

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Игор Н. Илић

**Унапређење производних процеса у
аутомобилској индустрији применом *Lean*
производне филозофије**

мастер рад

Крагујевац, 2019.



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: ЦИМ системи

Број индекса: 367/2014

Игор Н. Илић

**Унапређење производних процеса у
аутомобилској индустрији применом *Lean*
производне филозофије**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Професор др Миладин Стефановић, ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да представи могућности унапређења производних процеса у аутомобилској индустрији применом *Lean* производне филозофије.

Препоручена литература:

[1] Liker, J., и Meier, D (2006). *The Toyota way Fieldbook*. McGraw Hill.

[2] Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw-Hill Education.

[3] Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). *Леан концепт у управљању предузећем*. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Крагујевац, октобар 2018.

Ментор:

др Миладин Стефановић, ред. проф.

Резиме рада

Lean стратегија је у претходних тридесетак година донела скуп доказаних алата и техника за елиминисање губитака у производним процесима и других губитака који су скривени унутар компанија. Фокус је, кроз читав производни процес, стављен на вредност из перспективе купца. *Lean* концепт је заснован на решавању проблема који се јављају у производним процесима компаније пружајући изванредне крајње резултате. Ови алати имплементирају се у аутомобилској индустрији као успешан пример унапређења производног процеса. Овај рад описује и представља сценарије „пре“ и „после“ увођења *Lean* алата и техника у компанији која се бави производњом делова за ентеријер аутомобила: патоснице, текстилне и кожане пресвлаке за седишта аутомобила. *Lean* је револуција - не ради се само о коришћењу алата, нити о промени неколико корака у производном процесу, већ се ради о комплетној промени пословања - како функционишу мреже снабдевања, како директори и менаџери управљају, како запослени обављају свој свакодневни посао. Сврха овог рада је да објасни како ова компанија може континуирано и доследно да оствари свој успех кроз континуирано уклањање губитака и стварање нове дугорочне филозофије. Рад има за циљ да сумира неке чврсте предлоге и свеобухватне идеје за сличне индустрије које планирају да имплементирају *Lean* коцепт у свој производни процес.

Кључне речи:

Lean, аутомобилска индустрија, OEE, Takt time, Andon, Kan-Ban

Abstract

In the past thirty years, Lean's strategy has brought a set of proven tools and techniques for elimination of losses in production processes and other losses that are hidden within companies. Throughout the entire production process, the focus is placed on value from a customer perspective. Lean concept is based on solving problems that arise in the production processes of the company by providing dramatic end-results. These tools are implemented in the automotive industry as a successful example of improving the production process. This paper describes and presents "before" and "after" scenarios in detail the introduction of Lean tools and techniques in the company that works in the production of car interior parts: floormats, textile and leather kit for car seats. Lean is a revolution - it isn't just about using tools, or changing a few steps in manufacturing processes, it's about the complete change of business - how the supply chain operates, how the directors and managers manage the company, how employees go about their daily work. The purpose of this paper is to explain how this company can continuously and consistently achieve its success by continuously removing losses and creating a new long-term philosophy. The paper aims to summarize some solid proposals and comprehensive ideas for similar industries that plan to implement Lean's concept in their production process.

Key words:

Lean, automotive industry, OEE, Takt time, Andon, Kan-Ban

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	5
2. LEAN.....	6
2.1 Основни принципи <i>Lean</i> -а.....	7
2.2 Основне методе и технике <i>Lean</i> концепта	8
2.2.1 Just In Time	8
2.2.2 Jidoka.....	10
2.2.3 Континуално унапређење - Kaizen.....	11
2.2.4 Седам губитака - 7 Waste	13
2.2.5 Визуелни менаџмент - 5S Sistem.....	16
2.2.6 Мапирање тока вредности – Value Stream	18
2.2.7 Kanban.....	21
2.2.8 Poka Yoke.....	23
2.2.9 Тотално продуктивно одржавање и Укупна ефикасност опреме – Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness.....	25
2.2.10 Кључни индикатори перформанси – Key Performance Indicators	27
2.2.11 Остали Lean алати	29
3. ПРИМЕНА LEAN АЛАТА У РЕАЛНОМ ПОСЛОВАЊУ.....	30
3.1 Анализа постојећег стања.....	31
3.1.1 Анализа Процес 9	38
3.1.1.1 Ток материјала.....	38
3.1.1.2 Кретање људи кроз производни процес	40
3.1.1.3 Балансирање линије.....	43
3.1.1.4 Ефективност производне опреме	46
3.1.1.5 Операције које додају вредност производу и операције које не додају вредност производу	48
3.2 Акције унапређења производног процеса	51
3.3 Резултати примењених акција	61
4. ЗАКЉУЧАК	66
5. ЛИТЕРАТУРА	67
6. ПОПИС ИЛУСТРАЦИЈА	69

1. УВОД

Познато је да на тржишту опстају само најбољи, а не најјачи, односно, опстају само они који поседује способност константног и брзог прилагођавања условима који се стално мењају. Крајем 20-ог и почетком 21-ог века карактеристике пословног оружења на глобалном и националном нивоу претрпеле су значајне промене. Глобални лидери и индустријски гиганти су први који су препознали потребу да се прилагоде новим условима које диктира тржиште и окружење. Последица ових услова је настајање једне сасвим нове филозофије која се назива ТПС (*Toyota Production System*) из ког се изродио *Lean* концепт производње, који заједно са 6-Сигма (*Six Sigma*) доминира над производним трендовима у последњих 30 година. Настанак *Lean-a*, изазвао је глобалну трансформацију практично свих индустрија Тојотине производње, као и филозофије и метода ланца снабдевања задњих деценија (Мачужић и Ђапан, 2016).

На самом почетку је веома битно разумети да је Тојотин производни систем (ТПС) пуно више од скупа алата и метода за решавање проблема. ТПС је систем размишљања и филозофије која говори о одговорном понашању и враћању вредности према купцима, запосленима, имовини и друштву. За успешну имплементацију потребно је разумети како људи у Тојоти размишљају. Тојотин производни систем никада не би могао функционисати без стручних људи. Ти људи представљају кључни фактор тог система. У ТПС су људи ти који систему дају живот: радом, комуникацијом, решавањем проблема, и заједничким напором.

Кључ Тојота начина и оно што одржава Тојоту није у индивидуалним елементима... Оно што је најважније је да сви елементи буду сабрани у систем. И то се мора практиковати свакодневно и доследно – а не нагло.

- *Taiichi Ohno* - оснивач ТПС-а, 1988 (*Liker* и *Meier*, 2006)

ТПС предвиђа да се проблеми решавају на местима на којима настају (решавање корена проблема), и на основу тога свако може учествовати у њиховом решавању путем својих идеја и предлога. Данас је Тојота водећи светски пример успешне *Lean* производње, односно *Lean* управљања уопште, што показује њена доминација на светском тржишту аутомобила. Висок квалитет и водећа улога у хибридној технологији, дају јој предност над свим осталим конкурентима у аутомобилској индустрији. Како се *Lean* филозофија шири светом и долази у готово сваку државу, менаџери и власници компанија усавршавају знања и технике *Lean-a* која се почињу примењивати и изван саме производње: у услужним предузећима, логистици, одржавању, дистрибуцији, здравству па чак и у влади, односно политици.

У *Lean*-у се не ради о имитирању алата коришћених од стране Тојоте у појединачним производним процесима. У *Lean*-у се ради о развијању принципа који су исправни за Вашу организацију и марљиво практиковање истих у циљу постизања високих преформанси које настављају да дају вредност купцима и друштву. Ово, наравно, значи бити конкурентан и профитабилан. Тојотини принципи су одлична почетна тачка. А Тојота практикује ове принципе далеко изван својих високо-обимних монтажних линија.

Предмет истраживања овог рада биће анализа тренутних поступака рада, кретања људи као и кретања тока материјала у одређеном производном процесу. Главна пажња ће бити усмерена ка процесу, јер се сматра да је то кључ у постизању најбољег квалитета уз најниже трошкове са високим степеном безбедности. Циљ рада јесте идентификовање недостатака у процесу, њихова анализа као и давање решења за елиминисање губитака и унапређење производног процеса.

2. LEAN

Појам „Lean“ је први пут употребљен у књизи „*The machine that changed the world*“ аутора *J.P.Womack-a* и *D.T.Jones-a*. Реч *Lean* је енглеског порекла и значи „Витак“. Када се употреби реч *Lean* подразумева се мање свега: мање времена, мање људског напора, мање кретања, мање складишта, мање инвестиција, напора и капитала.

Lean је производна филозофија која када се имплементирана у процес производње скраћује време од наруџбине купца до испоруке готовог производа, елиминишући све изворе расипања (губитака) у производном процесу. *Lean* филозофија се фокусира на целокупни процес, са освртом на елиминацију свих временских губитака и са скраћењем времена израде. Резултат *Lean* филозофије је да створи флексибилан производни систем који ће на захтеве клијената да одговори у најкраћем року без стварања застоја у производњи. *Lean* филозофија треба да унапреди целокупно предузеће елиминишући губитке који настају током процеса рада. Притом, не постоји коначан циљ код елиминисања губитака, већ тежња да предузеће и сви процеси у њему буду бољи и ефикаснији (Мачужић и Ђапан, 2016).

Базирано на 20 година студирања *Toyota* компаније, *Jefrey Liker*, је дефинисао 14 принципа менаџмента који чине *Toyota* начин и приказани су на слици 1. Ових 14 принципа представљају основу и подељени су у четри категорије (*4P model*):

- *Philosophy* – филозофија, дугорочно размишљање;
- *Process* – процес елиминисања губитака;
- *People & partners* – људи и партнери – поштуј, изазови их и развиј их;
- *Problem solving* – решавање проблема, континуално унапређење и учење.



Слика 1. 4P модел Тојотиног производног система

2.1 Основни принципи *Lean*-а

У свету се последњих тридесет година развијају и користе *Lean* алати као једни од најчешће коришћених метода за оптимизацију пословања у производњи, а више од десетак година се примењују и у другим гранама.

Lean филозофија се може описати кроз пет основних принципа које видимо на слици 2. Дефинисање вредности производа (енг. *Identify value*).

- Вредност је искључиво дефинисана од стране купца и односи се на оно што се у одређеном производу вреднује и купац је спреман да плати за то.
- Идентификација тока вредности за одређену врсту производа (енг. *Map the value stream*) - Представља све активности које додају или не додају вредност а које су неопходне како би се производ испоручио. Мапирањем тока вредности добија се реална слика одређеног процеса са информацијама у вези са токовима производа, информација и времена, као и губицима који се у њему јављају.
- Креирање вредности тока производа (енг. *Create flow*) - Ток се постиже када се производ креће кроз процесе без заустављања. Идентификација уских грла и корака који не додају вредност производу је кључна за постизање тока.
- Повлачење производа кроз целу производњу (енг. *Establish pull*) - *Pull* означава да производња и набавка започињу тек онда када је купац поручио производ, што захтева велику прилагодљивост система.
- Тежња ка савршенству (енг. *Seek perfection*) - Континуално унапређење и стална тежња ка усавршавању један су од кључних покретача у лину. Компанија тежи да елиминира све губитке у току вредности и да постигне континуални ток, а на томе раде сви запослени. Само постепеним побољшањем и радикалним смањењем трошкова могуће је постићи принцип перфекције.



Слика 2. Пет основних принципа *Lean*-а

Права примена наведених принципа омогућиће предузећу да у веома тешким условима оствари задовољавајућу ако не и водећу позицију на тржишту. Максимална профитабилност постаје директно зависна од максималног протока производа кроз ланац вредности, покренут од стране купца. Тиме се осигурава усредсређеност на главни циљ *Lean* филозофије – стално радити на побољшањима и елиминати све што је непотребно и све што не додаје вредност производу.

2.2 Основне методе и технике *Lean* концепта

За примену *Lean* концепта потребно је применити читав низ алата и техника побољшања, уз њихово претходно прилагођавање специфичностима производње и култури запослених. У раду ће бити приказане и укратко објашњене најбитније методе и технике *Lean* концепта производње. Основне методе и технике *Lean* концепта су:

- *Just In Time*;
- *Jidoka*;
- Континуално унапређење – *Kaizen*;
- Седам губитака - *7 Waste*;
- Визуелни менаџмент - *5S Sistem*;
- Мапирање тока вредности – *Value Stream*;
- *Kanban*;
- *Poka Yoke*;
- Тотално продуктивно одржавање – *Total Productive Maintenance*;
- Кључни индикатори перформанси – *Key Performance Indicators*;
- Ефективност производне опреме – *Overall Equipment Effectiveness*;
- Остали *Lean* алати.

Предузећа која усвоје и на прави начин имплементирају суштину *Lean* филозофије тј. технике *Lean* концепта у могућности су да брже и боље одговоре на захтеве и потребе тржишта. Наиме циљ увођења *Lean* концепта је елиминисање свих могућих губитака у процесу производње, а да се притом добије производ одређеног квалитета који одговара захтевима купца.

