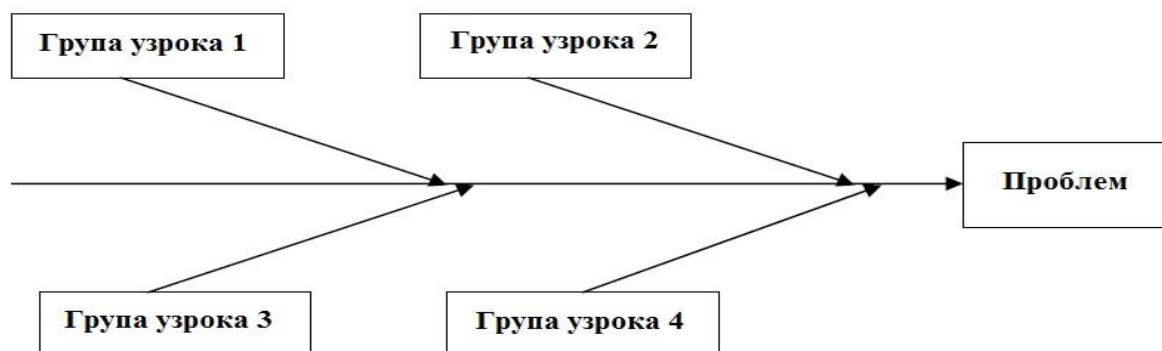
Алати квалитета имају примену за [3]:

- праћење оствареног квалитета производа,
- прелазак са контроле на превенцију квалитета,
- системско побољшање степена квалитета производа и
- системско планирање производње са нултом грешком.

4.1 Основни алати квалитета

4.1.1 Дијаграм узрока и последица (Ишикава дијаграм)

Примењује се у случајевима када треба идентификовати потенцијалне последице проблема и вршити категоризацију корисних идеја које би отклониле могуће препреке. Ишикава дијаграм представља визуелни алат који служи се опсервира узрок и последица одређеног проблема. Такође се може дефинисати као структурисана и графичка репрезентација свих могућих узрока датог проблема и спада у групу *brainstorming* алата. Приликом решавања проблема са тимским приступом, генерише се већи број опсервација везан за главни узрок проблема. Након тога врши се селекција узрока и приказује се на визуелни начин уз помоћ дијаграма (слика 4.1). Овакав алат квалитета има предност и велики степен корисности приликом решавања проблема у групном окружењу и када су доступни квантитативни подаци за опсервацију.



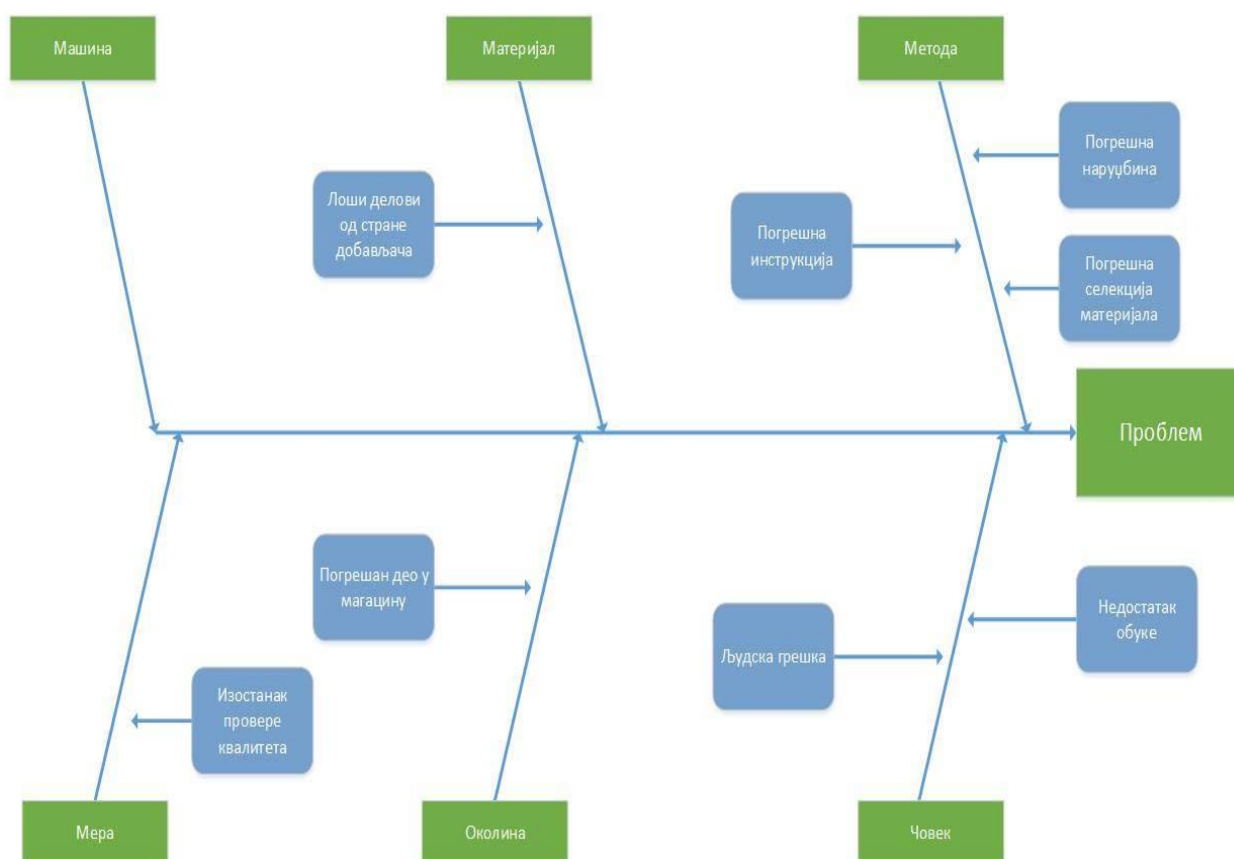
Слика 4.1 Елементарна структура Ишикава дијаграма [11]

Основне примене дијаграма узрока и последица [2]:

- побољшање квалитета процеса,
- процена усклађености квалитета са захтевима купаца
- визуелни приказ између одређене последице и потенцијалних узрока,
- изолација одређених узрока,
- врши подстицај запослених да учествују у континуираном побољшању,
- подстиче критичко мишљење код запослених.

Кораци имплементације алата у *Lean* концепту:

1. дефинисање проблема или последице у оквиру производног процеса,
2. одређивање главних категорија потенцијалних узрока (људски фактор, машине, материјали, технике),
3. израда дијаграма, дефинисање проблема или последице и детерминисање главних категорија,
4. генерисање потенцијалних узрока,
5. врши се постављање питања техником *5 Why*,
6. појединачна анализа сваког узрока како би се ивршио фокус на одређене узроке,
7. коначна идентификација главног узрока.



Слика 4.2 Примена 6М дијаграма у *Lean* концепту

На слици 4.2 је представљена концепција 6М дијаграма који обухвата 6 ентитета [2]:

1. **Човек** (*Man*),
2. **Машина** (*Machine*),
3. **Материјал** (*Material*),
4. **Метод** (*Method*),
5. **Мерење** (*Measuring*),
6. **Околина** (*Mileu*).

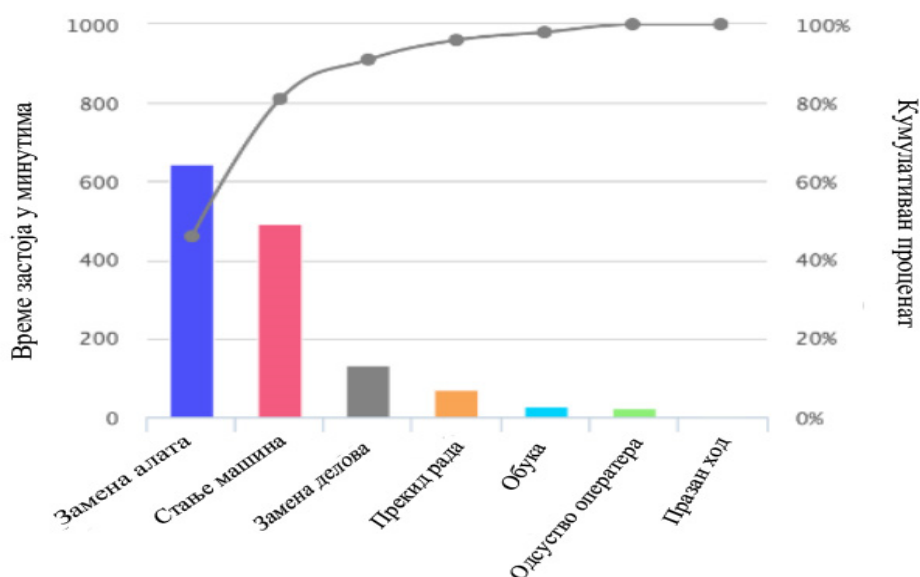
4.1.2 Парето дијаграми

Парето дијаграм представља графички алат који омогућава произвођачима идентификацију најважнијих проблема широм производног погона коришћењем квантификованих података. Главна примена овог алата се огледа у експлоатацији током континуалног побољшања у производњи. Имплементација алата је једноставна и корисна је при постизању жељеног сазнања о комплексности проблема. Има и примену када се врши одлучивање о фокусирању ресурса и људских фактора.

Принцип Парето дијаграма (слика 4.3) се базира на односу тј. релацији два слична скупа података (последича и узрок, улаз или излаз) који у специфичним условима манифестују одређена понашања у правилу 80 – 20.

Кораци имплементације алата:

- идентификација зоне, предмета или проблема,
- генерисање скупа критеријума мерења,
- прикупљање података,
- анализирање података у односу на сваки постављени критеријум,
- креирање дијаграма за сваки критеријум,
- примена ефекта Парето,
- решавање проблема.



Слика 4.3 Приказ Парето дијаграма у Lean концепту [12]

Парето дијаграм у *Lean* концепту се примењује начином 80 – 20:

- 80% губитака и расипања проистиче из 20% узрока што имплицира да се редукцијом и елиминацијом узрока врши већинско отклањање проблема,
- 80% вредности складишта сачињен је од 20% количине комплетног складишта што подразумева да се редукцијом вредности складишта
- 20% снабдевача омогућава добављање 80% материјала што омогућава фокусирање на развој снабдевања у правцу мањег броја снабдевача.

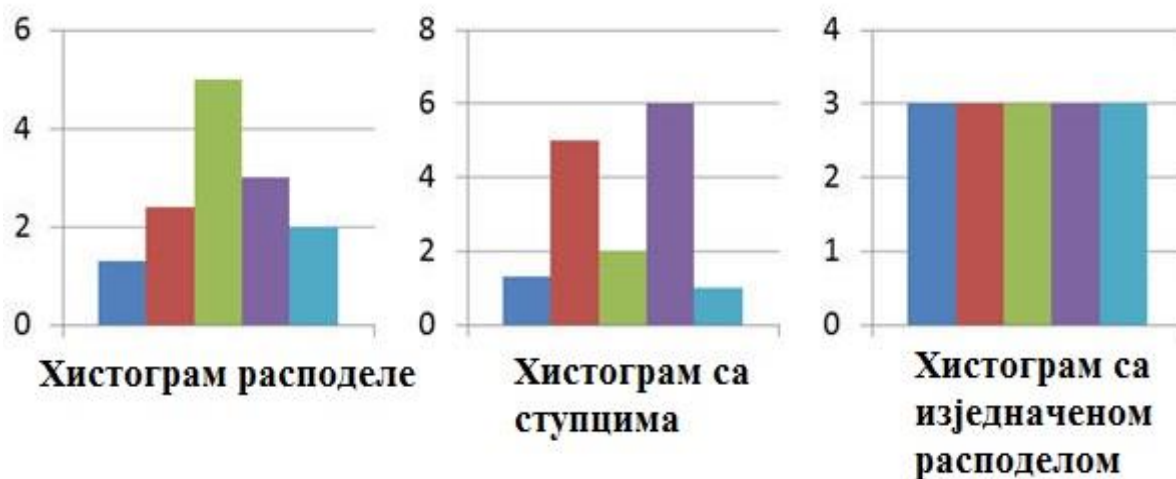
Метода 80 – 20 се базира на следећим принципима:

1. највећи број проблема унутар *Lean* концепта,
2. дирекција фокусирања покушаја побољшања квалитета *Lean* концепта,
3. утврђивање 20% узрока који манифестују 80% проблема.

Парето анализа прикупља податке тако што прави приоритете међу истим уз помоћ детерминисаних фактора унутар *Lean* концепта.

4.1.3 Хистограм

Спада у групу алата квалитета где представља графикон који приказује учесталост ставки које се налазе у различитим категоријама у одређеном узорку. У *Lean* концепту репрезентују расподелу вредности генерисане током процеса. Има карактеристику да визуелно прикаже максималан број варијација који се ствара у самом процесу.