2.2.1 *Just In Time*

Just in time (JIT) представља производњу готових производа „тачно на време“, да би се задовољиле потребе купаца. Овај принцип је првобитно употребљен у Тојота систему и данас представља битан принцип управљања производњом. Врло је ефикасан систем управљања производњом у индустрији. Принцип *Just in time* не представља средство које се користи за постизање циља, већ представља крајњи циљ који треба да се постигне у новој производној филозофији. „*Just in time*“ производњом треба да се у најмањим могућим серијама, са „0“ грешком и у тачно предвиђеном временском року произведе само оно што тржиште тражи у одређеном тренутку. Постоје различита тумачења и превођења термина *Just in time*, али се у литератури најчешће преводи као „временски добро планирано“, „тачно на време“, „производња без складишта“, „производња без залиха“ и сл.. Сваки процес треба снабдети потребним елементима у правој количини и у тачно време. Оваква производња представља *Just in time* производњу, она се још назива и безскладишна производња.

У савременим условима индустријске производње овај тип производње има следеће карактеристике:

- Производња „по наруџбини“;
- Производња у „малим серијама“;
- Производња са „нула грешака“;
- Производња са најкраћим циклусом израде;
- Производња „без складишта“.

Да би се постигла *Just in time* производња потребно је знати шта тржиште тражи и прецизно испланирати и усавршити све процесе производње. Циљ ове производње је да се постигне рентабилност, односно да се постигне велико искоришћење капацитета уз низак ниво

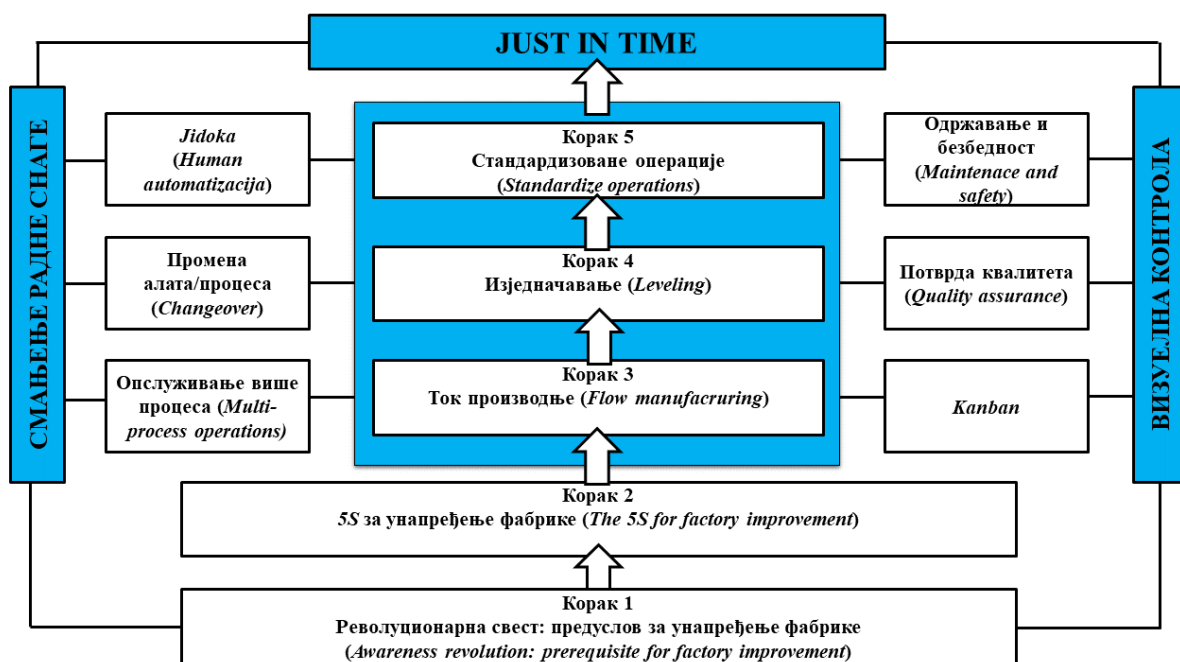
ангажовања капитала, као и смањење трошкова. На први поглед ово је врло једноставан систем, међутим његова имплементација је веома компликована. Неопходно је да се спроведу следећа побољшања како би се уводио *Just in time* производни систем:

- Ток производње (енг. *Flow manufacturing*);
- Управљање више процеса (енг. *Multi process handling*);
- Канбан (енг. *Kanban*);
- Смањење радне снаге (енг. *Manpower reduction*);
- Визуелна контрола (енг. *Visual control*);
- Нивелација (енг. *Leveling*);
- Измена алата (енг. *Changeover*);
- Обезбеђивање квалитета (енг. *Quality assurance*);
- Стандардизовање операција (енг. *Standard operations*);
- Јидока (енг. *Jidoka*);
- Одржавање и безбедност (енг. *Maintenance and safety*).

Применом *Just in time* производњом постиже се:

- Висок квалитет производа, производња без грешака;
- Производња према потребама тржишта;
- Кратак циклус производње;
- Ефикасна измена алата;
- *Pull sistem* тј. одговарајућа техника планирања;
- Сарадња и поверење купаца и продавца;
- Ангажован однос свих запослених;
- Ефикасно управљање материјалом;
- Смањење залиха робе;
- Поузданост испоруке итд.

На следећој слици биће приказани кораци за успешну имплементацију *Just in time* производње.



Слика 3. Кораци при успостављању ЈИТ производње (Мачуџић и Ђапан, 2016)

Производња *Just in time* је иновација која помаже предузећима да пробуде свест запослених. То значи да је *JIT* производња иновација која захтева одбацивање устаљених

идеја и старих навика. Самим тим *JIT* није нешто што је могуће имплементирати у слободно време, већ захтева ангажовање свих запослених почев од врха менаџмента. Један од главних задатака приликом имплементирања *JIT* -а је стварање јаке и дугорочне сарадње између коопераната и главног произвођача.

За већину *JIT* представља једноставну контролу количине залиха, али он је много више од тога. Дуго година је важило правило да су залихе главна гаранција неометаног одвијања производње. Међутим, правилном имплементацијом *JIT* концепта, све почиње од купца. Купац одређује који производи, у којој количини и у које време су му потребни, односно он те производе повлачи из завршне фазе процеса производње. Процес се даље креће у назад, тј повлаче се потребне количине делова из предходног процеса у одређено време и све тако даље до добављача. Дакле на овај начин залихе су сведене на минимум или их у опште нема. Цели процес се кординира употребом Канбан-а. На тај начин пошиљке су мале, али честе, и остварује се такозвана производња у такту. У оваквој производњи радна станица најближа купцу, одређује брзину рада осталим станицама у производној линији. Као што се може видети из оваквог начина производње свака фаза у производном ланцу, повлачи у правом тренутку потребну количину делова из предходне фазе. На тај начин се постиже савршени склад између стварне потражње и постојеће понуде, односно постиже се савршени ток пословног процеса (Зеленовић, 2005).

2.2.2 *Jidoka*

Сваки производ треба да задовољи одређене захтеве квалитета које нам диктира купац. Да би тако нешто било изводљиво потребан нам је метод који ће открити дефекте, односно грешке у производњи истог тренутка када се оне и догоде. Овакав уређај треба истог тренутка зауставити машину, јер машина на себи има разне сензоре који ће нам сигнализирати да имамо проблем на машини или у производном процесу. У зависности од проблема, зауставља се само машина на којој је уочена грешка, али ако се проблем упорно наставља, пали се црвено светло и зауставља се читава производна линија.

Када је процес заустављен оператер може да реши настали проблем на месту где је и настао и да уклони дефектни комад из процеса. Са обзиром да радник не мора да контролише квалитет производа, јер то ради *Jidoka* уместо њега, радник може да се фокусира на друге операције, јер ће производња тећи несметано ако грешка не настави да се појављује.

Jidoka корени датирају још из времена када је Тојота производила аутоматизоване разбоје. *Saikichi* Тојота је конструисао изум који је детектовао пуцање конца на разбоју, а разбој би, по детекцији, моментално престао са радом. Затим би се утврдило зашто је дошло до проблема и поново покренуо процес. Као и код осталих *Lean* елемената једноставна идеја и једноставна имплементација те идеје воде ка битним унапређењима у производњи (Macinnes, 2002).

Четири основна корака *Jidoke* су:

- Открити грешку у производу или у производном процесу;
- Прекинути процес јер се догодила грешка или неправилност;
- Поправити проблем;
- Истражити узрок проблема и осигурати да се та грешка или неправилност не понови.

Неопходно је узети у обзир све факторе производње пре него што се крене са аутоматизацијом тј. имплементацијом *Jidoke*. Није паметно инсистирати по сваку цену на аутоматизацији, потребно је добро срачунати све трошкове и проверити исплативост оваквог начина производње, па тек након тога почети са унапређењима. Има смисла повећати рад машина и степен аутоматизације када је резултат смањена цена ручног рада и

повећање продуктивности. Најбитније је схватити да суштина оваквог типа унапређења је смањење цене производа а самим тим и повећање конкурентности на тржишту (Мачужић и Ђапан, 2016).

Потребно је схватити да имплементација *Jidoka* мора бити постепена, од једне операције до друге. Храбри планови да се аутоматизује цела производња обично коштају пуно и нису врло исплативи. Други разлог зашто се *Jidoka* уводи постепено, корак по корак, је да она узима у обзир однос цене ручног рада у односу на аутоматизовани процес. У суштини главни циљ *Jidoka* је развој машина и опреме које могу самостално да спроводе неопходне операције, да у колико дође до грешака у процесу или на самом производу детектују исту, као и да грешку пријаве и алармирају запосленима у производњи. Након тога запослени долазе, проверавају због чега је грешка настала и проблем решавају на самом месту настанка. Када се машине прилагоде процесу и почну поуздано да раде без ризика за грешком, један радник може водити рачуна о једној машини или чак о целој групи машина. Самим тим се продуктивност експоненцијално повећава (Мачужић и Ђапан, 2016).

2.2.3 Континуално унапређење - Kaizen

Могућности за унапређења пословних процеса и перформанси постоје у свакој па и у најбољој компанији. То се може постићи успостављањем културе засноване на начелима штедљивости. Оцена „добро“ се у Јапану схвата као „није довољно добро“, а сва унапређења имају за циљ већи степен задовољства купаца.

Kaizen представља процес постепене, непрекидне и свеобухватне промене стања пословних процеса, која нису условљена великим финансијким улагањима и софистицираним технологијама (Васиљевић, 2011).

- Постепено - представља промишљене, опрезне и не сувише нагле промене;
- Непрекидно - представља да *Kaizen* пројекти имају почетак али не и крај, односно да ни један радни дан не сме да протекне без доприноса напретку и развоју компаније;
- Свеобухватно - у смислу да обухвата све операције и пословне процесе као и све нивое руковођења.

Једна од основних разлика између размишљања на западу и у Јапану је у томе што се на западу даје велики значај великим доприносима појединца, а у Јапану даје велики значај тимском раду и малим свакодневним побољшањима.

- Запад – Велике идеје долазе од врха (менаџмента, инжењера и сл.);
- Јапан – Велика побољшања долазе од стране радника из погона (константна мала побољшања доводе до великих промена).

Кључ је у систему укључивања свих запослених, тако да се подстакну на свакодневна мала побољшања, било где је то могуће, као и активно укључивање у радионице где се ради на решавању конкретних проблема.

Реч *Kaizen* потиче од Јапанских речи „*Kai*“ што значи издвојити и „*Zen*“ што значи поправити. Како и саме речи говоре, потребно је изоловати проблем, анализирати га, пронаћи решења, и на крају решења имплементирати.

Веома је важно придржавати се стандардизованих редоследа активности, без обзира која врста *Kaizen* активности се спроводи. Ако се активности не спроводе по одговарајућем редоследу може доћи до конфузије и лоших резултата. Сматра се да 40% времена при *Kaizen* активности треба издвојити на припрему (изолација проблема, употреба статичких активности), 40% на само проналажење решења, а преосталих 20% на имплементацију решења. *Kaizen* је заснован на научним анализама које садрже све елементе процеса или система како би се разумео његов рад и тек онда се открива како да се утиче на њега или како да се унапреди.

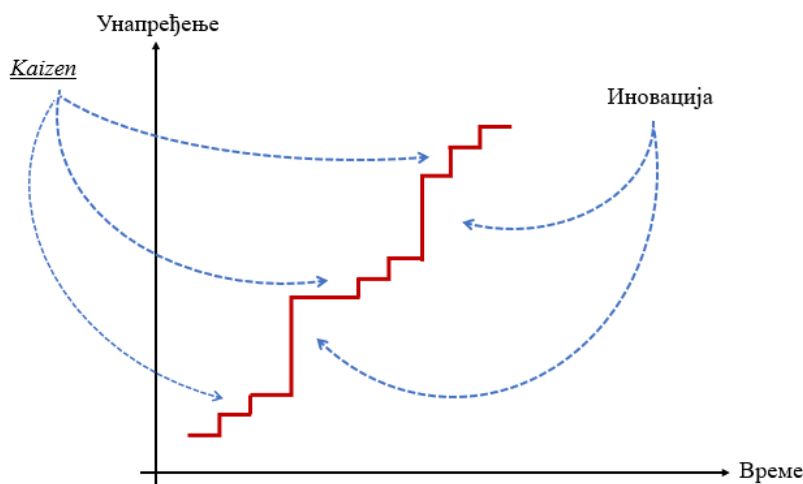
Ови циклуси промена приказани су на слици 4, а познати су још и као Демингови циклус - *Plan, Do, Check, Act*- PDCA.



Слика 4. Демингови циклус - *Plan, Do, Check, Act*- PDCA

Посматрајући из дужег временског аспекта, мала константна унапређења постижу велике уштеде и велика побољшања у свим производним процесима, што нам показује слика 5.

„Пут од хиљаду миља почиње малим (првим) кораком.“ - Lao Tze kineski filozof (Rother, 2009).



Слика 5. Kaizen скуп малих и великих унапређења (Мачужић и Ђапан, 2016)

Kaizen је најважнији и кључни алат за успех предузећа, неизоставни део сваког процеса. Суштина *Kaizen*-а јесте да обезбеди један, ако не и више доле наведених циљева (Мачужић и Ђапан, 2016):

- Посао постаје лакши;
- Значајно умањење тешког рада;
- Занимљивије спровођење радних активности на послу;
- Радне активности су безбедније по радника;
- Продуктивност је на значајно вишем нивоу;
- Унапређење нивоа квалитета производа или услуга;
- Уштеда у новцу или времену.

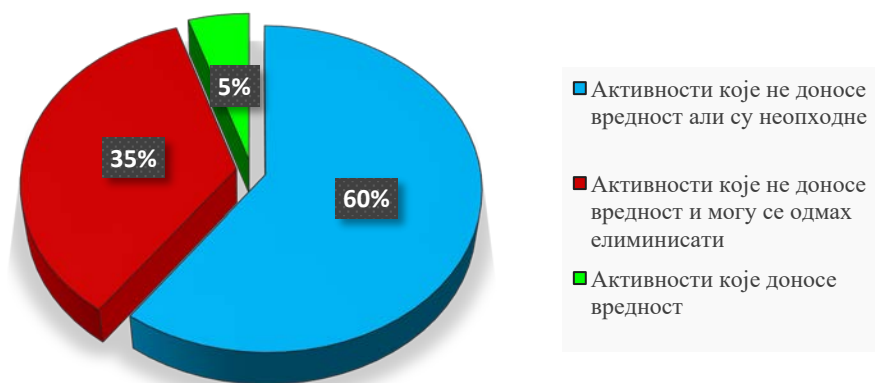
Постоји неколико различитих *Kaizen* догађаја, сви у основи имају исти циљ (елиминисање губитака), али се разликују по учесницима и месту одвијања и дужини:

- *Kaizen* догађај је планирана активност где тим покушава да унапреди неки аспект свог предузећа. Пре саме активности потребно је изоловати проблем, одредити тим и вођу тима, одредити циљ унапређења, мере које ће се користити и време трајања. *Kaizen* догађај има за циљ брзо откривање коренског узрока проблема и брзу фокусирану имплементацију решења.
- *Gemba Kaizen* - *Gemba* се са јапанског језика преводи као право место. У производном предузећу *Gemba* означава сам производни погон. *Gemba Kaizen* је заправо *Kaizen* активност која се одвија у производњи.
- Систем *Kaizen* је *Kaizen* који се односи на радикално унапређење процеса како би се елиминисали губици који не додају вредност производу.
- *Kaizen* блиц је планирани *Kaizen* догађај који траје три до пет дана. Основни циљ је брзина унапређења.
- *Kaizen* супер блиц је догађај који траје свега неколико сати, и спроводи се одмах по индентификацији проблема у процесу, или на самој машини (Васиљевић, 2011).

2.2.4 Седам губитака - 7 Waste

Спровођењем пет основних начела *Lean* принципа, поред континуалног побољшања процеса циљ је и елиминисати свих седам врста губитака због којих процеси нису довољно добри и ефикасни какви би могли бити. Расипање односно губици су елементи производног процеса који не садрже никакаву вредност, тј. то су активности које не доносе директну вредност производу. *Taiichi Ohno* један од изумитеља *Lean* принципа поделио је све губитке у седам група: У складу са јапанском терминологијом, активности које треба елиминисати, тј. оне које не додају вредност крајњем производу могу се означити са *ЗМу*:

- *Muda* (штета или расипање), активности које троше ресурсе без креирања вредности за купца (било да се ради о активностима које се сматрају неопходним за функционисање пословања – 1. тип муда, или пак, оним које се не сматрају неопходним – 2. тип муда);
- *Mura* (неједнакост или одступање), губитак који је проузрокован варијацијама у квалитету, трошковима или испоруци (јавља се кад год активности не иду глатко и без застоја);
- *Muri* (претеривање или преоптерећење), представља непотребно оптерећење људи, машина или целокупног система изнад њиховог нормалног капацитета функционисања (настаје као последица погрешно дизајнираног радног процеса или радних задатака).



Слика 6. Диаграм активности у предузећу

Седам основних типова расипања су:

1) *Прекомерна производња или производња за сваки случај*

Основа карактеристика прекомерне производње јесте производња производа који се не могу пласирати на тржиште, било зато што купцима нису потребни у тој количини или нису потребни у том моменту. Ова карактеристика се сматра повећава могућност настанка осталих шест врста отпада, па је због тога сматра најтежом категоријом отпада. Ова карактеристика има за последицу производа, већи проценат оштећења руковањем и нерегистроване дефекте. То наравно захтева додатни рад, додатни простор, додатне машине и слично. Тај вишак производа мора бити транспортован, ускладиштен и прегледан (контролисан) и углавном садржи одређени број производа са грешком. Недостатак комуникације, неадекватан систем награђивања или пословна филозофија нека се нешто ради, уместо да се излази у сусрет стварним потребама купаца, представљају главне разлоге прекомерне производње. Најчешће грешке прекомерне производње:

- Извођење операција које нису неопходне;
- Стварање производа који се не могу пласирати на тржишту;
- Лоше предвиђање продаје (захтева тржишта);
- Производња „за сваки случај“ и сл..

2) *Транспорт*

Један од отпада које је такође потребно елиминисати је непотребно померање људи и сировина кроз производни процес. Најчешће се јавља између различитих корака обраде, процесних линија или када се производ испоручије купцу (вишеструко или непотребно руковање сировинама, материјалом или готовим производом). Недостатак координације процеса, слаба организација на радном месту, више различитих места за складиштење само су од једних најчешћих узрока настанка ове врсте отпада.

- Непотребно кретање материјала (обрађених делова) између операција или између складишних површина;
- Коришћење старих, неучинковитих *layouts* (*Layouta* – енг. распоред, размештај);
- Неефикасан транспорт информација;
- Неуспешна комуникација (губитак података, некомпатибилност, непоузданост информација).

3) *Чекање*

Ова врста отпада у производном процесу настаје као последица кашњења или застоја у раду из било којег разлога, било да се чека на материјал између операција или на испоруку сировина. У случају да радници чекају да машина заврши свој део посла или обрнуто и ово се сматра отпадом у производном процесу. До кашњења у раду долази због лошег планирања производње, нестандартних метода рада, дужег времена обраде, нисте ефективности (машина или људи), недостатка адекватне опреме или материјала. Најчешће грешке чекања:

- Време чекања материјала између операција, чекање радника на машине или на материјал;
- Чекање на испоруку;
- Чекање на податке, резултате тестова, информације, одлуке, потпис, одобрење и сл.

4) Прекомерна обрада

Ова врста отпада представља последицу претеране прераде или обраде производа, више него што то купац. Коришћење неадекватне, јефтине, неефикасне производне опреме, такође, доводи до појаве ове категорије отпада. Најчешће грешке пркомерне обраде:

- Предимензионисане машине, технолошка опрема, припремно-завршно време;
- Чишћење између обраде;
- Превише процеса обраде, предетаљна обрада;
- Лош дизајн односно конструкција производа, превише корака обраде.

5) Залихе

Залихе су класична врста отпада, било да се ради о сировинама, недовршеној производњи или готовим производима. Залихе се сматрају *замрзнутим капиталом* у складиштима. Оне за собом повлаче додатно руковање, додатну папирологију, додатни простор и додатне трошкове. Све зто није намењено директној продаји спада у ову врсту отпада. Најчешћи разлози настанка залиха:

- Недовољно добри односи са добављачима;
- Неуравнотежени ток пословних операција;
- Нетачна предвиђања потреба купаца.

6) Непотребни покрети

Сви сувишни покрети запослених сматрају се отпадом. Тражење одговарајућег алата или материјала, који није на свом месту или није на дохват руке, сматра се губљењем времена, а уколико се то учестало дешава, онда је то свакако отпад. Фактори настанка непотребних покрета су:

- Погрешан дизајн рада;
- Лош распоред машина;
- Недостатак организације на радном месту;
- Нестандардизоване радне операције;
- Покретање људи да би дошли до информација;
- Ручни рад како би се надокнадили неки недостаци у процесу производње.

7) Шкарт

За разлику од већине аутора који ову врсту отпада нашивају просто *шкарт*, *Ohno* избегава тај назив зато што поред неисправног дела у ову врсту отпада спада и сав напор као и сав материјал који је утрошен у производњу тог истог дела.

Појава дефектних делова узрокована је:

- Неадекватним пословним процесима;
- Недовољном обуком запослених или недостатком стандардизованих процедура;
- Прекидом тока због грешака;
- Непотпуне или нетачне информације.

Иако она не представља *Ohno*-вих седам смртних отпада, временом је додата још једна – осма категорија отпада која привлачи све већу пажњу, а то је тзв. неискоришћени људски потенцијал. У пракси се показало да њена елиминација може бити од велике користи. Ова група отпада се јавља због недовољне или непотпуне искоришћености интелектуалног потенцијала свих радних група у предузећу. Менаџери и запослени на свим нивоима пословања морају бити у потпуности усклађени у погледу решавања критичних тем, у супротном, у колико је њихова пажња раздвојена на различите стране, долази до губљења

вредности и за предузеће и за купца. Ова врста отпада може такође бити последица недостатка интелектуалног капитала предузећа.

У ситуацији када су елиминисане остале врсте отпада и када су створени услови да креативност и интелект запослених дође до пуног изражаја, користи за предузеће су велике: нове, свеже, иновативне идеје, побољшан морал запослених, смањење миграције запослених, развој културе континуалних побољшања итд.

Велика је вероватноћа да ће се наведене категорије отпада, у догледно време, сматрати најважнијом категоријом, јер предузећа тек почињу да откривају колики се потенцијал крије у њеном елиминисању.

2.2.5 Визуелни менаџмент - 5S Sistem

5S је скуп правила, корака и процедура који се примењују да би се правилно организовала радна средина. Овај алат је најчешће коришћен *Lean* алат у производњи и услугама, представља основ за изградњу и постизање квалитета у свакодневном раду. Овај систем вреднује време запослених и купаца и ствара им окружење које им омогућава да лако обављају свој посао. 5S је организовани и системски приступ достизања *Lean* организације. Представља пословни систем за вођење, уређење и организацију производних и услужних операција који захтева мање простора, људског напора, мање капитала и времена да би се произвео производ или пружила услуга са мање грешака. Ово ствара окружење које је дисциплиновано, чисто и добро уређено. Овакав вид организације означава следеће размишљање „има места за све и све је на свом месту“. Овај алат, такође, може да послужи за откривање неефикасности и поремећаја, тако да се уочени проблеми лако могу решити. Када се овај систем правилно имплементира ствара визуелну организацију која омогућава брзо одређивање статуса радног места. На први поглед, менаџери и супервизори могу да виде када процес није у реду, када је производња у застоју или заустављена, или када рад у процесу није тамо где треба да буде.

Систем 5S је добио назив од пет почетних слова јапанских речи које у преводу на енглеском и српском језику гласе:

5S = *Seiri* – *Sort* – сортирати; *Seiton* – *Set in Order* – уредити, *Seiso* – *Shine* – чистити; *Seiketsu* – *Standardize* – стандардизовати; *Shitsuke* – *Sustain* – одржати.



Слика 7. Преглед 5S *Lean* алата (Мачуџић и Ђапан, 2016)

У наставку је дата табела која резимира ових пет елемената. Сви елементи су разумљиви и лако се могу објаснити. Сваки елемент подразумева много више него што сама реч садржи у себи. Зато је у табели дато детаљније објашњење за сваку реч.

Табела 1. Ближи опис 5S система

1	<i>Sort</i> - сортирати	Идентификовати све ствари непотребне за рад, односно производњу и елиминисати их из радног простора; Одабрати алат неопходан за рад; Алат и материјал који се не користе, треба ставити у засебна складишта; Ствари које се уопште не користе треба одбацити.
2	<i>Set in Order</i> - уредити	Ствари треба системски уредити, тако да их лако свако може пронаћи; Алат треба уредити према редоследу коришћењ; Етикетирати алат, јер без означавања лако се заборави где је шта остављено; Алат који се често користи треба да буде лако доступан; Након обављања рада, алат и материјале треба вратити на њихово првобитно место које је означено.
3	<i>Shine</i> - чистити	Радни простор и алат треба одржавати и чистити; Неопходно је редовно чишћење и одржавање на дневној бази.
4	<i>Standardize</i> - стандардизовати	Дефинисати и стандардизовати процес рада; Претходна три S правила је потребно стандардизовати и исписати процедуре за њих.
5	<i>Sustain</i> - одржати	5S треба да постане начин живота унутар организације. Треба да постане део свакодневног рада, да постане навика и треба да постане део препознатљивости самог предузећа.