Слика 4.4 Категорије хистограма

Хистограм (слика 4.4) се користи ради спознавања односа између процеса производње и очекивања купаца тако што може помоћи у решавању проблема да ли одговарајући процес у оквиру производње обезбеђује потребан квалитет који купац захтева. Учесталост расподеле се односи на број статистичких резултата који се могу пронаћи у свакој од група резултата.

Имплементација хистограма се базира на:

- једноставном приказивању података,
- приказивању учесталости појављивања детерминисаних вредности,
- откривању варијација и формата података,
- графичком приказивању дистрибуције података,
- способношћу предвиђања наредних перформанси процеса,
- идентификацији параметара процеса,
- процењивању квалитета финалног производа сходно захтевима купаца.

У оквиру *Lean* концепта, хистограм као алат квалитета се примењује у области континуираног побољшања квалитета. Карактеристике алата су:

- категоризација приступа континуираног побољшања,
- тачности приликом детерминисања расипања,
- калкулација средње вредности.

У случају обимне производње генерише се већи број варијација података. Подаци се селектирају на основу одређених интервала учесталости. Највиши стуб на графикону представља највећи степен учесталости детерминисане групе података. Селекција података на основу фактора учесталости и расподеле омогућује лакше одређивање одлука.

Хистограм се као алат квалитета у *Lean* концепту користи за визуализацију способности процеса у производњи. Висина стуба у хистограму показује колико често долази до појаве датих домена вредности у посматраним подацима. Од велике је важности открити да ли дистрибуција података има детерминисан облик како би се извршило испитивање квалитета.

Предности хистограма [22]:

- показује све облике вредности,
- обезбеђује графичку информацију о одређеном процесу и
- омогућује децидирање одлука ради унапређења квалитета.

4.1.4 Стратификација података

Алат се користи за разврставање информација и података који су компатибилни са одређеним критеријумом или начелом. Спада у групу метода који врше поделу информација у поткатегорије и класификује податке базиране на групе, подељке, класе или нивое које учествују у реализацији решења постојећег проблема. Представља базу за алате попут Парето или корелационих дијаграма. Примењује се за анализу и поделу података у истоврсну групу истих, где прикупљени подаци о проблему или активности представљају вишеструке изворе које треба обрађивати одвојено. Користе се поступци који врше опсервацију података процеса или активности, затим раздвајање података по нивоима и обрађивање анализе.

Подаци се стратификују на основу четири питања (фактора):

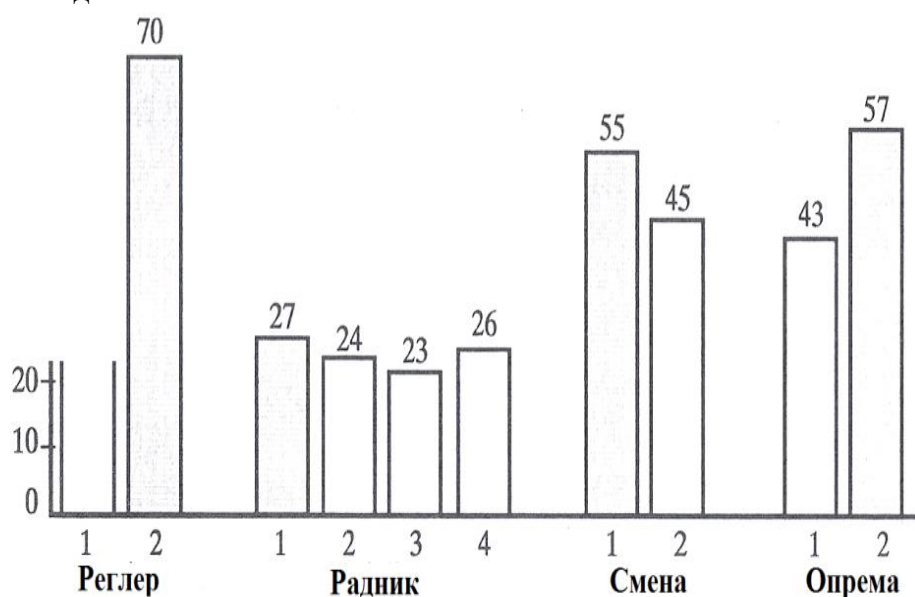
1. *Who* (Ко?) фактор обавља сортирање података на основу групе којој запослени припадају (руководиоци, директори, инжењери, механичари, радници у монтажи),
2. *What* (Шта?) фактор обавља разврставање података на основу предмета стратификације,
3. *Where* (Где?) фактор обавља разврставање података на основу локације у оквиру комплетног радног места (локација фабрике, локација складишта, главна канцеларија),
4. *When* (Кад?) фактор обавља разврставање података на основу временског интервала у оквиру одређене активности (смена, радни дан).

Активности које се спровode током стратификације података:

- пре акумулације информација, обавља се разматрање о изворима информација који могу имати утицај на резултат процеса,
- приликом израде дијаграма уз помоћ алата (дијаграм расипања, хистограм, контролна карта) користе се различите ознаке података како би се извршила идентификација извора података,
- анализирање подскупова сортираних података.

У оквиру *Lean* производње стратификују се следећи облици података (слика 4.5):

- опрема,
- радне смене,
- радни одсеци,
- материјал,
- снабдевачи,
- производи.



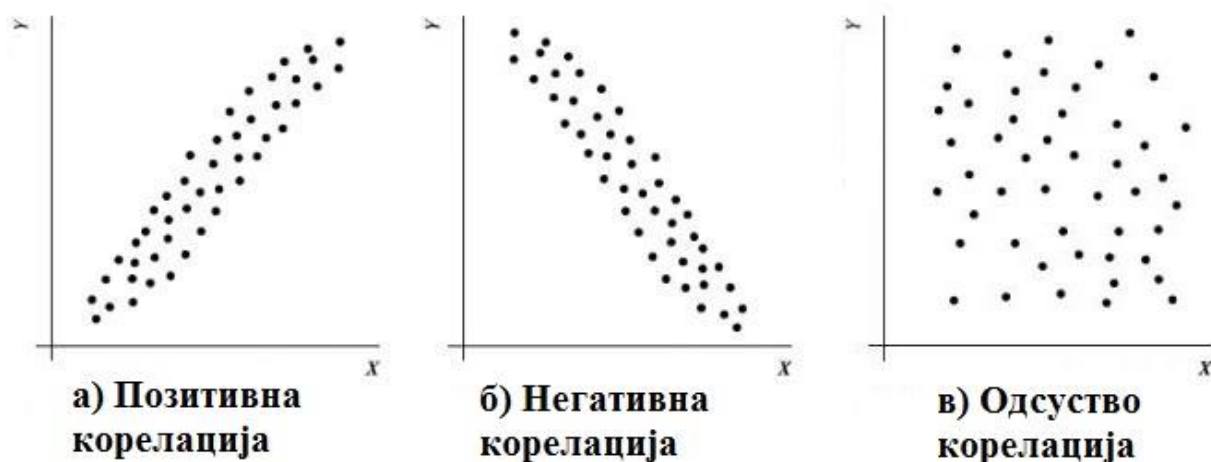
Слика 4.5 Приказ дијаграма стратификације [2]

Елементарни задаци стратификације су [3]:

- засебна акумулација података сходно различитим критеријумима (услови, узроци, локације, серије и сл.),
- утврђивање комплетног система идентификације производа и активности од пријемног магација до магацина финалног производа,
- утврђивање система обезбеђења следљивости производа.

4.1.5 Дијаграми расипања (корелациони дијаграми)

Корелациони дијаграм је графички алат који приказује да ли егзистира однос између две променљиве које су од значаја у оквиру производног процеса у *Lean* концепту. Примарни циљ корелационог дијаграма као алата квалитета јесте развијање једначине која учествује у пројектовању детерминисаног скупа информација у односу на други скуп. Дијаграми расипања спадају у неопходну групу алата у *Lean* производњи који се користе за анализирање проблема и квалитета.



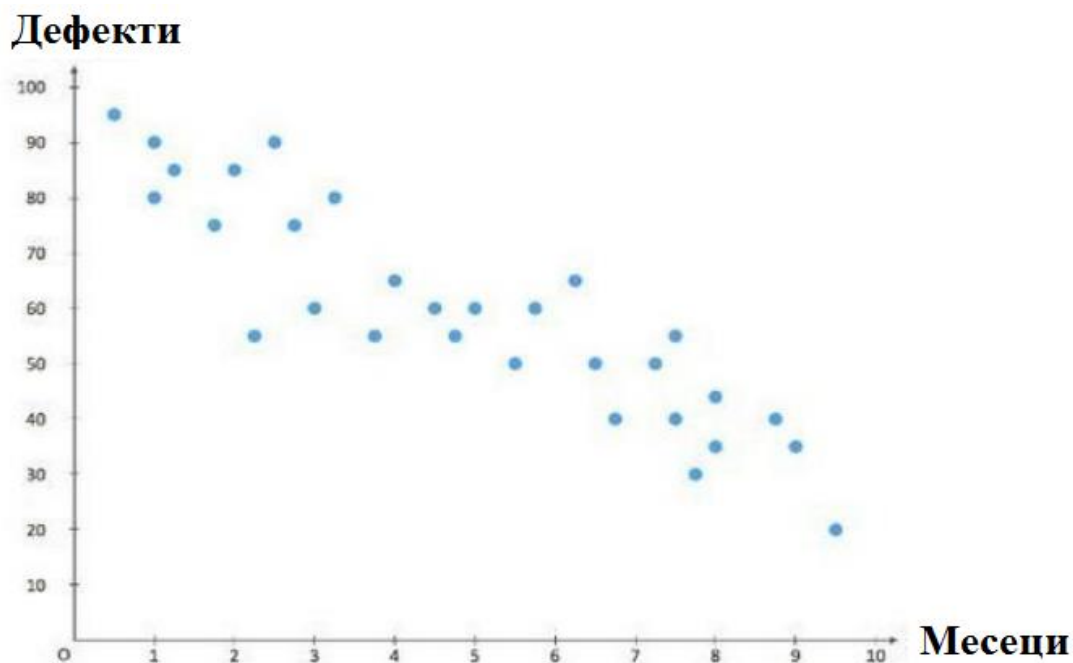
Слика 4.6 Врсте корелационих дијаграма [14]

Врсте корелација које постоје у оквиру алата су (слика 4.6):

1. **позитивна корелација** представља однос између два скупа информација које имају заједничку карактеристику да им се вредности увећавају или смањују,
2. **негативна корелација** означава да је присутан инверзан однос између два скупа података што имплицира да када се вредност једног скупа повећава, други се смањује и обратно
3. **одсуство корелација**.

Примена дијаграма се врши у следећим случајевима у оквирима *Lean* концепта:

- дефинисање и утврђивање односа између скупа информација,
- дефинисање присутности нумеричких обележја,
- зависан скуп података поседује вишеструке вредности у односу на независан скуп података.



Слика 4.7 Корелациони дијаграм дефеката [15]

На слици 4.7 је приказан однос дефеката у оквиру временског фактора (месеци) имплементацијом дијаграма расипања.

4.1.6 Контролне карте

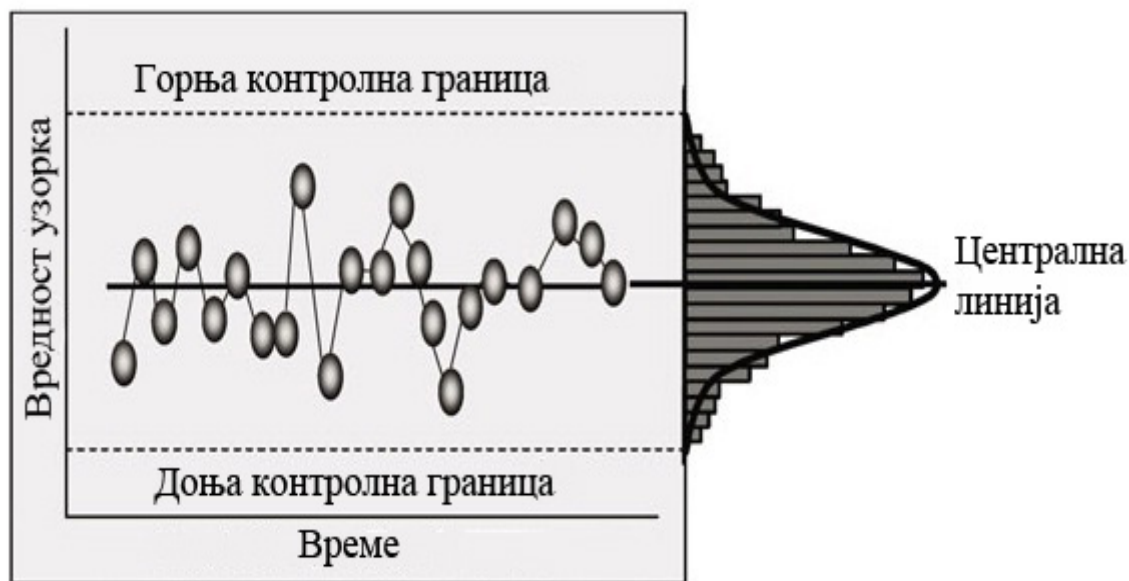
Представљају алате који имају особину графичког приказа измене вредности детерминисаних параметара са тачно уређеним низом контролисања. Обезбеђују константну контролу технолошких процеса производње и правовремено идентификовање потенцијалних грешака.