Слика 8. Приказ радног места без и са успостављањем системом 5S

Метода 5S базирана је на идеји да је уређено, чисто и организовано радно место:

- Продуктивније;
- Лакше је за рад;
- Сигурније је за запослене (мање повреда на раду);
- Боље расположење свих запослених и посетилаца;
- Веће задовољство и мотивација запослених;
- Развија тимски рад;
- Повећава квалитет;
- Смањује губитке у процесу;
- Бољи имиџ предузећа.

2.2.6 Мапирање тока вредности – Value Stream

Када се каже ток производног процеса, кретање материјала кроз фабрику, обично је прва ствар која пада на ум. Међутим, поред тока материјала постоји још један ток који је такође веома важан а то је ток информација. У *Lean* терминологији ова два тока имају заједнички назив, а то је ток вредности (*Value Stream*).

Ток вредности представља ток свих активности, како оних који додају вредност завршном производу, тако и оних који не додају вредност (губитци), који су потребни да се активност испуни. Ова два тока се у *Lean* системима увек мапирају заједно.

Мапирање тока вредности је начин на који се све активности, сви процеси као и сви токови (материјала или информација) доводе на једно место. Након тога је потребно довести их у везу, почевши од сировине, готовог производа па све до купца. Главни циљ мапирања је снимање тренутног стања, идентификовање свих облика расипања, као и спровођење акција и решења да се исти отклоне. То је графички алат који приказује ток производног процеса (*Jones, Womack* и други, 2011).

Постоје две врсте карата. Прва је карта тренутног стања која описује процесе какви јесу, друга је карта будућег стања која описује идеално стање засновано на коришћењу *Lean* метода и техника у предузећу.

Мапирање се врши како би се лакше сагледао целокупан производни систем а не само једна операција (и њена оптимизација). Када се мапирање изврши лако је увидети ток предмета рада кроз производни процес, а затим и увидети мане и потенцијалне проблеме.

Постоји неколико разлога зашто је техника мапирања тока вредности од кључног значаја за унапређење комплетног предузећа:

- Омогућује да се виде не само губитци, већ и генератори губитака током целог процеса. Повезује ток информација са током материјала.
- Представља основу *Lean* имплементације. Мапе тока вредности се могу упоредити са грађевинским плановима. Као што су планови основа за градњу кућа тако су и мапе будућег стања основе унапређења процеса у предузећу.
- Мапирање тока вредности је квантитивна метода која детаљно описује како би процес требало да се одвија како би се обезбедио непрекидан ток. Показује шта тачно треба поправити како би се ефикасност система повећала.

Веома је битно креирати *Value Stream* мапу сваки пут када креирамо нови производни процес, из разлога јер је лакше сагледати предности и мане тог система, односно кренути са унапређењима, док је још у фази израде него када је систем већ реализован.

Процес мапирања ради се у неколико тачака:

- Одредити коначан производ или услугу;
- Нацртати мапу тока материјала и информација у производном процесу од добијања материјала до испоруке готовог производа са свим временима трајања операција и чекања. Ова мапа се црта посебним симболима;
- Разматрање постојећег стања и спротовање побољшања;
- Цртање нове мапе тока материјала и информација са побољшаним временима;
- Тежња ка одређеном циљу.



Слика 9. Кораци у мапирању тока вредности

Мапа тока вредности мора да садржи:

- Ток материјала;
- Ток информација;
- Информације везане за транспортне путеве и времена.

За мапирање је неопходно да се врши у самим производним постројењима, почевши од пријема робе па све до изласка готовог производа из фабрике. Пажња се треба посветити на прикупљању тачних података, коришћењем штоперице а не ослањати се на стандардна времена из упутстава или разних архивираних карти. Потребно је забележити што више података који се односе на одређене производе које пратимо, који се уписују у карте и после користе за израду комплетне мапе (Macinnes, 2002).

Веома је важно да мапирање почиње из перспективе купца. Потребно је разумети шта заправо купац тражи од предузећа, коју количину производа, колико модела, колику флексибилност производње као и тачне рокове испоруке. Да би израдили мапу постојећег стања довољна нам је само оловка и папир, као и познавање основних знакова који се користе у процесу мапирања тока вредности.

Неопходни кораци који се користе код израде мапе тренутног стања:

- Одредити индивидуалне задатке;
- Одредити главне процесе система;
- Прикупити актуелне информације о процесима, токовима материјала и информација;
- Кратко расправити о информацијама које су прикупљене.

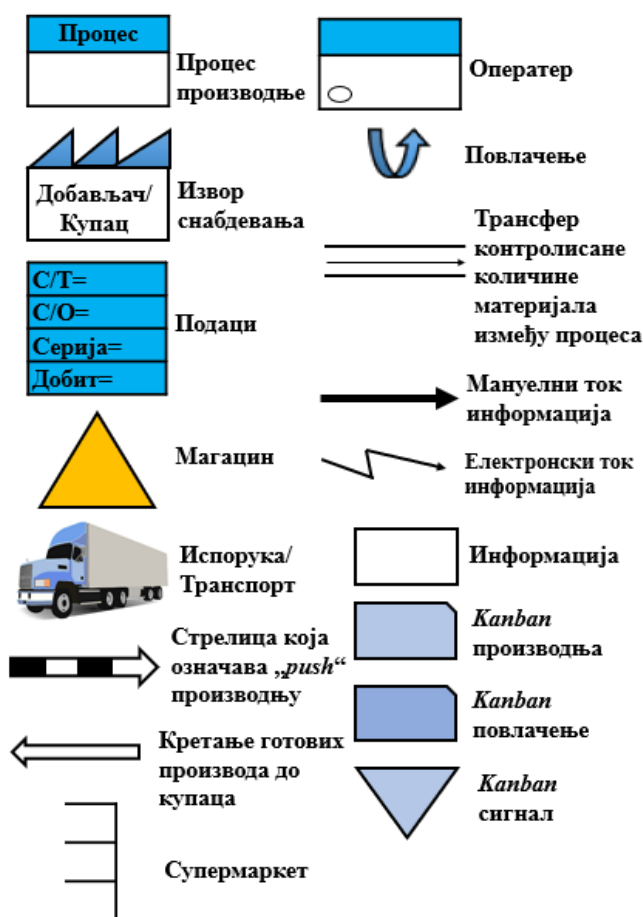
Након изведених поменутих корака, креће се у детаљнији приказ тока вредности и то следећим редоследом:

- Увек прво крећемо од купца. Купац може бити један или више њих који имају потребу за нашим производима. На мапи је потребно уцртати симбол за купца, а испод њега потребно је уписати информације о наруџбинама (месечне количине, посебни захтеви, фреквенција испорука, жељени модели, итд).
- Следећи корак је уцртавање блокова који означавају почетак и крај тока вредности.
- Када се уцртају два блока која означавају почетак и крај, у дијаграм тока вредности потребно је уцртати све остале процесе који се налазе између.
- У следећем кораку потребно је за сваки процес појединачно уписати прикупљене податке. Ови подаци се најчешће уписују испод блока који означава процес и

информације које су нам неопходне су: време такта или ритам производње (време између завршетка производње два производа), број радника који учествују у процесу, укупно производно време у једној смени (од укупног времена одузети време за паузе, чишћење, итд), време које машина произведе у раду (изражено у %), доступност одређене машине, посебни захтеви везани за производ.

- Следећи корак је веома битан зато што је у њему потребно на временској линији уписати времена која су најбитнија за анализу постојећег производног система. Та времена су времена чекања и времена циклуса производње једног производа.
- Наредни корак је учртавање иконица које означавају како токови информација и материјала теку кроз систем. Разликујемо *Pull* или *Push* начин приказивања. *Lean* систем управо покушава да елиминира *Push* начин производње, а самим тим и да смањи губитке прекомерне производње.
- На крају је потребно учртати све остале комуникације и везе које се јављају унутар система тока вредности, а најчешће се односи на везе предузећа са купцима и добављачима.

Симболи који се користе за мапирање тока материјала и информација су мало другачији него они који су везани за мапирање производног процеса, и могу се видети на слици 10.



Слика 10. Симболи који се користе за мапирање тока вредности (Мачуџић и Ђапан, 2016)

Сврха мапе тока вредности је да се пронађу извори губитака и да се елиминирају имплементирањем будуће мапе тока вредности, која након унапређења постаје тренутна за одређени период времена. Треба направити ланац производних процеса, тако да сваки процес производи само оно што купац захтева и то у баш захтеваном тренутку (Liker и Meier, 2006). Када се заврши анализа тренутног стања у процесу производње, потребно је пројектовати будуће стање придржавајући се правила *Lean* филозофије, али искључиво на местима где је то могуће.

Мапа будућег стања састоји се од три велике фазе:

- Прва фаза се тиче искључиво купца и његових захтева;
- Друга фаза треба да осигура континуални ток информација и материјала иу међу процеса;
- Трећа фаза захтева равномерну расподелу посла по производним процесима.

Три главна корака у изради мапе будућег стања су:

- Производити према такту – такт нам говори колико често морамо произвести производ како би задовољили захтеве купца. Такт рачунамо тако што расположиво време рада поделимо са захтеваном колишином купца. Такт се користи да синхронизујемо темпо производње са темпом продаје производа.
- Изградити континуални ток где год је то изводљиво – континуални ток означава да производ одмах након што изађе са једног процеса, прелази на други без икаквих застоја између. Континуални ток је најефикаснији начин производње те га није лако постићи. За континуални ток је битно нагласити да се производи само оно што је потребно, само када је потребно и у тачно одређеној количини.
- Равномерна расподела посла или балансирање производње – овај корак представља равномерну расподелу посла на свакој радној станици, те јој је циљ да осигура испуњење захтева купца у одређеном времену. Овај део производње такође служи како би се правилном расподелом посла могло снабдевати и више купаца у исто време.

Када се заврши имплементација тока вредности, прелази се на константно унапређење свих процеса путем *Kaizen* алата. Скицирањем тока вредности добили смо прецизнију слику стања, а самим тим нам је и лакше да увидимо грешке у производним процесима. Може се рећи да је мапирање тока вредности и имплементација само први корак ка константном унапређењу свих процеса, и откривању суштине *Lean* нашина производње (Мачужић и Ђапан, 2016).

2.2.7 Kanban

На Јапанском језику реч „*kan*“ значи сигнал а реч „*ban*“ значи картица или табла. Канбан картица представља сигнал који покреће акцију која упућује на кретање или израду делова у „*pull*“ производном систему, развијеном 1950-их година као део Тојотиног производног система.

Главна улога *Kanban* система јесте да путем визуелног сигнала у фабрици, помогне процесима да раде константно, да не остану без предмета рада или пак да не произведу превише. Визуелна сигнализација је веома битна јер помаже менаџерима и супервизорима да могу у сваком тренутку видети какво је стање залиха на свакој радној станици.

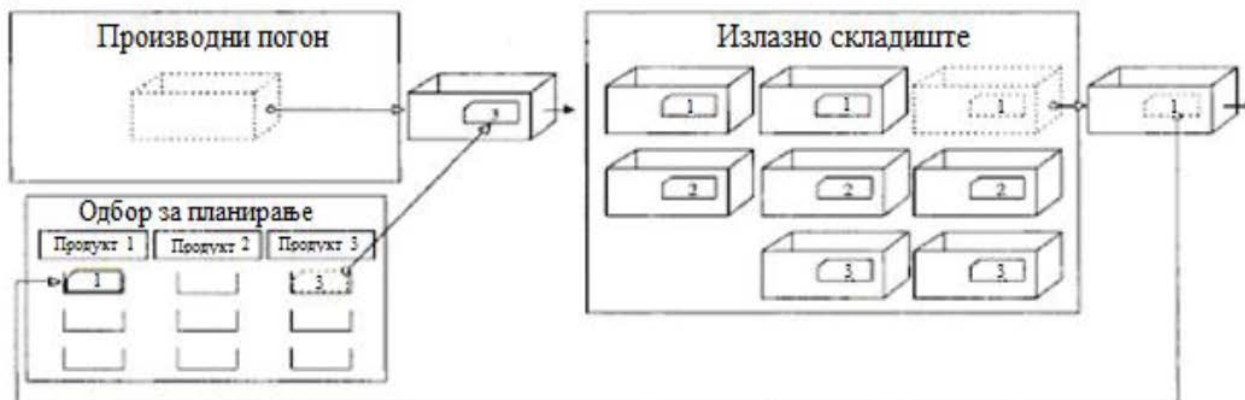
Главни сигнал за предметима рада даје купац. То значи да *Kanban* систем допушта да се произведе само оно што очекују купци, а не зависи од предвиђања продаје. *Kanban* треба схватити више као извршну методу, него као методу за планирање, која узима информације од планирања и претвара у канбан. Можемо рећи да канбан замењује планирање производње.

Предности *Kanban* -а у односу на традиционалне „*push*“ системе су:

- Једноставан и разумљив процес;
- Рута брзе и прецизне информације;
- Ниски трошкови преноса информација;
- Брз одговор на промене;
- Ограничење капацитета у процесу;

- Избегава хиперпродукцију;
- Минимизује расипања;
- Контрола се може одржавати;
- Делегира одговорност производним радницима.

Најлакше објашњење основног модела *Kanban* методе је преко шеме (слика 11).