Контролне карте имају следеће примарне циљеве у оквиру побољшања производње:

- управљање и контрола процесима стабилности и контроле,
- анализа карактеристика процеса и производне опреме,
- контрола квалитета производа у детерминисаним фазама,
- анализа коректности рада процеса рада,
- имплементација у свим фазама одређеног процеса,
- побољшање квалитета.

Главне три компоненте контролне карте (слика 4.8) обухватају [2]:

1. почетак контролне карте који садржи графикон временских серија,
2. централна линија која је придодата као виузелна референца за препознавање токова и локација,
3. горња и доња контролна граница које се обрачунавају из доступних података и постављају се паралелно са централном линијом.



Слика 4.8 Главне компоненте контролне карте [16]

Кораци при прављењу и имплементације контролних карата садрже следеће фазе: [3]:

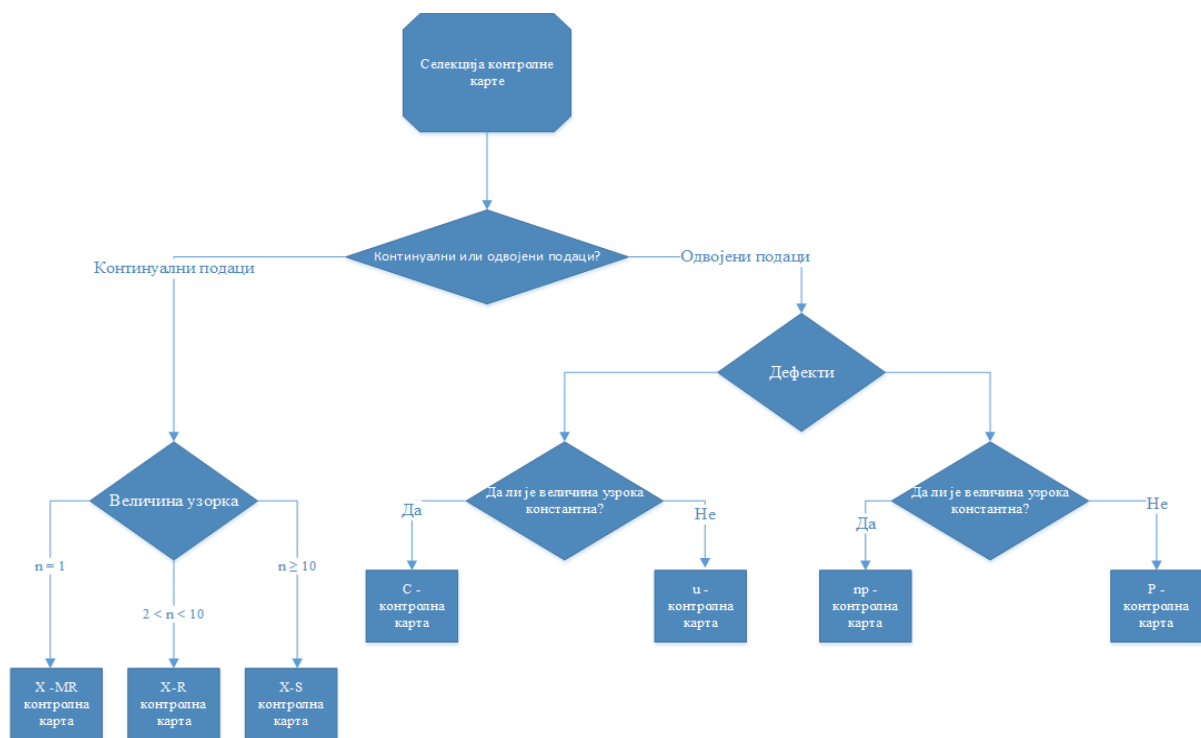
- селекција критеријума за имплементацију контролне карте,
- селекција адекватног типа контролне карте,
- дефинисање узорака, величине и учесталости,
- акумулација података до 25 узорака или коришћење претходно забележених узорака,
- статистичка обрада особина узорака,
- калкулација контролних лимита,
- израда карте и наношење статистике узорака,
- преглед и стручна опсервација карте,
- предузимање адекватних мера.

Најчешће коришћене групе контролних карти су карте за мерљиве карактеристике и атрибутивне. Контролне карте за мерљиве карактеристике се користе за праћење карактеристика које су битне за функционалност производа. Атрибутивне контролне карте се примењују код оцењивања процеса у производњи као и за производе који захтевају високе трошкове. На слици 4.9 је приказана селекција контролних карти.

Предности овог базичног алата су [2]:

- могућност праћења процеса *Lean* производње и стања делова производа и
- анализа квалитета материјала,
- анализа испуњења захтева потрошача.

Примена алата се препоручује у примени када су атрибути једини расположиве информација или када треба извршити процену производа у којој се приказују више особина.



Слика 4.9 Селекција контролних карти

Предности коришћења алата се огледају у:

- контролисаном испитивању,
- креирању могућности за даљим побољшањима,
- предвиђању будућим перформансама процеса у случају да је производни систем стабилан,
- визуелном праћењу процеса током радног времена,
- одређивању способности процеса на основу претходно остварених перформанси.

У контролне карте атрибутивних карактеристика налазе се [18]:

- **m** – карте (број дефектних узорака),
- **p** – карте (проценат дефектних узорака),
- **c** – карте (укупан број дефектних узорака) и
- **u** – карте (количник између укупног броја дефектних узорака и укупног броја примерак)

4.1.7 Формулари за прикупљање података

Налазе се у скупу основних алата који се примењују унутар *Lean* концепта. Формулари су документа која се користе за прикупљање података у реалном времену и на локацијама где се посматрани подаци генеришу. Има особину практичног алата за квалитативно и квантитативно прикупљање података и анализу истих. Формулари за прикупљање података (табела 4.1) омогућавају лакше и систематско сакупљање и организовање података у свим нивоима *Lean* производног процеса као што су:

- дефинисање,

- мерење,
- анализа,
- побољшање и
- контрола производа.

Проблем	Материјал						Збир
	X			Y			
	Смена			Смена			
	1	2	3	1	2	3	
A	18	21	22	23	30	28	142
Б	7	6	5	8	9	8	43
B	12	11	24	17	15	17	96
Г	14	13	8	5	2	4	46
Збир	51	51	59	53	56	57	
	161			166			327

Табела 4.1 Пример попуњеног формулара за сакупљање података [2]

Употреба формулара за прикупљање података је прикладна у случајевима када се подаци могу опсервирати и прикупљати репетитивно од стране запосленог радника у одређеном нивоу радног места. Велики степен ефикасности овај алат квалитета пружа приликом прикупљања података о учесталости и идентификацији узорака проблема, дефеката као и узрока расипања и губитака у *Lean* концепту.

Мере које се предузимају приликом формирања формулара [3]:

1. селекција врсте параметара које се прате,
2. одређивање метода сакупљања података,
3. дефинисати период акумулације података,
4. образовање формулара (табела 4.2).

Формулар за прикупљање података „8 типова расипања“					
Радна зона:			Датум:		
Типови расипања (губитака)	Дефиниција	Детектовани проблеми	Интензитет проблема	Опис	

Дефекти	Подаци, производи и услуге који су некомплетни	- Непрецизне примене алата - Поломљени делови - Пропуштени рокови		
Прекомерна производња	Прерана или пребрза реализација активности	- Прекомерно складиштење		
Чекање	Чекање података, опреме, материјала и делова	- Чекање одобрења - Чекање опреме - Чекање великих шаржи		
Неискоришћена способност радника	Неадекватна примена знања, вештина, искуства запослених	- Запослени нису способни да доносе одлуке - Запослени нису прописно обучени за рад		
Транспорт	Непотребно кретање опреме, материјала и података	- Лош степен комуникације административног сектора		
Залихе	Акумулација делова и података	- Складиштење залиха		
Покрети	Сви покрети који не додају вредност производу	- Кретање радика између радне опреме		
Прекомерна обрада	Све мере које не додају вредност процесу	- Додатни извештаји о подацима		

Табела 4.2 Формулар прикупљања података у Lean концепту [25]

Значајна карактеристика формулара за прикупљање података је да се подаци бележе ознакама на самом формулару. Карактеристични формулар је подељен на области док ознаке имају својствен значај у зависности од области у којој се налазе. Предности коришћења формулара као алата квалитета се огледа у једноставном и ефикасном приказивању података како би се на најоптималнији начин анализирао проблем у производном погону.

4.2 Технике квалитета

4.2.1 PDCA циклус

PDCA је алат квалитета и континуалног побољшања који је изумео оснивач управљања квалитетом др Едвардс Деминг уз помоћ свог ментора Волтера Шухарта. Др Деминг је желео да креира технику која би омогућила идентификацију узрока проблема код производа услед непостизања захтева квалитета производа код купаца.

Оваква врста алата је омогућила предузећима да развију висок степен антиципације приликом планирања производних процеса и финалног производа као и какве измене треба применити.

PDCA алат квалитета је итеративни алат који се састоји из четири фазе и има намену за континуирано побољшање процеса, производа и услуга. Садржи систематско тестирање потенцијалних солуција, процену резултата и имплементирање варијанте која има адекватно решење. Представља приступ који истиче да када су једном унапређења идентификована и примењена, омогућује додатно истраживање за даљим побољшањима како би процес имао атрибут континуиран.



Слика 4.10 Ток фаза *PDCA* алата квалитета

Четири фазе које *PDCA* циклус (слика 4.10) садржи:

1. **план (Plan)** - идентификација и опсервација проблема или прилике, прогрес хипотеза о питањима проблема, опредељивање за примену најоптималнијег решења,
2. **спровођење (Do)** – тестирање изабране солуције и мерење резултата спровођења,
3. **провера (Check)** - анализирање остварених резултата. мерење степена ефективности и одлучивање да ли је изабрана солуција валидна за примену,
4. **примена (Act)** – имплементација селектиране солуције.

Прва фаза обухвата перцепцију и идентификацију проблема до његових елементарних узрока, постављање циљева и листа жељених захтева купаца . Планирање неопходних поступака се врши на конвенционалан начин. Од круцијалне важности је комуникација са радним кадром како би се омогућила акумулација свих потенцијалних решења. Фаза планирања такође обухвата обуку запослених.

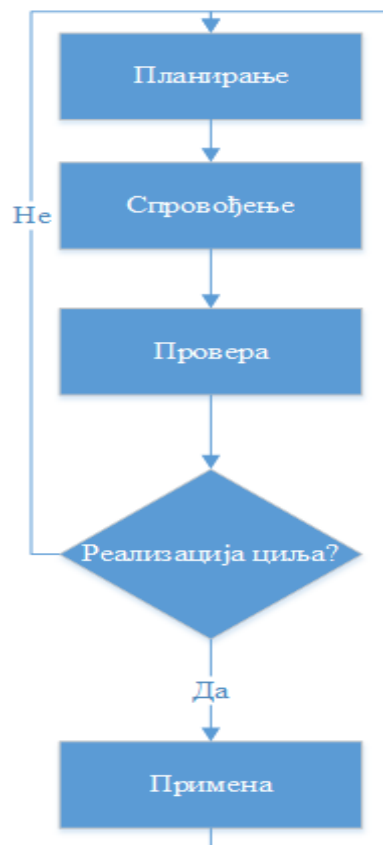
У фази планирања обављају се следеће активности:

- мапирање процеса (подела на појединачне процесе),
- сакупљање и анализирање података како би се утврдили елементарни узроци,
- врши се излагање хипотеза,
- верификација предложене солуције решења.

Приликом реализације фазе спровођења стварају се критеријуми који се односе на успех реализације елиминисања проблема. Ова фаза се односи на извршење предложених активности или побољшања. У фази провере врши се контрола следећих активности:

- контрола имплементираних побољшања
- контрола реализације постављених циљева,
- проналажење узрока проблема у случају да исти није елиминисан коришћењем методе 5W.

У фази примене врши се документација стандарда као најважнија активност. Пре преласка на нови циклус побољшања, врши се превенција понављајућих радњи или активности које би угрозиле прогрес континуираног побољшања. *PDCA* алат квалитета (слика 4.11) има важну улогу у *Lean* концепту из разлога што помаже у идентификацији губитака и расипања ради елиминације истих и има велики допринос унутар *Kaizen* филозофије рада. Најчешће се користи у случају када стручни кадар треба да пронађе најоптималнији начин за корекцију постојећег проблема . Да би проблем био елиминисан користећи *PDCA* алат, запослени радници морају да посвете одређено време вршећи опсервацију комплетног стања у радној зони где је проблем откривен. Да би *PDCA* циклус био максимано ефикасан, имплементација се мора базирати на тимски начин а не појединачно.



Слика 4.11 Шема PDCA алата

Предности интегрисања *Lean* концепта користећи *PDCA* алат:

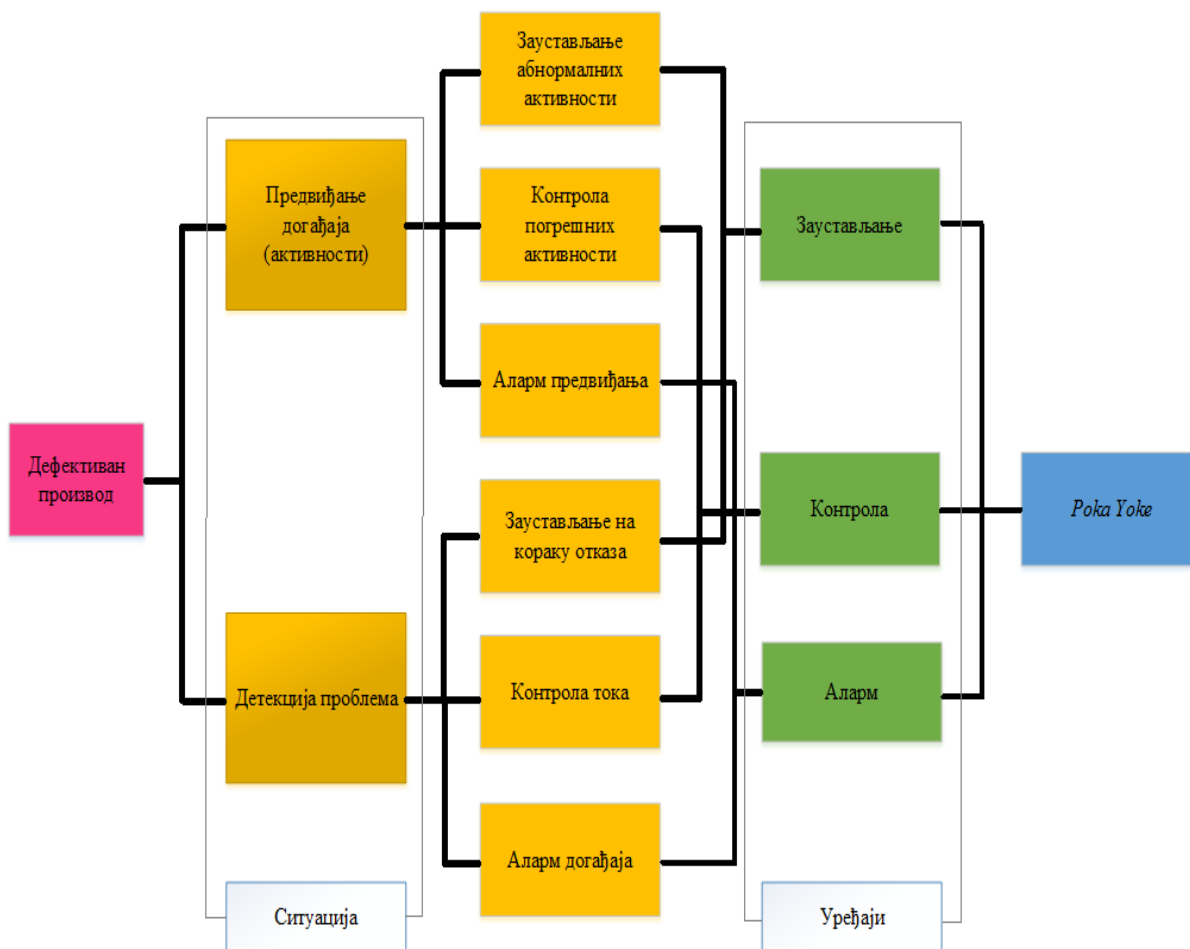
- побољшање квалитета тимског рада који има тенденцију ка континуираном побољшању идентификацијом и елиминацијом губитака и расипања,
- организације стварају квалитетније производе и услуге са бржим степеном производње,
- повећање економичности производа у односу на купца,
- повећање перформанси производних процеса.

4.2.2 Poka - Yoke

Poka - Yoke је јапански термин који означава ескивирање потенцијалних грешака. Алат је настао у оквиру Тојотиног производног система уз помоћ Јидока концепта од стране Шигеа Шинга [5]. Уз помоћ ове технике омогућује се производња и склапање производа са минимум бројем дефеката користећи нулту контролу. Такође алат може приказати рад поузданих метода рада и процеса који имају сврху да уклоне могућности грешака које могу проистећи од стране радног особља. Непоуздан однос радног особља може довести до дефеката и застоја у производњи.

У *Lean* производњи се користи како би се извршила превенција грешака и на тај начин побољшава се квалитет процеса а самим тим и финалног производа. *Poka – Yoke*

алат је механизам или метода у *Lean* производном систему који омогућава оператеру (радном лицу) да избегне (јап. *yokeru*) уочену грешку што имплицира да овај алат квалитета има за задатак елиминисе или да максимално умањи настали проблем настале последицом људске грешке.



Слика 4.12 Шема активности Poka – Yoke алата

Под термном „грешка“ дефинише се активност која има елементе некоректности или непоузданости као исход нестабилног процеса унутар *Lean* производње. Дефектом се одређује да активности у процесу варирају у односу на појединости или стандарда сервиса или да се не остварују захтеви подесни по жељи купаца

Циљеви Poka – Yoke алата [2]:

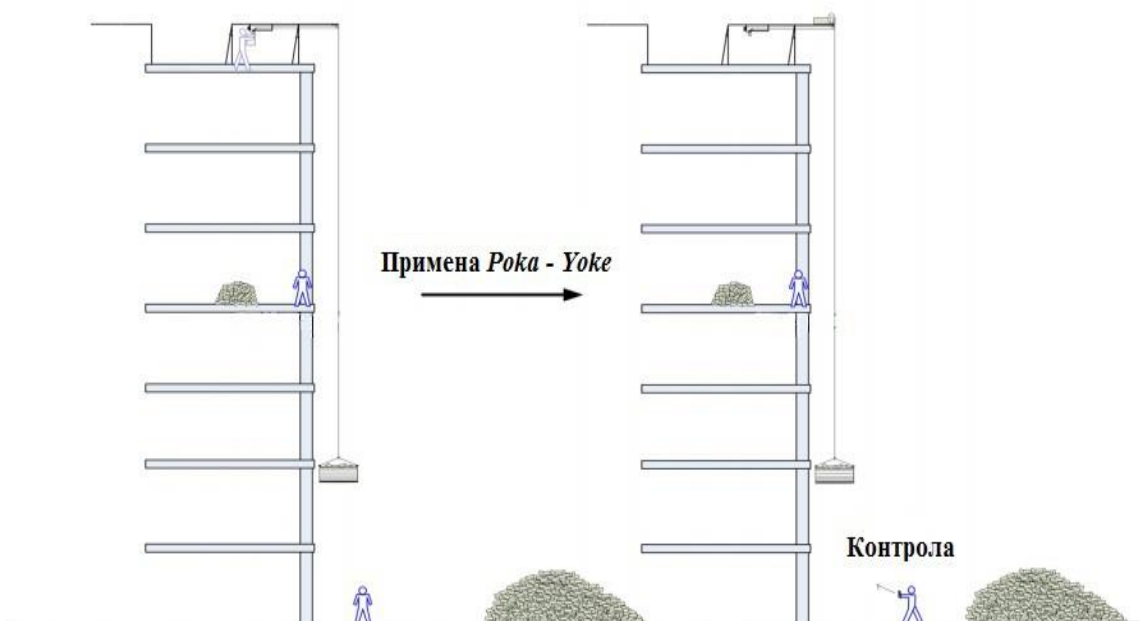
- идентификација грешке,
- заустављање процеса,
- сигнализирати узрок грешке,
- превенција грешке пре стварања дефеката,
- спречавање поправки машина,
- редукција трошкова,
- побољшање времена производње (*Lead time*),
- елиминација узрока проблема како проблем не би имао репетитивану карактеристику.

Како би финални производ имао највећи могући степен квалитета, сви процеси који су међузависни морају да обезбеде квалитет на самом почетку процеса. У случају да постоји могућност да се грешка појави у наредној фази или кораку процеса, онда постоји висок проценат вероватноће да ће се квалитет производа редуковати. Из наведених разлога проистиче потреба за креирањем и модификовањем система превенције (слика 4.12). Три главна елемента *Poka – Yoke* алата квалитета:

1. уређаји,
2. преглед и
3. визуелна контрола.

Овакви типови алата користе електронске или неактивне како би се контрола обављала на најсигурнији и најпоузданији начин. Визуелна контрола као и преглед могу се користити у производном процесу где се уређаји не могу применити. Пасивни уређаји су у већини случајева најбољи контактни начин за примену из разлога што су једноставне конструкције и не дозвољавају машинама, деловима и осталим компонентама производног процеса да се налазе у погрешном положају пре почетка рада одређене фазе производње.

Техника бројања се користи када је детерминисан број операција неопходан у току фазе процеса или када производ садржи тачно прецизиран број делова који се склапају. Сензор врши калкулацију броја понављања у случају коришћења одређене операције или броја успешних завршетака поступака. Такође врши се калкулација броја делова или компоненти унутар одређене фазе производње који су потребни како би се успешно реализовао комплетан процес. Метода редоследа покрета код запослених се јако примењује унутар *Poka – Yoke* алата (слика 4.13). Користе се сензори како би се утврдило да ли је остварено кретање током извршења одређене операције.



Слика 4.13 Имплементација *Poka – Yoke* алата у *Lean* концепту [23]

У случају да се покрет није догодио сходно прописаном редоследу, сензор активира уређај да заустави машину истог момента. Ова метода користи сензоре фотоелектричне уређаје који су повезани са бројачем времена. У случају да се покрет не догоди када је потребно, прекидач се активира аутоматски да заустави тренутну операцију и упозорава радно лице.

Приступи који се користе су:

1. контролни приступ

- искључивање рада свих машина у тренутку појављивања грешке,
- висока способност постизања минималних броја грешака.

2. приступ упозорења

- сигнализирање радном лицу (оператеру) за престанак обављања свих радних активности,
- врши се провера настале грешке у оквиру радног простора где је настао сигнал,
- корекција проблема и безбедан наставак са радом,
- као извори сигнала пажљиво се селектирају уређаји са адекватним емитовањем звучних сигнала и светла.

Предности алата:

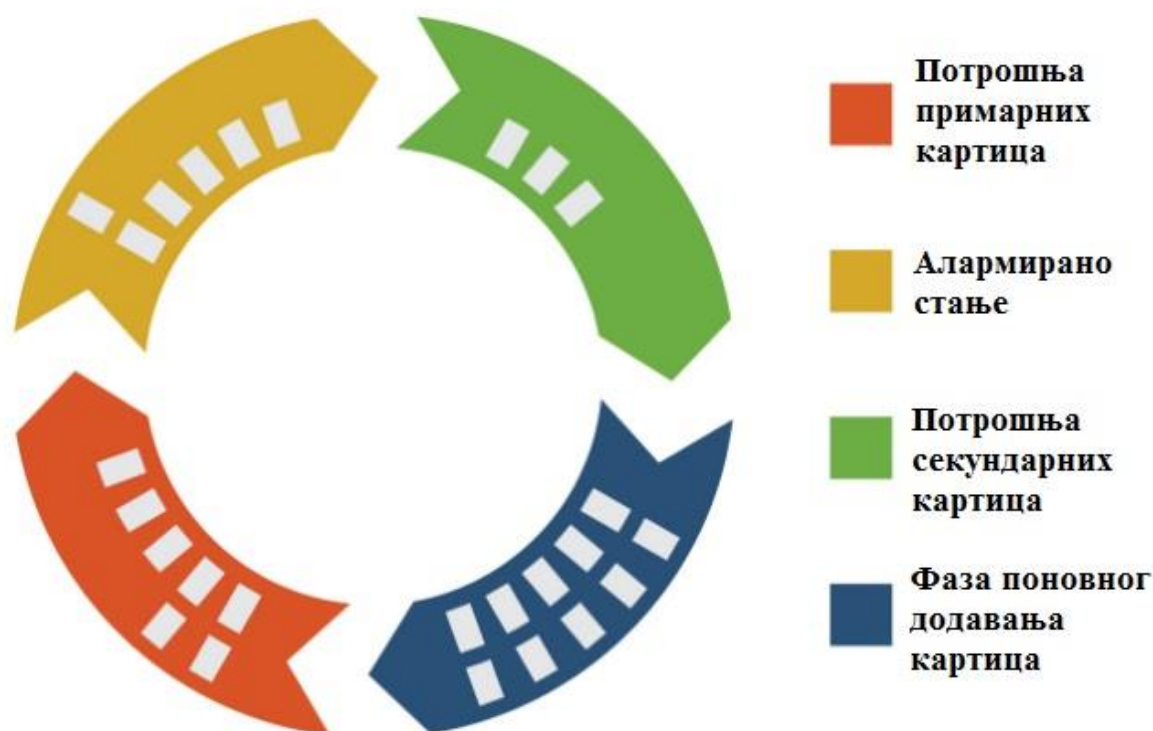
- коришћење у репетитивним процесима,
- широка примена у стратегији са минималним дефектима,
- мултиплицирање ефикасности на радном месту уклањањем узрока елементарних проблема,
- побољшање квалитета управљања производњом,
- отклањање потребе за проценом ризика,
- омогућава развијање најоптималнијег начина за обављање задатака у производњи.