Слика 11. Шема процеса *Kanban* (Бандука, 2012)

Произведени делови се у зависности од њихове величине, стављају у кутије или постављају на рамове. У кутијама се налазе исти делови који су класификовани шифром која је исписана на кратици. На кутије се поставља *Kanban* картица. Тако обележена кутија се транспортује до радне станице којој су потребни баш ти делови. Када делови стигну до радне станице, картица се скида и вађа на таблу. На тај начин се сигнализира радној јединици да поново почне производњу нове количине делова за које постоји потреба, а картица се налази на сигналној табли све док се кутија поново не напуни. Тада се картица скида, поставља на кутију и циклус поново може да почне (Бандука, 2012).

Данас због производње великих количина производа пројектовање *Kanban* система постало је много сложеније. Због тога стари облик картица замењују компјутерски информациони системи, али картице и даље постоје, само су другачијег изгледа. И ако је дигитализација допринела много ефикаснији начин управљања, основни принцип канбана је остао непромењен.

Данас је најчешће примењен у пракси *Kanban* систем са две транспортне кутије идентичних делова. Када се почне са коришћењем делова из прве кутије, картица се скида са кутије и поставља на сигналну таблу. Та картица представља сигнал да се почне са производњом нове количине делова, док друга кутија служи као бафер како не би дошло до нестанка делова потребних за производњу. Та кутија се налази код радне јединице.

Најбитније функције *Kanban* система су:

- Обезбеђује информације за чување и транспорт позиција тј делова за уградњу;
- Обезбеђује информације за лансирање производње;
- Спречава прекомерну производњу и транспорт;
- Служи као радни налог;
- Умањује могућност производње неисправних производа препознавањем процеса у којима се израђују дефетни делови;
- Открива постојеће проблеме и држи залихе под контролом.

Постоје пет основних информација које канбан картица треба да садржи:

1. Број дела;
2. Опис дела;
3. Тачка коришћења;
4. Тачка допуне и
5. Количина.

Ако картица јасно садржи сва ова обележја и ако су тачке у фабрици правилно означене, руковаоцима материјала неће бити тешко да науче где се која тачка налази. На тај начин транспорт унутар фабрике ће бити ефикаснији и бржи. Код креирања *Kanban* контејнера потребно је водити рачуна да величина контејнера прати количину делова који се стављају у њега. На тај начин ћемо максимално искористити простор, као и олакшати транспорт у производњи. Често се дешава да се троши више простора него што је заиста потребно а то је потребно избећи.

Код *Kanban* система, веома је битно да свако ради свој посао најбоље што може. О допуни контејнера треба да се брину руковаоци материјалом, док радници у монтажи треба да што мање времена троше на доношење потребних делова и извођење било каквих непотребних кретања. То се постиже добрим позиционирањем мета где ће бити постављен контејнер и на који начин. Најбољи положај је на дохват руке раднику а при томе да не буде иза леђа.

Код *Kanban* система изузетно је битна сигнализација. Свако радна јединица у производном процесу опремљена је визуелним сигналом (семафором), који је постављен довољно високо да руковаоци материјалом могу лако уочити промену. Сваки семафор се састоји из три боје:

- Зелена – Када је активирана означава да производња тече без икаквих проблема,
- Жута – Када радник нестане без делова припремљених у контејнеру, активира жути прекидач, који даје знак руковаоцу материјалом да дође, преузме празан контејнер и да донесе пун. Ово се назива фреквенција допуне. Веома је битно да фреквенција допуне не прекорачи време допуне контејнера. Ако се ово догоди настаје недостатак материјала, и то је један од разлога за паљење црвеног светла.
- Црвена – Настао је неки проблем на радиој јединици (нека врста застоја). Радник овим сигналом обавештава менаџера производње о настанку проблема и самим тим ургира да се проблем што пре реши.

Правилном имплементацијом *Kanban* система смањује се количина незавршене производње, унапређује ток материјала, спречава прекомерну продукцију, олакшава вођење производње путем визуелних сигнала, повећава флексибилност производње, минимизира неискоришћеност материјала.

2.2.8 *Poka Yoke*

Контрола квалитета производа је један од процеса (пored транспорта и складишта) који према савременим производним концептима треба елиминисати или минимизовати. Због тога се у оквиру проучавања производних система развио концепт познат под називом „Нулта Контрола Квалитета” (енг. *Zero Quality Control*). Применом овог концепта испуњава се важан услов и захтев савремене производње, а то је висок квалитет производа. То је у ствари идеални производни систем који искључује производњу шкарта. Нај познатија метода која се користи да ти се тај систем остварио је *Poka Yoke*.

Још један од *Lean* алата за онемогућавање грешака у процесу производње је *Poka Yoke*. Настала је од две Јапанске речи *Poka* -што знаши грешка и *Yoke* -што значи

спречавање. Ове две речи би у слободном преводу значиле заштита од грешке. Овај алат је настао у оквиру ТПС 1960-тих година као алат за спречавање љдских грешака.

Грешке у производњи које се не открију на време представљају губитке и смањују квалитет који очекује купац готовог производа. Иза *Poka Yoke* методе крије се жеља за потпуним елиминисањем грешака у производњи, тако да чак и мале количине шкарта представљају неприхватљив резултат процеса производње. Због тога фирме које желе да постану лидери на светском тржишту треба практично да примењују филозофију нула грешака у производњи.

Ни један радник, без обзира колико се трудио, не може радити о обављати одређене задатке, а да у неком тренутку не направи неку врсту грешке, која ће утицати на крајњи резултат обављеног задатка. Због тога *Poka Yoke* уређаји представљају техничка решења која спречавају људску грешку, било да се ради о производњи, монтажи или употреби неког уређаја. Таква решења су најчешће веома јефтина, једноставна и лако применљива. Оваквим једноставним и учинковитим методама се у производним процесима спречава настанак грешака, а тиме и производња шкарта што производњу чини учинковитом и ефикасном. Како би се осигурало да се грешке не јављају *Poka Yoke* се инсталира и у самој производњи производа, чиме се могућност појављивања грешке у потпуности уклања.

Да би се правилно поставио *Poka Yoke* систем, потребно је проћи кроз следећих пет корака:

- Дефинисање потенцијалних грешака;
- Уочавање извора грешака;
- Развој начина за спречавање грешака;
- Развој начина за детектовање грешака;
- Избор и тестирање решења;
- Имплементација решења.

При коришћењу *Poka Yoke* уређаја задовољни су и менаџери предузећа и раници. Менаџмент јер се смањују варијације у производњи, могућности производње лоших делова, а радници јер су растеређени обавезе да проверавају производе, а новонастало време могу да искористе за рад на другим активностима.



Слика 12. Пример *Poka Yoke* методе – USB конектор

Један од идеалних примера *Poka Yoke* методе у свакодневном животу је USB конектор приказан на слици изнад, који се у USB слот на рачунару може убацити само у једном смеру тако да корисник не може направити грешку.

2.2.9 Тотално продуктивно одржавање и Укупна ефикасност опреме – Total Productive Maintenance and Overall Equipment Effectiveness

Откази машина су један од највећих проблема у *Lean* производњи. поузданост опреме у производним постројењима је изузетно значајна јер је довољно да једна машина откаже, па да дође до заустављања целе производне линије. Важан алат за минимизовање појаве отказа у процесу производње је Тотално продуктивно одржавање – ТПО (eng. *Total Productive Maintenance*).



Слика 13. Превентивно одржавање (Глишовић, 2004)

Циљ *Lean* производње је елиминисање губитака, тј тежња ка 100% поузданости и доступности опреме. Јасно је да је било који вид чекања губитак за предузеће. Такође *Lean* производња инсистира на производњи само онога што је купац наручио и испорука нарученог у најкраћем времену (Грабеж, 2016). Отказом машина током производње не могу се испоштовати дати рокови и предузеће може изгубити купца. Да не би дошло до оваквих губитака уведено је и развијено тотално продуктивно одржавање.

Тотално продуктивно одржавање представља серију метода које обезбеђују да сваки део преме у производном процесу буде спреман у сваком тренутку да одговори на захтеве производње, тако да производња никада је стане. То је свеобухватна, континуална, тимска активност која помаже у свакодневном одржавању опреме и у то укључује сваког радника (Macinnes, 2002).

Основни елементи тоталног продуктивног одржавања су превентивно и корективно одржавање. За спровођење превентивног одржавања на машинама задужени су радници који и раде на тим машинама. Свако радно место поседује опрему за основно превентивно одржавање, подмазивање и чишћење. Најчешће се основно превентивно одржавање обавља у фиксним временским интервалима (дневно). За остали део одржавања користе се уређаји за дијагностицирање и препоруке произвођача колико често треба мењати неки део. Што је опрема за дијагностицирање прецизнија и лакша за употребу, чешће ће бити и провере машина и умањена шанса за отказ (Бандука, 2012).

Корективно одржавање је систематска анализа отказа. На основу анализа природе и учесталости отказа на некој машини одређује се да ли ће се машина поправити или заменити другом. Циљ корективног одржавања је да се пронађу коренски узроци отказа и елиминишу, како се откази са истим узроком не би поновили. Још један битан аспект корективног одржавања је одређивање особина које треба да поседују машине у производном систему (или које треба набавити). Кључно је да машине могу лако да се одржавају и да се лако могу дијагностицирати њихова тренутна стања, како би радници који их користе што лакше обављали посао.

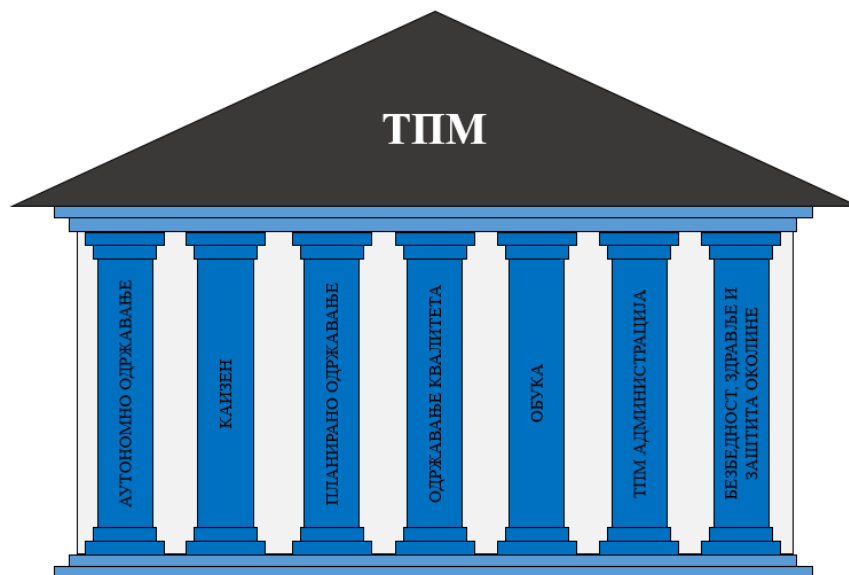
Тотално продуктивно одржавање је веома тешко за остварити из два разлога. Први разлог је зато што захтева апсолутну посвећеност целог предузећа, а други разлог је време

имплементирања јер је за ТПМ потребно дуго времена. Време игра битну улогу јер се током времена имплементације ТПМ-а добијају:

- Потребне најбоље процедуре за одржавање;
- Информације о отказима од којих се праве шеме отказа машина;
- Високо обучени радници који у најкраћем временском року могу одржавати машине.

ТПО се састоји од осам основних носиоца концепта а то су:

- 5S;
- Аутономно одржавање;
- *Kaizen*;
- Планирано одржавање;
- Одржавање квалитета;
- Обука;
- Административна област;
- Безбедност, здравље и заштита околине.



Слика 14. Носиоци концепта ТПО (Мачуџић и Ђапан, 2016)

Како би се ефективност производне опреме учинила мерљивом, уведен је параметар под називом Укупна ефективност производне опреме или Укупна ефективност опреме (*eng. Overall Equipment Effectiveness – OEE*). Помоћу параметара УЕО је могуће пратити и побољшати ефективност производне опреме. Тотално продуктивно одржавање покушава повећати укупну ефикасност опреме. Основна формула за израчунавање укупне ефикасности опреме развијена је 90-тих година и рачуна се преко три мерљива фактора:

$$УЕО = Р * К * У$$

Где је:

УЕО = Укупна ефикасност опреме

Р = Распоживост

К = Коефицијент учинка

У = Учешће добрих производа

Произвођачи светске класе имају најмање 85% укупне ефикасности опреме.

Таква предузећа имају најмање:

- Расположивост опреме 90%;
- Коефицијент учинка 95%;
- Учешће добрих производа 99%;
- Укупна ефикасност опреме 85%.

Постоји шест основних губитака који смањују ефективност система, а које тотално продуктивно одржавање покушава да елиминише:

- Изненадни откази;
- Губици застоја – отказа;
- Постављање и подешавање опреме;
- Празни ходови и мали застоји;
- Губици ефикасности (брзине рада);
- Смањење стварне брзине рада.

ТПО је доста тешко применити у целости, поготово у малим и средњим предузећима јер немају довољно ресурса за потпуну имплементацију. Најбољи начин увођења је парцијалан начин, кроз под-активности ТПО-а. Главни циљ спровођења ТПО-а је да се постигне минимум 85% укупне ефикасности опреме. Директне користи су смањење жалби од купаца, смањење производних трошкова (од око 30%), смањење несрећа на раду и праћење законских регулатива о загађивању околине.