4.2.3 *Kanban* метода

На јапанском језику „*Kanban*“ има конотацију сигналне картице. Представља визуелну технику за контролисање производње у *Lean* производњи. Развијањем визуелном система у производњи омогућено је током година групама запослених да имају висок степен комуникације како би се лакше одрађивале активности. У домену производње, *Kanban* се примењује када се добије захтев купца. и од тог тренутка почиње ток производње. Као део система повлачења, контролише продукт производње, у којој мери и у ком временском интервалу се налази у одређеној фази процеса..

Филозофија *Kanban* се концентрише на крајњи циљ производње који се односи да се на максималан и оптималан начин испуни захтев купца не обзирајући се на извршиоце

свих операција. Означава систем сигнализирања који се користи кроз ток вредности како би се извршило извлачење производа до купца [10].



Слика 4.14 Експлоатација Канбан картица [21]

Алат може имати више варијација форми али у већини производних погона користе се сигналне картице (слика 4.14) како би се вршило управљање процесима. *Kanban* је прихваћен алат квалитета унутар *Lean* производње који има улогу да елиминира губитке који се појављују током рада производње и залиха како би се остварио максималан квалитет производа који купац захтева.

Један од начина на који се остварује редукција губитака и расипања јесте експлоатација система повлачења који регулише производњу јединица на бази потражње потрошача. Уместо процењивања броја специфичног производа које тржиште захтева и како би се производња на основу те количине концентрисала, *Kanban* генерише производе у директном односу са тренутним бројем производа који се захтевају на тржишту.

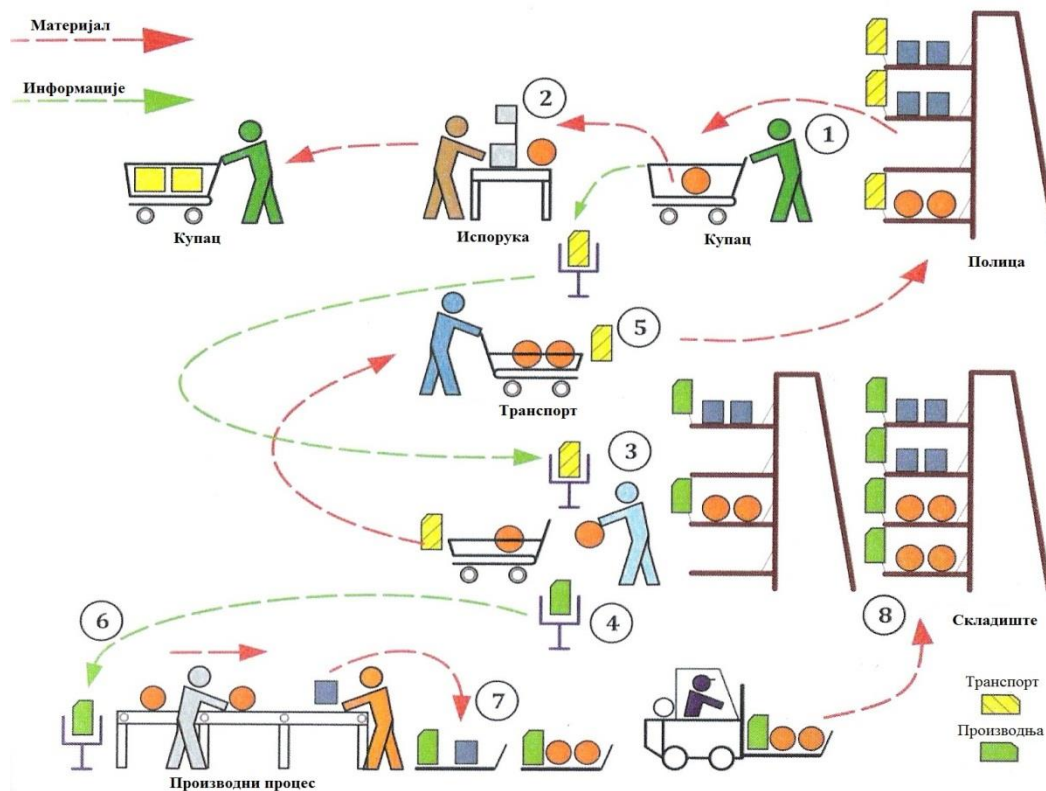
Предности технике су:

- једноставност и лака перцепција процеса
- редукција трошкова и нивоа залиха,
- поузданије испуњавање потреба купца,
- превенција прекомерне производње,
- редукција залиха,
- редукција застарелих продуката,

- једноставније обезбеђивање извештаја (коришћењем адекватних софтвера обезбеђује се анализа произведених артикала у временском интервалу).

Тојотиних шест правила за ефикасно коришћење алата [5]:

1. процеси везани за потрошаче повлаче производе у прецизним количинама које означава *Kanban* метода,
2. снабдевач обезбеђује артикле у тачној количини и редоследу који су означени од стране *Kanban* методе,
3. строго је забрањено генерисање и дислоцирање производа без коришћења алата,
4. *Kanban* картица прати строго сваки продукт,
5. дефекти и непрецизне количине никада се не прослеђују у следећи процес ,
6. Број *Kanban* картица се редукују пажљиво како би се извршила редукција залиха и открили потенцијални проблеми.



Слика 4.15 *Kanban* систем у *Lean* концепту [1]

Концепт *Kanban* система се заснива на експлоатацији моћи визуелних информација користећи картице као визуелне сигнале за активирање и контролу тока материјала и делова током производног процеса. Обезбеђује се усклађивање радних процеса унутар организације која примењује *Lean* концепт производње.

У процесима које контролише овај алат, производња се базира на основу актуелне употребе а не предвиђене. Распоредом *Kanban* картица врши се замена актуелног плана производње. Замена се врши визуелним сигналимa и јасно прописаним правилима одлучивања. Да би цео систем примене методе имао најефективнији резултат

потребно је развити квалитетан ниво комуникације како би се обезбедила размена података у оквиру целог производног система до потрошача (слика 4.15).

Елементарни закључци везани за *Kanban* метод [24]:

- *Kanban* је помоћни медијум за решавање проблема управљања квалитетом. Представља алат за редуkcију залиха на складишту и има задатак да креира услове за производњу без препрека како би се унапредио производни систем.
- Захваљујући примени овог система обезбеђује се регулисање количине производа и унапређење квалитета уз примену визуелне методе.
- Омогућава једноставно и олакшано континуирано побољшање процеса и адаптацију стварним потребама.
- Карактеристика ове методе јесте да се може имплементирати искључиво у системима репетитивних особина.

Идеални услови који су потребни за имплементацију методе су:

- **непрекидна потражња потрошача** (проблем може настати у случају непредвиђених захтева купаца),
- **мањи број варијација производа** (у случају производње високог броја различитих типова производа може се повести ниво залиха),
- **развијен ток процеса** (посебна пажња се усмерава на уређење производног погона како би се обезбедила најбоља солуција линија протока),
- **наменске машине мањих димензија** (машине великих димензија производе веће шарже што отежава распоред и ток производње у погону),
- **брза промена алата** (коришћењем SMED алата омогућава се редуkcија времена за покретање процеса и смањење величине шаржи),
- **обезбеђивање поузданих и репетитивних процеса** (у случају да су машине склоне отказима онда је тешко одржати било који облик производног система),
- **поуздани снабдевачи** (представљају виталан део производног процеса па је зато битно правилно примењивати *Kanban* методе).

5. Пример имплементације алата квалитета у *Lean* концепта

Успешна примена алата квалитета у *Lean* производњи у практичном делу захтева низ захтева и принципа који се морају реализовати. Постоје четири стратегије које се користе приликом имплементације [20]:

1. **синхронизација снабдевањем купца (екстерна солуција)** – Како би се омогућила реализација ове стратегије, омогућује се испоручивање производа сходно стопи потражње потрошача. Сврха стратегије се заснива на испуњавању

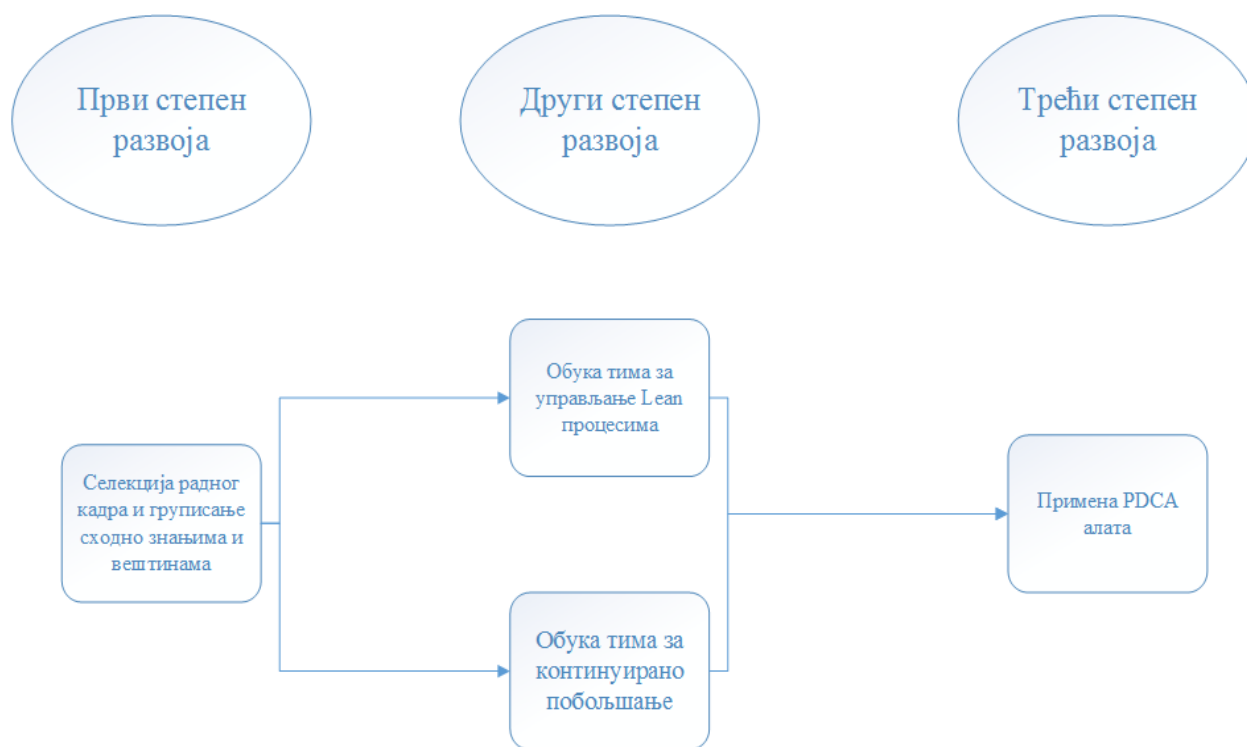
захтева купца али да се притом не генерише прекомерна производња и стварање залиха што би значајно снизило квалитет процеса производње. Како би се правилно вршило усклађивање потреба са потрошачима, мора се приступити испуњивању захтева обима производње, и услед тога, потребно је правилно управљати варијацијама понуде и потражње. У развијеном систему производње са високим квалитетом, поузданом производном опремом, стабилним временом циклуса и високим квалитетом приноса, степен варијације је низак. У случају раста степена варијација, потребно је обезбедити сигурносни ниво залиха. Други циљ стратегије се базира на на редукацији прекомерне производње што имплицира и снижавање нивоа залиха. Екстерни циљ се своди на испоруку производа на време потрошачима. Ово подразумева бржи ток производње, користећи резерве производа како би се ускладио однос понуде и потражње. Најважнији моменат се своди на успостављању оптималног степена такта производње. У синергији са *Lean* производном опремом омогућује се одржавање снабдевања потрошача и одржавање процеса производње на стабилном нивоу. Такође, у овој стратегији се препоручује имплементација *Kanban* алата.

2. **синхронизација производње** – Примарно се врши селекција активности у потребним мерама процеса тако да свака активност има исто време трајања. Приликом реализовања стратегије битно је користити мапирање тока вредности. Подаци који се користе приликом мапирања су време транспорта, способност рада опреме и машина, време чекања завршетка између операција. Улога мапирања је да визуелно прикаже целовит ток вредности са свим карактеристикама.
3. **ток производње** – Концепт тока производње има за циљ да се спречи заустављање производних јединица осим активности које додају вредност производу. Фактори који утичу на квалитет овог процеса су:
 - залихе,
 - величина серије производње,
 - удаљеност између радних јединица,
 - процеси који генеришу дефекте,
 - промене алата,
 - активности које не утичу на вредност производа
 - неусклађени циклуси током операција.
4. **реализација система за повлачење тражње** – У овој фази врши се детерминисање тачног нивоа залиха па се врши провера стања складишта и врши се концентрација на стање робних резерви. Када производ има стање испоруке купцу, онда се врши сигнализирање за даљом производњом (*upstream*). Сигнал за повлачење система се активира када купац односи

продукт из система производње и тиме се ствара *Kanban* простор. Суштина је да се производ само у том случају производи али никако пре.

Правилном применом ових стратегија, *Lean* концепт се у практичном делу имплементира на максимално квалитетан начин. Приликом увођења овог концепта, потребно је конципирати план који је утемељен и усклађен са знањима и вештинама радних лица. Од круцијалне важности је постављање јасних циљева имплементације са фокусирањем на реализовање повећања квалитета процеса и правилном применом алата квалитета.

Критеријум имплементације зависи од делатности којом се радна организација бави. Важно је обратити пажњу на мотивисаност и едукацију радника како би се утицало на квалитет комплетног процеса. Пружањем већег степена одговорности и обраћање пажње на циљеве радне организације, радници се подстичу на сигурност приликом одрађивања активности. На слици 5.1 је приказан пример имплементације алата квалитета.



Слика 5.1 Пример имплементације алата квалитета у *Lean* концепту

5.1 Примена *SMED* алата

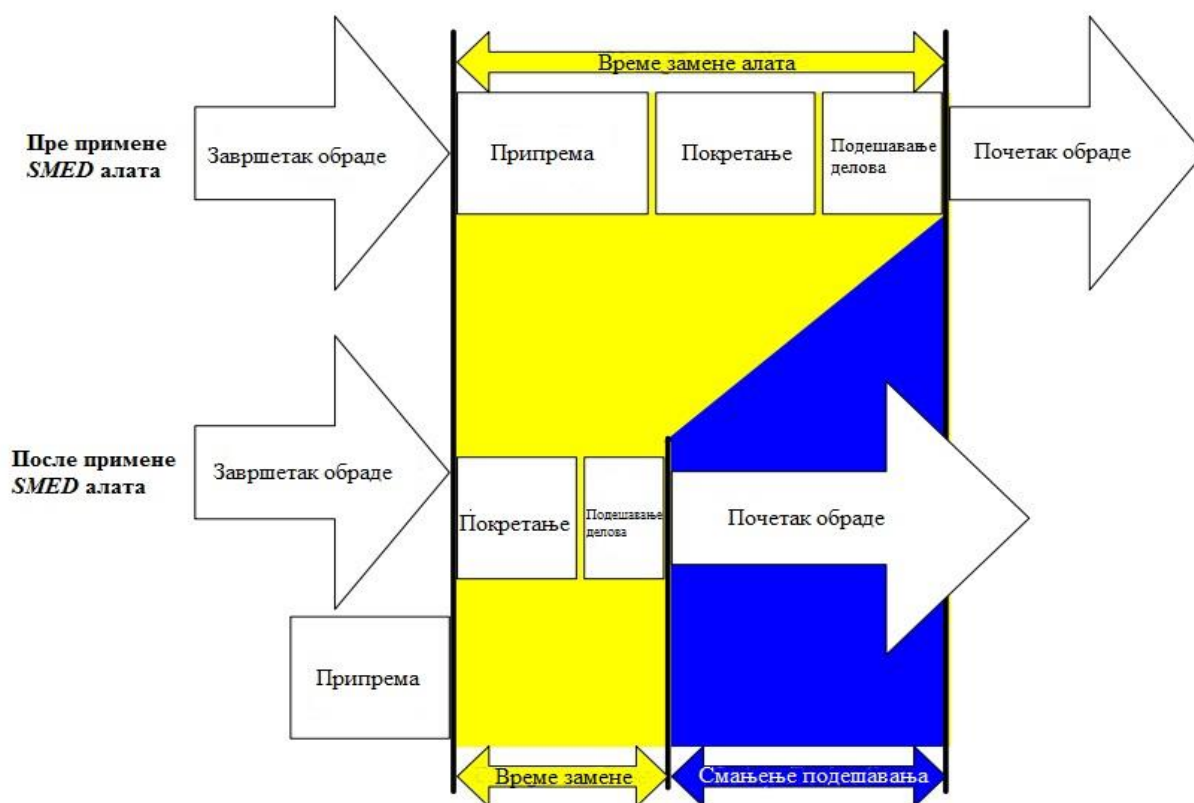
Промена алата за један минут (*Single Minute Exchange Of Dies*) је алат који је изумео Др Шигео Шинго како би редуковао време трајања процеса на минуте. *SMED* алат је првенствено развијен за репетитивну форму производње и највише резултата постиже са модификовањем подешавања унутар процеса. Експлоатацијом овог алата омогућава

се постизање ефикасних резултата без високих инвестиција што је примамљиво за радне организације приликом имплементације алата [4].

Смањењем времена подешавања врши се повећавање квалитета операција у *Lean* производњи. Под временом подешавања дефинише се на укупно протекло време које је искоришћено за реализацију замене алата или делова машине пд тренутка последње произведеног дела у шаржи до тренутка почетка производње следећег дела.

SMED алат (слика 5.2) има индиректан и јако ефикасан утицај на редукцију квалитета производних процеса унутар *Lean* производње. Предности коришћења овог алата су:

- ниски трошкови производње (брже промене имплицира присуство мањег броја опреме у радном погону),
- мање величине шаржи (ефикаснијом променом омогућује се учесталије смењивање производа у шаржи),
- повећава ниво квалитета захтева купаца (виши степен флексибилности),
- нижи нивои залиха (мањи број шаржи имплицирају мањи степен залиха),



Слика 5.2 Приказ утицаја *SMED* алата

Основни принципи унутар *SMED* алата [19]:

- **опсервација тренутног стања процеса** (обухвата анализирање стања операција и активности које се спроводе),

- **раздвајање екстерних и интерних активности** (интерне активности се спроводе само у току неактивности процеса, док се екстерне активности обављају док се производи последња шаржа или када почиње производња наредне шарже),
- **развијање процеса размене алата** (током сваке итерације процеса омогућује се редукација времена подешавања),
- **континуирана обука** (након прве успешне примене алата, примарни задатак је да се врши обука свих оператера).

У оквиру примера имплементације *SMED* алата у овом раду биће приказан пример имплементације *SMED* алата у компанији „*Magneti Marelli*“. Алат је имплементиран на преси „*Engel 2700 T*“ која се користи за израду браника и представља комбинацију опсервације активног проблема и примене алата *PDCA*. Фазе које се примењују су:

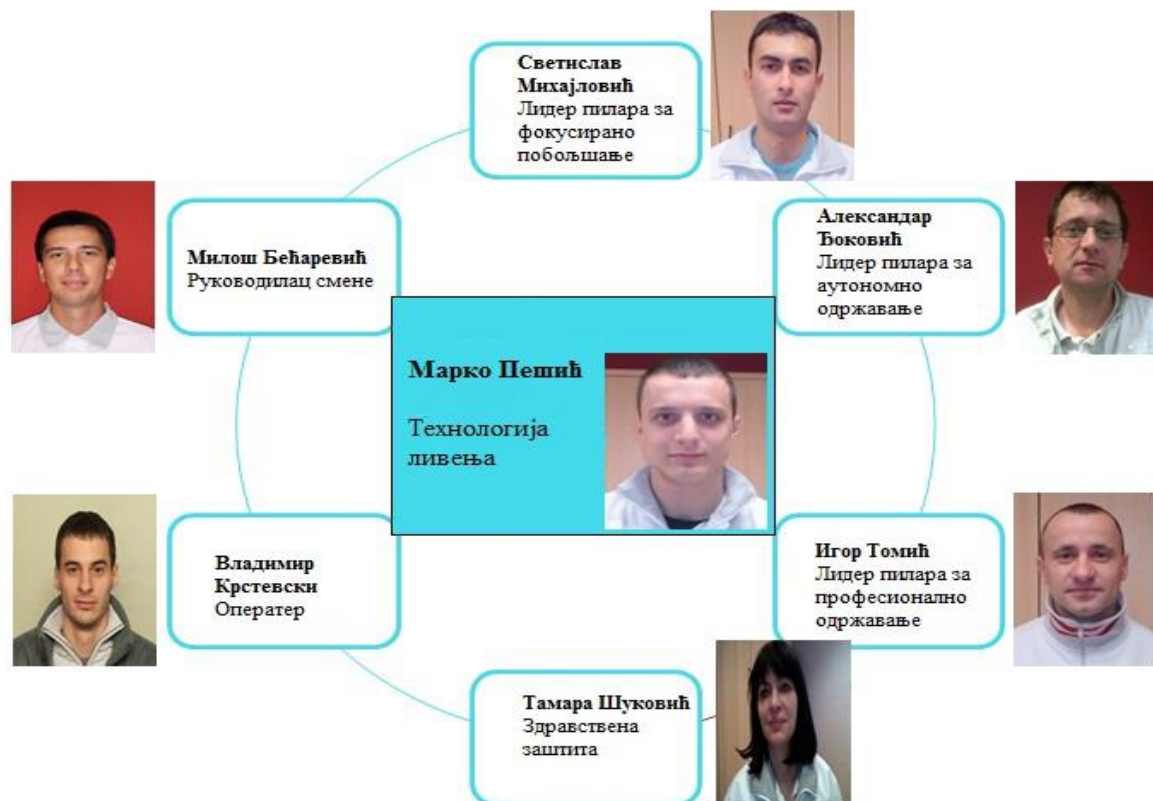
1. фаза идентификације проблема и селекција тима за реализацију примене алата,
2. фаза планирања,
3. фаза спровођења и
4. фаза провере резултата.

5.1.1 Фаза идентификације проблема и селекције тима

У овој фази изабрана је циљна област проблема за спровођење *SMED* алата (слика 5.3). Како би се креирала широка база подршке за примену алата, врши се укључивање већег круга запослених лица како би се извршио процес селекције тима.

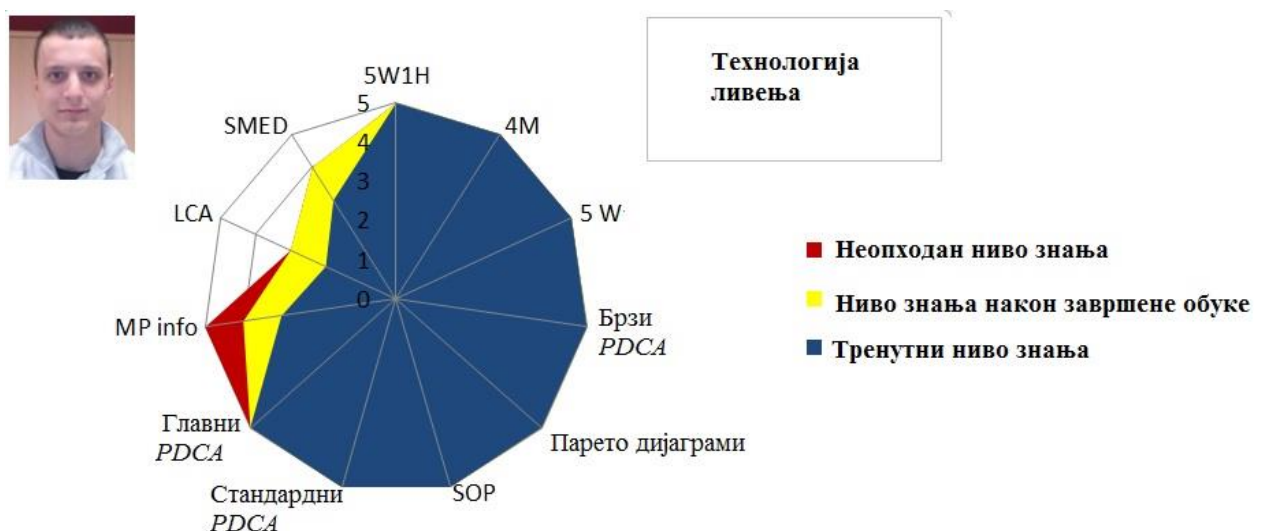
План	Тип пресе	Производ
Редукација времена замене на преси "Engel 2700 T" 	Преса за бранике 	Фијат 500L 