2.2.10 Кључни индикатори перформанси – Key Performance Indicators

Кључни индикатори перформанси (eng. *Key performance indicators – KPI*) су јединице за мерење перформанси индустријског постројења или његовог појединачног сегмента. *KPI* се првенствено анализирају од стране менаџмента организације у циљу глобалног успеха предузећа или одређеног процеса који се унутар предузећа спроводи. Често је успех дефинисан као напредовање у остварењу одређеног стратешког циља. На основу тога, одабир правог *KPI* је првенствено веома битан како би предузеће остварило пословне циљеве.

Кључни индикатори перформанси представљају квалитативне и квантитативне показатеље пословања, и помажу организацији да дефинише и мери успех у остварењу својих циљева (Нестић, Стефановић и други, 2013). Преко њих једна организација мери остварење своје визије, стратегије и циљева. Овим факторима организација може да управља и они су критични за њен одржив успех.

Индикатори перформанси представљају моћно средство за увид у адекватност пословања и утврђивање проблематичних области, па су зато саставни део доброг менаџмента и професионалне праксе. У циљу оцене и побољшања тренутног пословања, менаџмент прво мора да преведе своје циљеве у мерљиве показатеље (индикаторе) перформанси. У ту сврху треба користити различите врсте индикаторе од којих сваки мери различите аспекте пословања и менаџменту даје праве информације.

Мерењем перформанси предузећа сазнајемо колико смо били ефективни (тј да ли смо се бавили правим стварима) и ефикасни (тј да ли смо се бавили правим стварима на прави начин). У теорији и пракси је идентификовано много могућих показатеља мерења перформанси предузећа. Главни проблем менаџмента је како од неколико стотина или хиљада могућих показатеља одабрати оних 15-20 кључних индикатора. Избор правих параметара за неко предузеће је врло сложен, креативан и врло одговоран посао менаџмента.

У циљу стварања кључних индикатора, организације морају имати мисију са прецизно дефинисаним циљевима. Одабрани скуп кључних индикатора се на основу већ унапред дефинисаних учесталости мерења освежавају новим подацима, који улазе у систем праћења (енг. *Monitoring*), а затим и у алат за одлучивање (енг. *Decision Making Tool - DMT*). На основу улазних података, добијамо них одлука које систем предлаже како би се остварили зацртани циљеви предузећа.

KPI мора бити везан за циљ компаније



Слика 15. Веза између KPI и циљева компаније (Менаџмент центар Београд, 2014)

Изабрани индикатори перформанси морају бити повезани са стратешком пирамидом одлучивања, у оквиру које се визија предузећа преводи у KPI -а. Преко њих мери се остварење визије, стратегије и циљева предузећа. На бази одступања остварених од планираних вредности, утврђују се конкретна подручја и правци унапређења квалитета (Слика 16).



Слика 16. Место KPI у стратешкој пирамиди одлучивања

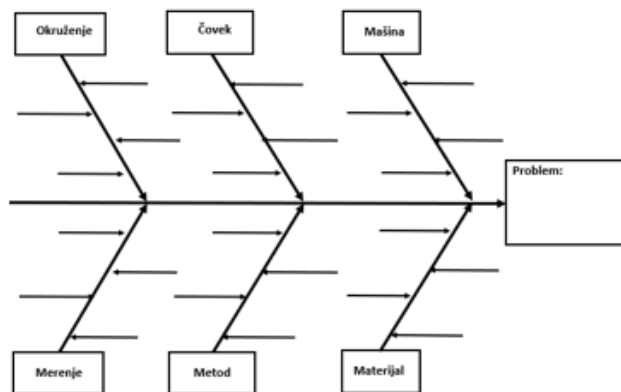
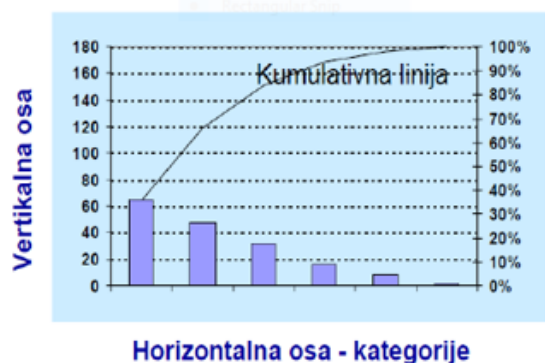
Једни од најбитнијих задатака KPI је да буде везан за особу која га мери, као и да директно буде везан за стратешки циљ компаније и да доприноси његовом остварењу.

2.2.11 Остали Lean алати

Пошто је *Lean* филозофија веома развијена и изузетно опширна, у овом раду нећемо имати довољно простора да опишемо сваки од алата, а још мање да дубље анализирамо сваки од њих. Због тога ће у овој глави бити само побројани још неки од важних алата *Lean* филозофије који се користе за смањење или елиминисање разних типова губитака, како би неко ко прочита ову тачку био упознат са постојањем и ових алата.

Lean алати за смањивање и елиминисање губитака су:

- А3;
- Шпагети дијаграм;
- Парето дијаграми;
- *Control Chart* дијаграм;
- Ћелијска производња;
- 5 Зашто (5Why);
- 5 W+ 1H;
- Ишикава дијаграм (*Ishikawa diagram*).



Zašto	Zašto je problem nastao?	Zašto problem nije detektovan?
I Zašto:		
II Zašto:		
III Zašto:		
IV Zašto:		
V Zašto:		
Zaključak:		

Слика 17. Примери осталих Lean алата

3. ПРИМЕНА LEAN АЛАТА У РЕАЛНОМ ПОСЛОВАЊУ

У другом делу мастер рада предмет истраживања је могућност унапређења перформанси производног процеса – конкретно проточног времена, балансирање линије и тока материјала – применом претходно описаних *Lean* алата у реалном пословању. Оптимизација производног процеса биће урађена за предузеће које се бави производњом делова за ентеријер аутомобила: патоснице, текстилне и кожане пресвлаке за седишта аутомобила. Циљ овог дела је унапређење знања у области *Lean* производње и провера ефективне примене *Lean* приступа у производном процесу. Основни циљ сваког предузећа је да развије највиши квалитет производа или услуге, по најнижој цени, са најкраћим водећим временом уз систематско и континуирано елиминисање расипања. У складу са тим нагласак ће бити стављен на прорачун *takt time*-а, балансирање линије, праћење тока материјала и друге *Lean* алате за унапређење процеса. Овај део рада је подељен на три целине. Прва целина се односи на анализу постојећег стања, друга целина се односи на предлог мера и активности за могућност унапређења производног процеса, а трећа целина се односи на резултате реализованих активности и мера за унапређење процеса. Сви прикупљени подаци биће представљени кроз табеле, дијаграме и илустрације, због једноставнијег прегледа и могућности упоређивања. За анализу постојећег стања ће се користити *Lean* алати – *takt time*, *Kanban*, *Andon signalizacija* и ток материјала. Свака промена процеса, чак и када она представља унапређење, у почетку изазива нестабилност процеса. Зато је битно да се пре почетка унапређења постојећи процес стабилизује стандардизацијом. Резултати унапређеног производног процеса биће исказани кроз приказ повећања ефикасности линије, смањења свих губитака у процесу, финансијску уштеду и смањење оптерећења радника. На основу конкретног примера примене *Lean* алата у производном процесу, закључак је да *Lean* обезбеђује начин да се уради више са мање - мање људског труда, мање опреме, мање времена и мање простора - у исто време се све више пружа купцима тачно оно што желе.

Постоје четири сврхе побољшања: лакше, боље, брже и јефтиније. Ова четири планирана резултата се појављују у редоследу приоритета.

- Shigeo Shingo

3.1 Анализа постојећег стања

Ток говори о напредку рада кроз систем. Када систем функционише добро или има „добар“ ток тежи да се креће стабилно и предвидљиво, док „лош“ ток значи да се процес рада стално започиње и зауставља. Сваки пут када постоји прелаз у току, повећавају се шансе за нагомилавањем губитака. Један од главних циљева у свим већим предузећима је да тај ток постане константан и да се на тај начин постигне поузданија испорука, већа вредност за кориснике, тимове и све заинтересоване стране. Могу се идентификовати седам токова производње:

- Ток сировине;
- Ток радног процеса;
- Ток готових производа;
- Ток оператора;
- Ток машина;
- Ток информација;
- Ток стручњака.

Савремена предузећа која успешно интегришу *Lean* принципе схватају да када сваки од ових седам врста токова ради у хармонији, повећавају своје шансе за производњу готових производа и услуга којима је потребно мало корективних мера. Одржавање производње на тако „гладак“ начин такође помаже да предузеће обезбеди већу ефикасност.

Постоји директна веза између стварања ефикасности које повећавају укупне пословне перформансе и повећавају профитабилност. Али у свакодневном раду предузећа постоје ситуације када се јављају препреке за горе наведене токове. Те препреке можемо поделити на физичке и нематеријалне баријере:

У физичке баријере убрајамо следеће:

- Растојање – уместо транспорта појединачних предмета, прикупљају се и отпремају се као група;
- Дуго време постављања – када се врше промене алатки и када промена траје дуго, јављају се већа кашњења;
- Тип машине – неке машине су дизајниране да буду најефикасније са већом серијском производњом;
- Лоше одржавање – машине које се растављају често нарушавају претходно дефинисане токове.

Примери нематеријалних баријера:

- Непоуздане испоруке - када не постоји поверење да ће делови стићи на време;
- Непоуздани квалитет - ако људи мисле да ће многи делови бити неадекватни или ће захтевати исправке;
- Процеси одобравања - када је тешко добити одобрење па се посао нагомилава све док се одобрење не добије;
- Недостатак вере - неки људи једноставно не верују да је ток могућ;
- Отпор на промене - неки људи мисле да измењен ток може да функционише, али се не труде да примене промене у свом раду.

Када се идентификују и дају приоритет свим препрекама за проток, могу да се спроведу измене, дизајниране за побољшање укупног процеса протока (слика 18). Унапређење тока подразумева мапирање процеса, затим идентификовање свих проблема и идентификовање свих губитака, мапирање идеалног процеса постигнутог елиминисањем свих губитака,

развијање акционог плана и активно праћење нових процеса успостављеним имплементацијом мера за унапређење (*Kettering University, 2016*).



Слика 18. Анализа постојећег стања (*Team blog, 2016*)

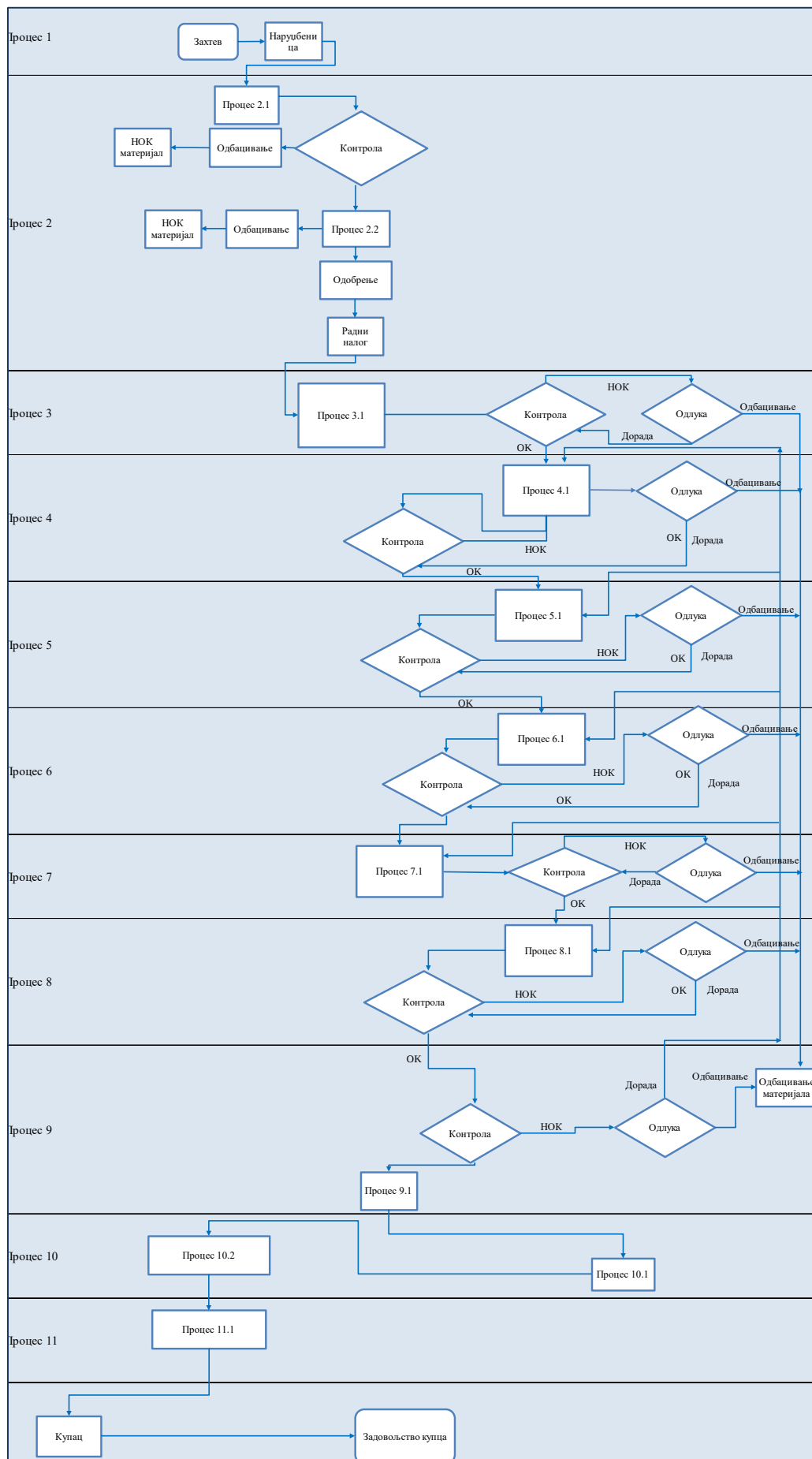
Надовезујући се на горе наведено, у наставку ће бити дата анализа тока материјала који представља пример масовне и великосеријске континуиране производње у аутомобилској индустрији.