Слика 5.3 Идентификација проблема



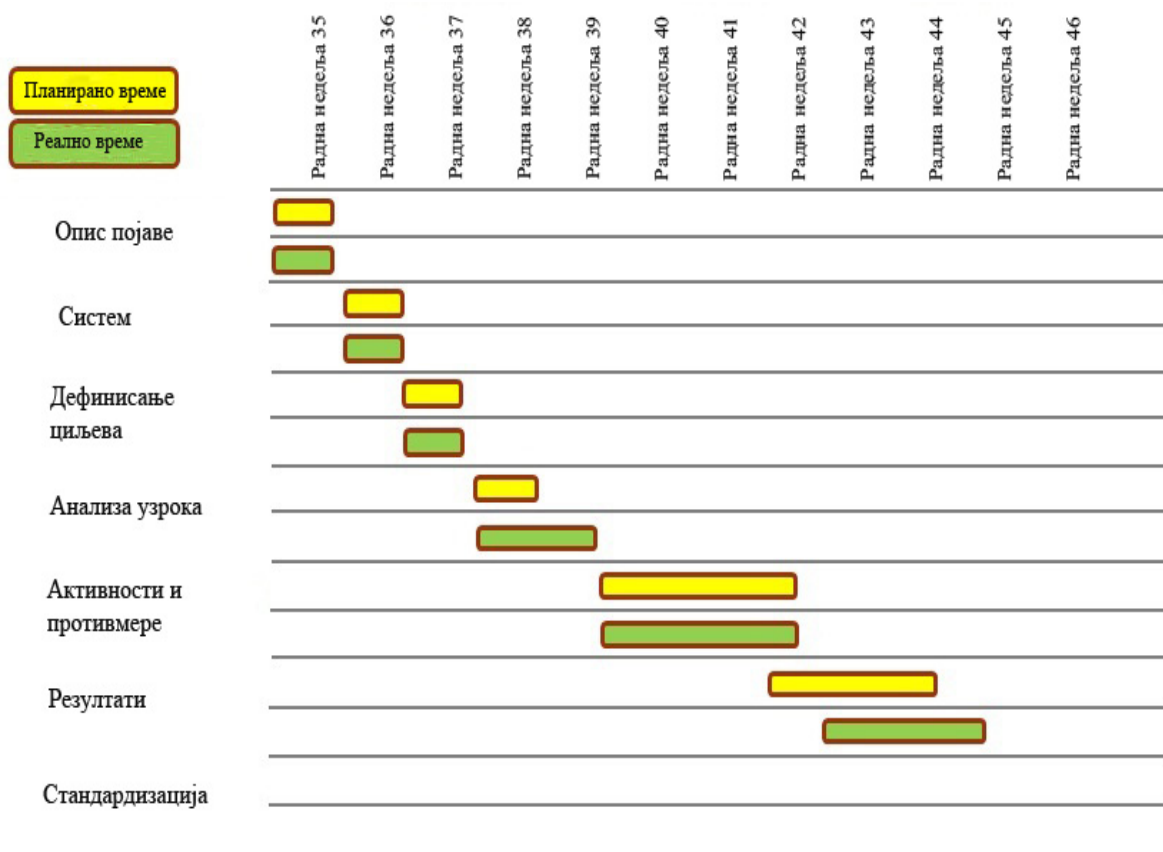
Слика 5.4 Селектиран тим за примену SMED алата

Након процеса евалуације проблема у производњи, извршена је селекција најбољих радних лица из сваке области (слика 5.4), и након тога приступа се испланираној обуци за реализацију имплементације алата. На слици 5.5 је приказан пример радијалног дијаграма који представља стање знања запосленог лица.



Слика 5.5 Радијални дијаграм

Након тога се приступа планирању и селекцији мера активности које ће се спровести током детерминисаног временског периода (слика 5.6).



Слика 5.6 План активности

5.1.2 Фаза планирања

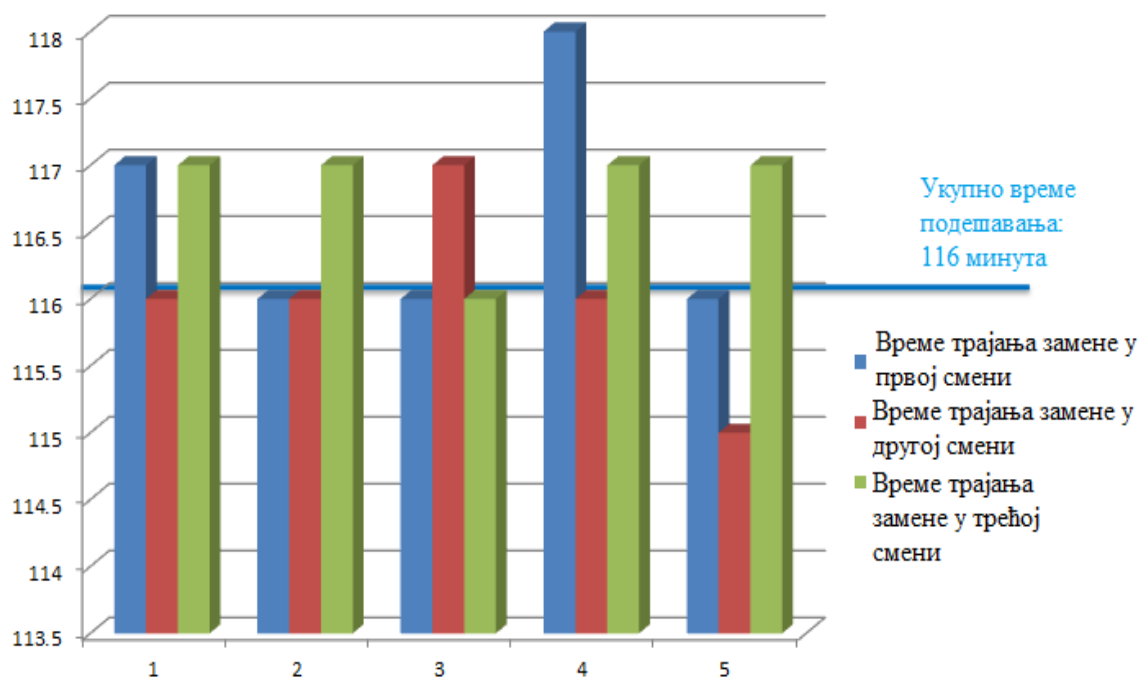
На почетку фазе планирања врши се опис појаве (предмета). Хидраулична преса „Engel 2700“ има следеће карактеристике:

- налази се у групи вертикалних преса,
- затварање се врши уз помоћ хидрауличних цилиндара,
- посебни прикључци за хидраулику, воду и струју,

Опис појаве се може омогућити коришћењем базичног алата $5W+1H$ који садржи следеће елементе:

- *What?* (дескрипција насталог проблема које се односе на радну машину тј. пресу)
- *Where?* (врши се лоцирање проблема тј. реон производног процеса),
- *Who?* (утврђивање да ли су одређена запослена лица узрок проблема),
- *Why?* (утврђивање начина настанка дефинисаног проблема),
- *When?* (дефинисање временског периода настанка проблема),
- *How?* (утврђивање односа радних услова и радне машине тј. пресе).

Након тога дефинише се укупно време које је потребно за замену калупа (алата) пре имплементације које је приказано на слици 5.7.



Слика 5.7 Приказ потребног времена за замену калупа на преси „Engel 2700“

У следећем кораку текуће фазе поставља се жељени циљ који се базира на редукцији времена замене алата након имплементације *SMED* алата у трајању од 3 месеца (слика 5.8).



Слика 5.8 Дефинисани циљ примене *SMED* алата

Укупно време замене алата пре имплементације износи 116 минута. Анализом и дефинисањем активности које ће се предузети у наредним фазама, планирана је редукција времена промене алата на 45 минута. Наредни корак се састоји у детерминисању активности које ће се спровести у фази спровођења (табела 5.1).

Редни број PDCA активности	Опис проблема	Предложене мере решења проблема	Редни број радне недеље
1.	Предугачко закључавање панела	Покушати закључавати панел држачем опруге	38.
2.	Није фиксирана контролна табла дизалице	Премештање контролне табле дизалице у ормарић аутономног одржавања	38.
3.	Нема довољно ланаца за калуп	Набавити ланчеве који недостају	38.
4.	Није означен положај дизалице	Означити положај дизалице	38.
5.	Искључивање терморегулатора притискањем тастера	Искључивање терморегулатора софтверским путем	38.
6.	Неопходно је откачити куке са алата	Фиксирање кука како би се избегло качење	39
7.	Нема држача за црева и каблове	Направити држаче	39.
8.	Не постоји предгревање алата	Поставити алат у станицу за предгревање	39.
9.	Конекције нису нацртане	Извршити цртање конекција	39.
10.	Мануелна замена грипера	Имплементација аутоматске замене грипера	40.
11.	Није означена висина алата	Означити висину алата	40.
12.		Постављање степеница	41.
13.	Није означена позиција алата у погону	Маркирати позицију алата	41.
14.	Превише радних активности за једног оператера	Прикључити додатног оператера	41.
15.		Постављање степеница	42.

Табела 5.1 Анализа проблематичних активности и предвиђене мере

5.1.3 Фаза спровођења предвиђених мера активности

У овој фази врши се имплементација активности са тенденцијом решења постојећих проблема. Посебна пажња се обраћа на људске и техничке факторе како би се успоставило побољшање процеса имплементације. Процес развијања људских фактора се одвија повећањем степена организације рада и припрему док се технички фактори побољшавају применом процеса инжењеринга. У табели 5.2 је приказана имплементација активности које су утицале на редукцију времена промене алата.

<i>Редни број активности</i>	<i>Имплементиране активности</i>	<i>Одговорно радно лице</i>	<i>Редни број радне недеље</i>
1.	Омогућено закључавање држачем опруге	А. Ђоковић	38.
2.	Омогућено фиксирање контролне табле	М. Пешић	38.
3.	Извршена је набавка ланаца за сваки алат	И. Томић	38.
4.	Означена је позиција крана	С. Анђелковић	38.
5.	Искључивање терморегулатора се остварује софтверском методом	М. Пешић	38.
6.	Постављање кука за сваки алат	И. Томић	39.
7.	Направљени су држачи за црева и каблове	И. Томић	39.
8.	Станице за предгревање су у стању функционисања	М. Пешић	39.
9.	Све конекције су нацртане ради боље визуелизације	С. Анђелковић	39.
10.	Аутоматска замена грипера	М. Бећаревић	40.
11.	Минимална и максимална висина алата је означена ласером	М. Пешић	40.
12.	Постављене степенице на алату	Т. Шуковић	41.
13.	Позиционирање алата у радном погону	А. Ђоковић	41.
14.	Прикључен је оператер	А. Ђоковић	41.
15.	Постављене степенице код полица	Т. Шуковић	42.

Табела 5.2 Приказ имплементираних активности

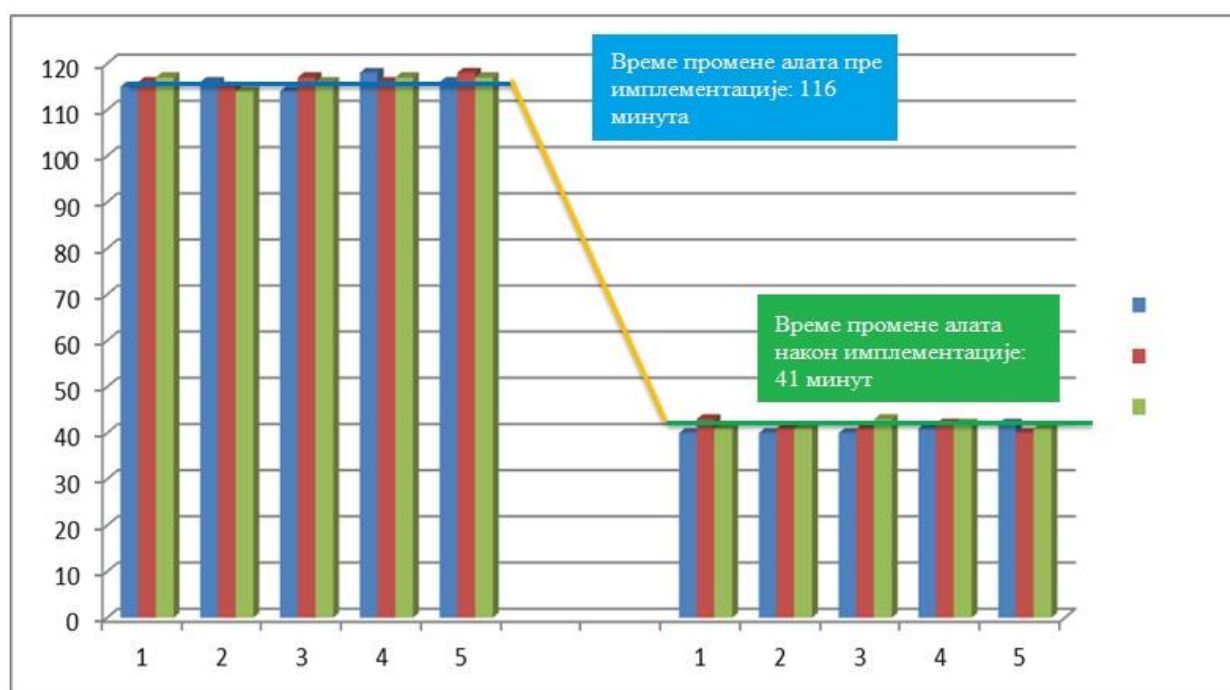
На слици 5.9 су приказани примери имплементираних активности у оквиру фазе спровођења.