Производна линија је традиционална метода коју људи повезују с производњом. Производна линија је уређена тако да се производ помера низом линије и зауставља на радним центрима дуж линије на којима се врше операције. Између појединих операција производ се помера ручно. По потреби се неки делови уклањају са производне линије (*The balance small business, 2018*).

Производња је оријентисана према производу. Ток материјала који се примењује у овом начину производње је линијски и карактерише га редно извођење операција на једном или више предмета. Производња је организована тако да има непрекидан ток материјала који омогућава да на излазу после првог готовог производа сви остали производи излазе након истог временског интервала. Карактеристике овог линијског тока су велика подела рада, велика ефикасност због максималног степена искоришћености, мала флексибилност и олакшано управљање.

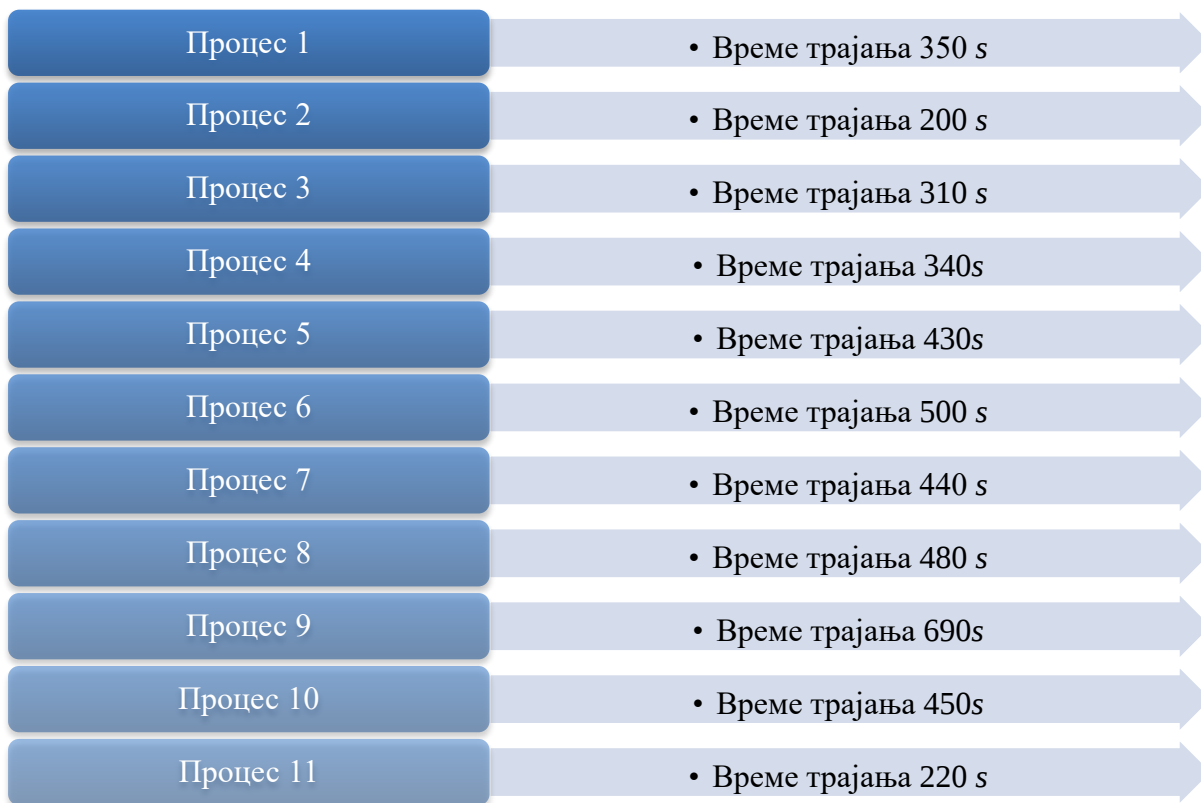
Да би се анализирано постојеће стање и да би се идентификовали проблеми који се јављају у производном процесу биће извршено мапирање процеса. Мапирање процеса је графички приказ корака, догађаја и операција које чине процес и представља прву фазу унапређења производне линије. Мапирање пружа увид у процес и пружа могућност да се размишља о идејама за побољшање процеса, повећање комуникације и пружа неопходну процесну документацију. Мапирањем процеса идентификоваће се уска грла, понављања и кашњења (*Process Mapping, 2018*). У наставку је дат дијаграм тока процеса (слика 19). Алат који је коришћен за мапирање процеса је дијаграм тока процеса. Због приватности предузећа и његових купаца производни процеси и друге пословне тајне неће бити откриване (*Sixsigma Institute, 2018*).

Дијаграм тока за ову производну линију састоји се од 11 процеса који имају велики број операција које су међусобно зависне.



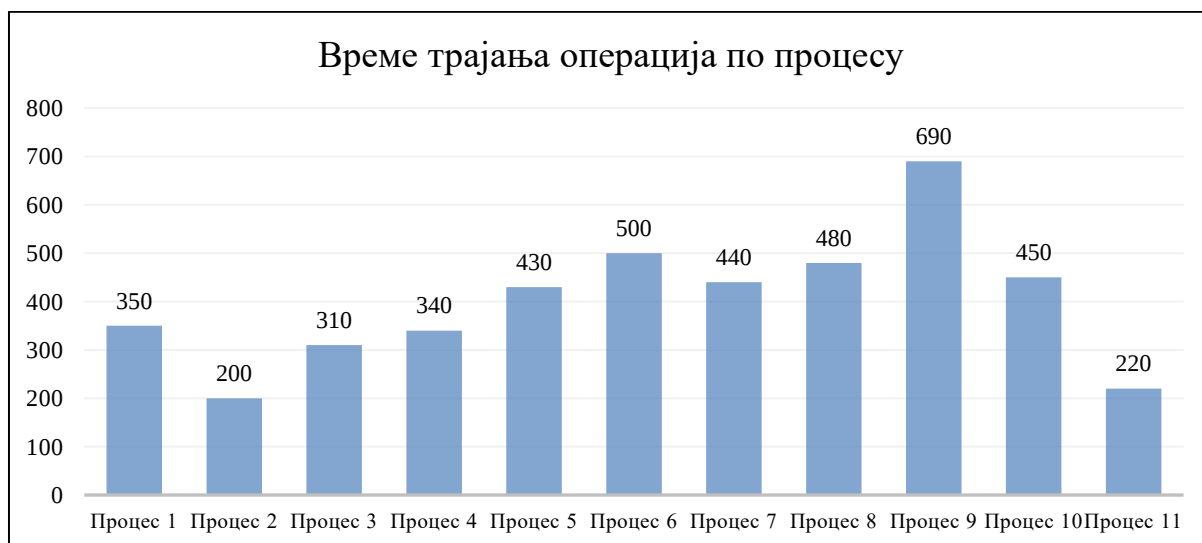
Слика 19. Дијаграм тока

У наставку је дата слика 20 са процесима и временом трајања сваког од њих (циклус трајања операција које карактеришу тај процес). Време циклуса је време потребно за завршетак операције од почетка до краја или просечно укупно време поновног производног процеса или операције. Време циклуса је коришћено да би се измерила времена која су потребна за обављање операције дуж производног процеса и да би се измерило време које је потребно за производњу или производњу једне јединице из производног процеса. У продуктивном процесу укључена су и чекања у току рада између операција, збир операција за додавање вредности и празна времена.



Слика 20. Циклус трајања операција за сваки процес

На основу дијаграма тока и слике са временима направљен је дијаграм који даје бољу визуализацију производне линије и лакшу могућност поређења времена трајања операција по процесу како би се идентификовала уска грла производне линије (слика 21).

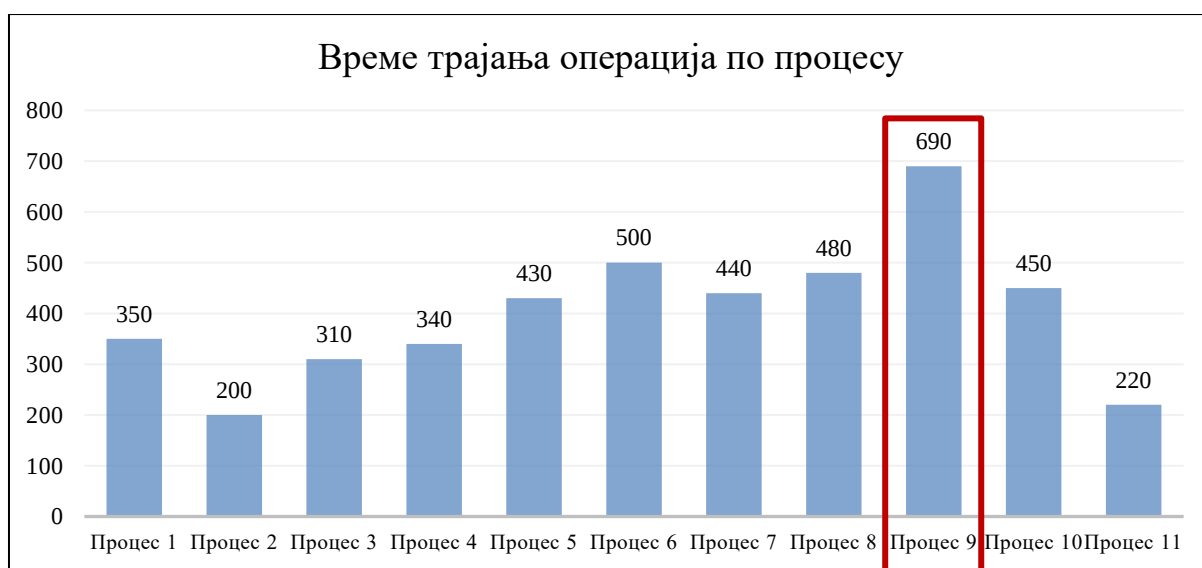


Слика 21. Дијаграм времена трајања операција по процесу

Приликом анализе процеса наведено је време циклуса у тачним јединицама (секунде). Времена која су представљена на дијаграмима добијена су узастопним мерењем времена које протекне од улаза материјала за обраду, до његовог захтеваног стања на излазу процеса. За сваки процес извршено је по десет мерења и на дијаграмима је дата средња заокружена вредност тих мерења. Да би се извршила оптимизација производне линије неопходно је добро познавање производних могућности сваког процеса појединачно, као и времена које је потребно за реализацију операција тог процеса. За добијање дијаграма тока материјала и времена процеса производње коришћени су:

- Шпагети дијаграми;
- Штоперица и
- *Excel*.

Са добијеног дијаграма (слика 22) се може уочити да је један процес врло критичан. Код овог процеса је за производњу једног производа потребно више времена од пројектованог и због тога овај процес представља уско грло целе производне линије.



Слика 22. Уско грло производње

Дијаграм који је претходно описан и који приказује уско грло производње је заједно са свим осталим добијеним резултатима одмах на састанку представљен топ-менаџменту фирме. Након детаљније анализе у којој су добијени конкретни резултати и након дугорочног разматрања представљених проблема, менаџмент је закључио да је ова производна линија од стратешке важности за организацију и да је због тога неопходно да се уклоне постојећи проблеми. Као линија од стратешке важности она захтева значајне ресурсе који су непроменљиви за дужи временски период. Дат је подстицај за још детаљнију анализу сваког процеса, као и проверу постојећег капацитета целокупне производне линије са акцентом на могућим проширењима исте. Овакав исход састанка значио је сигнал за још детаљнију анализу производне линије са акцентом на унапређење квалитета производње, квалитета производног процеса, квалитета финалног производа као и повећање производног капацитета целокупне линије.

Када су уз помоћ претходно поменутих алата (шпагети дијаграм, штоперица и *Excel*) добијена времена, која су потребно за сваки процес, започета је детаљна анализа сваког процеса појединачно. За сваки процес су детаљно анализиране следеће активности:

- Број оператера у процесу;
- Кретања оператера;
- Кретања материјала;

- Операције које додају вредност производу;
- Операције које не додају вредност производу (непотребне операције);
- Ефективност производне опреме;
- Као и потребна времена за све горе наведене ставке.

У овом раду биће анализиран кључни процес (процес 9 - издвојен на дијаграму), који је у истом тренутку и уско грло ове производне линије.

Анализа ове производне линије започета је од пројектованог капацитета. Производна линија је пројектована тако да задовољи потребе производње од захтеваних 22000 производа годишње, од стране купца. Због тога што је капацитет производње познат, следећи корак је био прорачун такта производње.