Слика 5.9 Приказ имплементираних активности у фази спровођења

5.1.4 Фаза провере резултата

Успешно је реализована имплементација корективних мера и врши се анализа добијених вредности. Имплементирањем *SMED* алата извршена је редукција времена промене алата са 116 минута на 41 минут што је приказано дијаграмом на слици 5.10.



Слика 5.10 Приказ успешне редукције времена промене алата

Остварен је циљ редукције времена промене алата и може се приступити стандардизацији. Остали детаљи активности су приказани у табели 5.3.

Време промене алата након примене <i>SMED</i> алата					
Врста радне машине	Назив машине				
<i>Преса</i>	<i>Engel 2700 T</i>				
<i>Број акције</i>	<i>Операција</i>	<i>Трајање (мин.)</i>	<i>Оператор</i>	<i>Интерна активност</i>	<i>Екстерна активност</i>
1	Одлазак до АМ ормарића и узети цојстик	1	Оператор 1		X
2	Позиционирање крана изнад алата	5	Оператор 1		X
3	Спајање термопарова и воде за хлађење	2	Оператор 1		X
4	Укључивање грејања алата	20	Оператор 1		X
5	Пребацивање на полуаутоматски режим	0.2	Оператор 2	X	
6	Померање робота из зоне алата	1	Оператор 2	X	
7	Повлачење на непокретној страни алата	1	Оператор 2	X	
8	Затварање покретне стране	1	Оператор 2	X	
9	Померање брызгалке	2	Оператор 2	X	
10	Гашење грејања	0.1	Оператор 2	X	

11	Софтверско гашење терморегулатора	0.2	Оператор 2	X	
12	Гашење мотора	0.1	Оператор 2	X	
13	Испуштање притиска	0.2	Оператор 2	X	
14	Отварање врата са стране конекција	0.1	Оператор 1	X	
15	Постављање помоћних степеница	0.5	Оператор 1	X	
16	Закључавање алата	0.1	Оператор 1	X	
17	Скидање термопарова са алата	1.5	Оператор 1	X	
18	Скидање хидраулике на непокретној страни алата	0.9	Оператор 1	X	
19	Скидање хидраулике са дизни	0.6	Оператор 1	X	
20	Скидање каблова на непокретној страни	0.1	Оператор 1	X	
21	Скидање црева за хлађење алата	1	Оператор 1	X	
22	Скидање хидраулике за кернове на покретној страни алата	1	Оператор 1	X	
23	Скидање црева за хлађење	1	Оператор 1	X	
24	Скидање каблова на покретној страни	1	Оператор 1	X	
25	Померање помоћних степеница	1	Оператор 1	X	
26	Затварање врата	0.1	Оператор 1	X	
27	Прелазак на контролну таблу	1	Оператор 1	X	
28	Коришћење џојстика од крана	0.1	Оператор 1	X	

29	Краном померити алат на средину	1	Оператор 1	X	
30	Ротирати алат под правим углом	0.2	Оператор 1	X	
31	Подизање алата краном	0.5	Оператор 1	X	
32	Спуштање алата на позицију	2.5	Оператор 1	X	
33	Скидање куке са алата	0.5	Оператор 1	X	
34	Померање крана изнад алата	2	Оператор 1	X	
35	Постављање куке крана на куке алата	0.5	Оператор 1	X	
36	Дизање алата преко висине вођица	0.5	Оператор 1	X	
37	Позиционирање алата изнад пресе	1.2	Оператор 1	X	
38	Спуштање алата и ротирање	1	Оператор 1	X	
39	Приблизити алат до крана	3	Оператор 1	X	
40	Покретну страну приблизити до контакта са алатом	1.5	Оператор 1	X	
41	Селектовати у програму хидрауличне цилиндрице за закључавање	0.1	Оператор 1	X	
42	Закључавање покретне и непокретне стране	1.5	Оператор 1	X	
43	Попуштање крана ради ослобађања кука	0.1	Оператор 1	X	
44	Прелазак на страну где су конекције	2	Оператор 1	X	
45	Отварање врата	0.2	Оператор 1	X	
46	Постављање помоћних степеница	0.5	Оператор 1	X	
47	Откључавање алата	0.2	Оператор 1	X	

48	Постављање термопарова	1.5	Оператор 1	X	
49	Постављање црева за хлађење	1	Оператор 1	X	
50	Постављање црева на дизне	0.5	Оператор 1	X	
51	Постављање хидрауличних црева на кернове	0.5	Оператор 1	X	
52	Постављање каблова на кернове	0.1	Оператор 1	X	
53	Постављање црева за хлађење	1	Оператор 1	X	
54	Постављање хидрауличних црева на дизне	0.5	Оператор 1	X	
55	Постављање каблова на покретној страни	0,1	Оператор 1	X	
56	Померање помоћних степеница	1.5	Оператор 1	X	
57	Затварање врата	0.1	Оператор 1	X	
58	Отварање врата са стране контролне табле	0.1	Оператор 2	X	
59	Закључавање алата	0.2	Оператор 2	X	
60	Попети се платформу изнад алата	0.2	Оператор 2	X	
61	Облачење безбедносног појаса	0.5	Оператор 2	X	
62	Постављање куке крана на алат	2	Оператор 2	X	
63	Враћање сигурносног појаса	0.1	Оператор 2	X	
64	Повратак на котролну таблу	0.1	Оператор 2	X	
65	Затварање врата	0.1	Оператор 2	X	
66	Паљење мотора	0.1	Оператор 2	X	

67	Селектовање у програму хидрауличне цилиндрице за закључавање	0.1	Оператор 2	X	
68	Откључавање покретне и непокретне стране алата	2	Оператор 2	X	
69	Селектовање веће вредности отварања пресе и отварање до крајње позиције	3	Оператор 2	X	
70	Отварање врата са стране контролне јединице	0.1	Оператор 2	X	
71	Ротирање алата	0.1	Оператор 2	X	
72	Скидање кука са алата	0.5	Оператор 2	X	
73	Скидање термопарова са станице за предгревање	0.5	Оператор 2	X	
74	Скидање воде за хлађење	0.1	Оператор 2	X	
75	Постављање куке крана на куке алата	0.5	Оператор 2	X	
76	Ротирање алата	1	Оператор 2	X	
77	Затварање врата	0.1	Оператор 2	X	
78	Затварање покретне стране пресе до контакта са алатом	2	Оператор 2	X	
79	Закључавање покретне и непокретне стране	2	Оператор 2	X	
80	Гашење мотора	0.1	Оператор 2	X	
81	Испуштање притиска преко тастера	0.2	Оператор 2	X	
82	Отварање врата са стране контролне табле	0.1	Оператор 2	X	
83	Откључавање алата	0.1	Оператор 2	X	
84	Затварање врата	0.1	Оператор 2	X	

85	Долазак на платформу изнад алата	0.2	Оператор 2	X	
86	Облачење сигурносног појаса	0.5	Оператор 2	X	
87	Скидање куке крана са кука алата	3	Оператор 2	X	
88	Померање крана ван зоне радне пресе	1	Оператор 2	X	
89	Одлазак до контролне табле	0.5	Оператор 2	X	
90	Учитавање програма за алат	1	Оператор 2	X	
91	Паљење грејања алата	0.1	Оператор 2	X	
92	Паљење мотора	0.1	Оператор 2	X	
93	Постављање бризгалке до контакта са алатом	1.8	Оператор 2	X	
94	Отварање покретне стране алата	1	Оператор 2	X	
95	Испробавање корова на покретној страни	1	Оператор 2	X	
96	Програмско одређивање висине алата	2	Оператор 2	X	
97	Преузимање дојстика од робота	0.1	Оператор 2	X	
98	Постављање позиције за замену грипера	6	Оператор 2	X	
99	Постављање одговарајућег грипера изнад алата	0.5	Оператор 2	X	

Табела 5.3 Приказ подешавања времена замене алата

6. Закључак

У оквиру овог рада описани су елементарни основи *Lean* концепта и карактеристике алата квалитета који се користе у оквиру поменуте форме производње. На светском нивоу, алати квалитета у *Lean* концепту се успешно имплементирају и као једна од најважнијих предности се огледа у могућности и тенденцији да се алати развијају и модернизују до већих нивоа.

Актуелна и модернизована стања у пословном свету имају за циљ да се максимално задовоље интереси и захтеви купца. Имплементацијом алата квалитета у радној организацији која се одлучила за интеграцију *Lean* концепта омогућује се побољшање квалитета процеса комплетне производње. Како би се алати квалитета примењивали и на највећем степену експлоатације, мора се водити посебна брига о запосленим лицима којима се омогућују оптимални радни услови, флексибилност и могућност подстицаја на креацију ради побољшања квалитета производа.

Суштином *Lean* концепта да се финалним производом са највишим степеном квалитета и испоруком истог на време купцу, стиче се утисак да масовна производња губи корак у данашњем систему производње. *Lean* производња има карактеристику константног унапређења квалитета процеса а имплементацијом алата квалитета описаних у овом раду омогућују побољшање рада и карактеристика финалног производа. Имплементација алата квалитета као и њихов развој унутар овог концепта се препоручује у комплетним организацијама и представљају императив приликом побољшавања квалитета процеса производње у 21. веку. Утемељисаним и јасним циљевим у данашњем стању светског тржишта, генеришу се најоптималнији услови и испуњавају се критеријуми за перфектан вид пословања и напредовања.

Литература

- [1] Мачужић, И., Ђапан, М. (2016). *Lean концепт у управљању производњом*. Крагујевац: Факултет инжењерских наука у Крагујевцу
- [2] Лазић, М. (2006). *Алати, методе и технике унапређења квалитета*. Крагујевац: Факултет инжењерских наука у Крагујевцу
- [3] Ђорђевић, Д., Ђоћкало Д. (2007). *Управљање квалитетом*. Нови Сад: Технички факултет „Михајло Пупин“
- [4] Womack, J.P., Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish, Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Shuster
- [5] Lyker, J. K., Meier, D. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill Education
- [6] *A History of Lean Manufacturing*, преузето октобра, 2017., са http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- [7] Piatkowsky, M. (1994). *Training recommendations for Implementing Lean*, преузето октобра 2017. са <https://www.lean.org/Search/Documents/492.pdf>
- [8] Jacquemont, D., (2014). *The organization that renews itself: Lasting value from Lean management*, преузето октобра 2017. са <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-organization-that-renews-itself-lasting-value-from-lean-management>
- [9] Bradley, J. R. (2012). *Improving Business Performance With Lean*. New York: Business Expert Press, LLC
- [10] Locher, D. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Developing*, Productivity press, New York: Productivity press
- [11] Премовић, Ђ. (2005). *Примен Ишикава методе у циљу унапређења квалитета*, Крагујевац: Асоцијација за квалитет и стандардизацију Србије
- [12] Biher, B. (2016). *Improve manufacturing efficiency*. Преузето новембра 2017. са <https://www.machinemetrics.com/blog/2016/2/10/realize-efficiency-gains-with-pareto-charts>
- [13] *Histogram Shape*. Преузето новембра 2017. са <http://sixsigmastudyguide.com/histogram/>
- [14] Вулановић, В., Камберовић, Б., Станивуковић, Д., Максимовић, Р., Радаковић, Н., Радловачки, Р., Шилобад, М. (2003). *Методе и технике унапређења*. Нови Сад: Истраживачки и технолошки центар

- [15] *Concept of ISO 9000, Six Sigma & Lean Production for Apparel Industry*. Преузето новембра 2017. са <http://textilelearner.blogspot.rs/2016/10/effect-iso-9000-six-sigma-lean.html>
- [16] *Control charts for Six Sigma*. Преузето новембра 2017. са <http://www.dummies.com/careers/project-management/six-sigma/how-to-use-control-charts-for-six-sigma>
- [17] *Control chart*. Преузето новембра 2017. са <http://sixsigmastudyguide.com/control-chart/>
- [18] *Управљање квалитета*. Преузето новембра 2017. са <http://cent.mas.bg.ac.rs/nastava/statut99/ukp/predavanja/predavanja07.pdf>
- [19] Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland: Productivity Press Inc.
- [20] Wilson, L. (2009). *How to implement Lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill Education
- [21] *Understanding Kanban Inventory Management and Its uses across Multiple Industries*. Преузето новембра 2017. <https://www.smartsheet.com/understanding-kanban-inventory-management-and-its-uses-across-multiple-industries>
- [22] *Хистограм*. Преузето новембра 2017. са <http://www.kvalitet.org.rs/2-uncategorised/1074-histogram>
- [23] Nickerson, R., N. A. (2014). *Mistake – Proofing in Design*. Сан Франциско: LCI Congress
- [24] Тодоровић, Ј. (1997) *Јапански менаџмент – тајне успеха јапанске производње*. Београд: Факултет организационих наука
- [25] *8 Wastes Check Sheet*. Преузето новембра 2017. са <https://goleansixsigma.com/the-8-wastes-checksheet>