Време такта = Расположено време за производњу / потребне јединице производње

Табела 2. Прорачун такта производње затеченог стања

Такт тренутног стања		
Количина	22000	про/год
	1833.3	про/мес
	83.3	про/дне
Доступност	90%	
Радно време	480	мин/сме
Пауза	20	мин
Пауза	10	мин
5С и одржавање	10	мин
Доступно време	440	мин/сме
Смене	2	смена/дан
Такт производње	9.504	мин
Такт производње	570.24	сек

Такт производње је максимална количина времена у којем се производ треба произвести да би се задовољила потражња купаца. У складу са тим такт тренутног стања дефинисан је према захтеву купаца. У тренутном стању такт је одмах истакао да се јављају неки проблеми са синхронизацијом између процеса. Ово доводи до закључка да тренутна производња није стабилна и да операције у процесу нису у потпуности уравнотежене.

У табели за прорачун такта производње укључена су следеће активности:

- Количина – Представља количину производа захтевану од стране купаца на годишњем, месечном или дневном нивоу.
- Операција – Представља скуп активности које обавља радник на предмету рада, самостално или у групи, на једном радном месту уз коришћење алата, машина или других помоћних уређаја.
- Доступност - Представања доступност оператера и опреме у производном погону, приказана у процентима. Обично се код прорачуна доступност оператера и опреме претпоставља да је 95%, али је због сигурности претпостављено да је тај проценат нешто мањи и износи 90%.
- Радно време – Представља укупно доступно радно време у једној смени.
- Пауза – Време које оператери или машине не проведу у активном раду у процесу производње. У овом случају постоје две паузе у укупном временском интервалу од 30 мин. Једна пауза за доручак од 20 мин и друга додатна пауза од 10 мин.

- 5S и одржавање – Време које оператери проведу у чишћењу и сређивању радног простора, као и утрошено време на дневно аутономно одржавање. Обично се ово време користи на крају радне смене.
- Смене – Укупан број радних смена у једном дану. У овом случају постоје две радне смене у току дана.
- Доступно време – Укупно расположиво време у процесу производње.
- Такт производње (*Takt Time*) – Укупно време које је потребно да један производ проведе на тој радној станици или у том процесу производње. Такт производње је време које је заједничко (идентично) за све радне станице у производним процесима, и директно је везан за време које је неопходно да се задовоље захтеви купца.
- Циклус производње (*Cycle Time*) – Укупно време које се мери од момента када производ дође на радну станицу, када се обаве све неопходне операције, до тренутка када производ напусти радну станицу. Да би се повећала ефикасност неопходно је да циклусно време буде што је могуће ближе, али увек мање од времена такта производње.
- Проточно време, Време реализације (*Lead Time*) – Укупно време које је потребно да протекне од тренутка када купац наручи производ до тренутка када тај производ добије.
- Уско грло – Представља било који производни процес, радну станицу или операцију која ограничава проток производа кроз производни систем. Битно је схватити да један сат изгубљен на уском грлу је сат изгубљен у целом производном систему.

Као закључак горе приказане табеле може се видети да је захтевано време, које је потребно да би се задовољиле потребе купца, након прорачуна 9,5 минута или 570 секунди.

Дијаграм који је приказан испод (слика 23) користи се као визуелни алат од посебног значаја и прави поређење такта производње са временом циклуса производње. Са истог дијаграма се може уочити да један процес има знатно веће време циклуса од времена такта, па се може закључити да овај процес (процес 9) тренутно не може да оствари захтевано време и количину производње коју диктира купац. Због тога је неопходно да се процес детаљно анализира, да се покрену акције за решавање проблема у овом процесу и да се доведе до нивоа времена које ће задовољити потребе ове производне линије.

Када су добијене врло прецизне информације о захтеваном такту производње и циклусним временима за сваки процес, приступило се детаљнијој анализи критичног процеса, након чега ће се приступити прављењу планова за унапређење тог процеса.



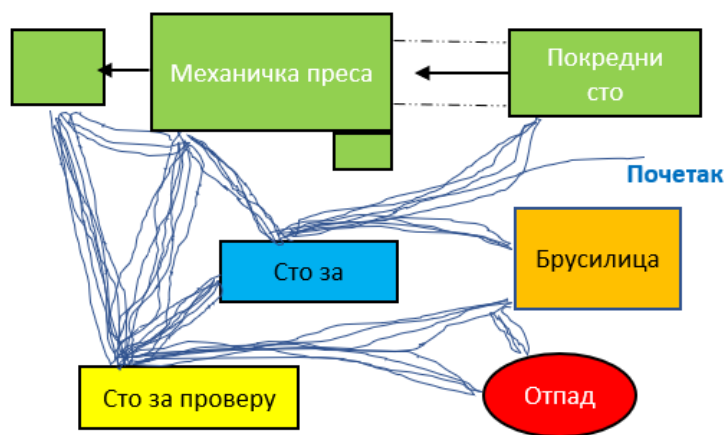
Слика 23. Дијаграм времена трајања операција и такта производње

3.1.1 Анализа Процес 9

У производној линији која је анализирана, девети процес представља највећи, а самим тим и најсложенији процес ове производне линије. Он се састоји из пет мањих производних целина. Свака од ових целина се састоји из више радних станица на којима се обавља велики број производних операција. На укупно време које је потребно за извођење производних операција највише утичу ток материјала кроз производни процес, кретање људи кроз производни процес и брзина рада оператера за обављање операција.

3.1.1.1 Ток материјала

Анализа тока материјала кроз девети производни процес рађена је уз помоћ Шпагети дијаграма и штоперице. Шпагети дијаграм представља веома користан *Lean* алат који се користи за детаљан приказ реалног процесног тока (кретање људи и материјала) и растојања укључених у процес рада (слика 24). Кључна реч је стварног стања, а не оно што би требало бити или оно што се замишља да јесте. Он нам даје јасну слику *lay out* процеса, путање кретања људи и материјала у том процесу. Уз његову помоћ откривамо неефикасне распореде и врло лако откривамо велике раздаљине кретања између кључних корака у процесу. Можемо да идентификујемо неке од извора проблема као што су застоји, велика растојања, непотребна кретања као и друге врсте расипања у процесу.

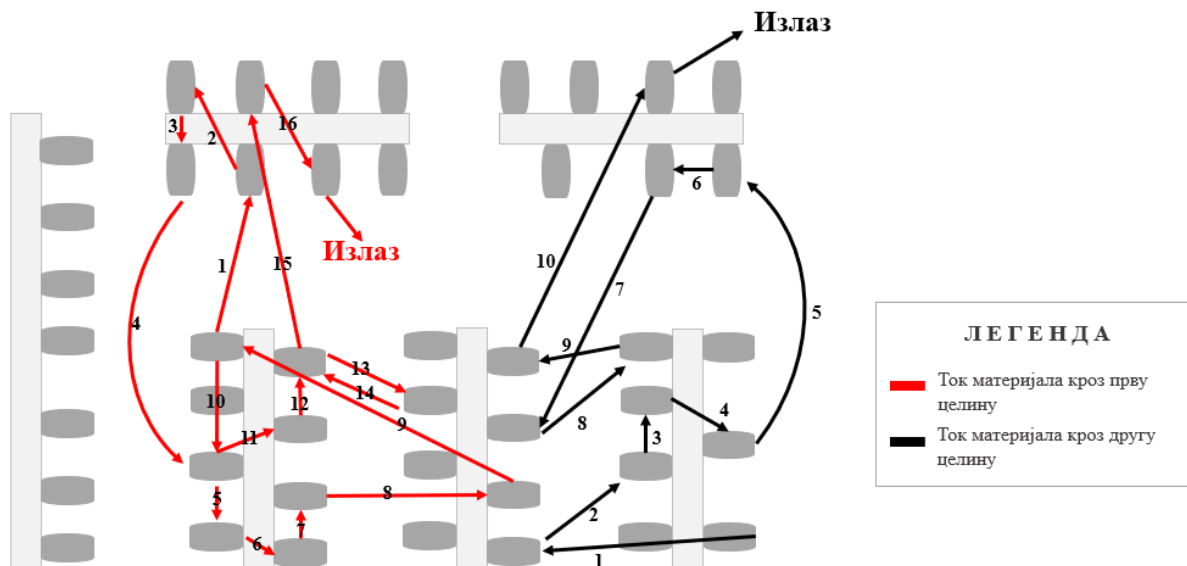


Слика 24. Пример шпагети дијаграма

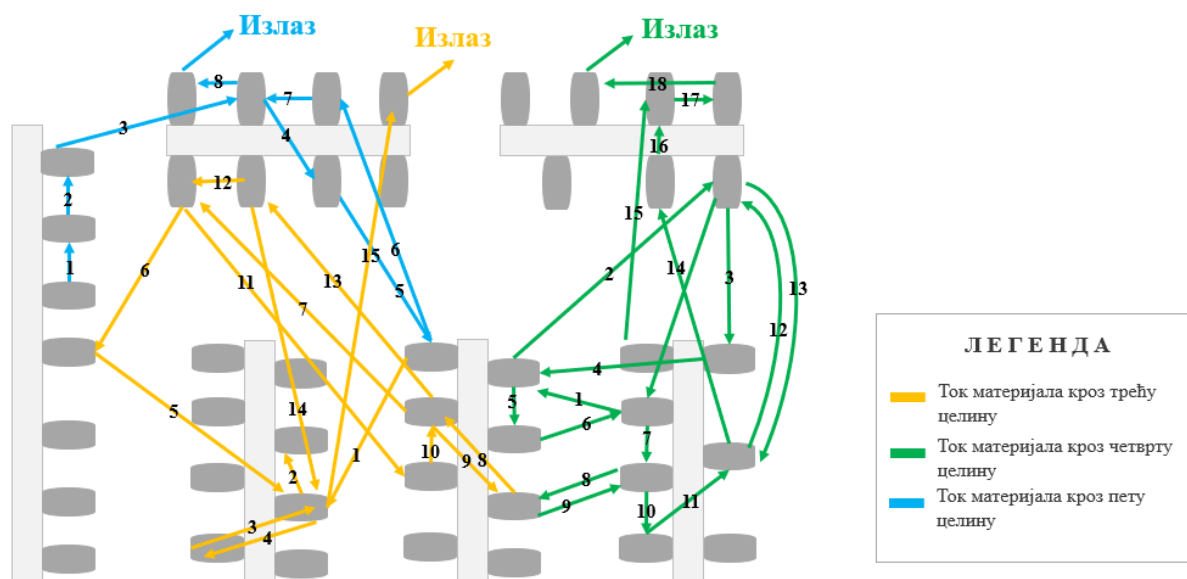
Након што се уз помоћ визуелног приказа и измереног времена открију сва расипања у производном процесу, износе се решења и покрећу се акције које ће помоћи да се те несавршености процеса уклоне и да се самим тим побољша процес. Приликом покретања акција за унапређење процеса, треба тежити ка томе да се минимизују покретања и заустављања, застоји, непотребна кретања људи и материјала, превелика растојања као и друге типове расипања који не додају вредност производу. Када се акције спроведу, потребно је проверити ефикасност предузетих акција и поново проверити квалитет производног тока, такође уз помоћ Шпагети дијаграма. Овај нови дијаграм требало би сада да показује континуалан, убрзан, директан и ефикасан производни ток. Ако се након провере открију неке несавршености процеса, поново се покрећу акције за њихово унапређење и тако све у круг, докле год се процес не доведе у неко стање савршеног функционисања.

У наставку рада биће приказан *lay out* сваке од пет целина у овом производном процесу са детаљним приказом тренутног тока материјала. Анализа је рађена уз помоћ Шпагети дијаграма, али због боље прегледности дијаграми су исцртани у *Excel office* програму. Поступак за цртање Шпагети дијаграма захтевао је посматрање радног тока,

идентификацију радних тачака и коришћење линија за повезивање да би се показао реални ток процеса. За идентификацију радних тачака посматране су ствари које су постављене у радном простору, као и материјали, људи и информације који се крећу како би извршили операције током просечног радног дана. Ове радне тачке су кључне на мапи процеса где се одвијају процесне активности. Када су тачке идентификоване следећи корак је био укључивање детаља о томе како се ствари крећу са процесом од једне тачке до друге. Зато су нацртане линије које повезују ове радне тачке. На наредним сликама дат је Шпагети дијаграм за свих пет целина.



Слика 25. Шпагети дијаграм тока материјала за прве две целине



Слика 26. Шпагети дијаграм тока материјала за трећу, четврту и пету целину

У опису 9 производног процеса обављена је детаљна анализа тока материјала кроз сваку од пет производних целина. Са дијаграма који су представљени изнад (слика 25 и слика 26) визуелно се могу уочити два битна проблема која се јављају у кретању материјала у процесу производње. Први проблем односи се на то да се материјал не креће само кроз једну линију (што би био идеалан случај), већ да се поједини материјали крећу чак и кроз четири линије, што се негативно одражава на ефикасност производње. Други проблем се директно надовезује на први, јер оваквим распоредом линија и машина, очигледна су превелика и предугачка кретања материјала између радних станица. Иако су у самом раду

процеса јасно дефинисани улази и излази материјала поставља се питање због чега они нису усклађени и поједностављени. Још једна ствар која је јасно уочљива са претходно приказаних дијаграма је та да постоје машине на линијама које се не употребљавају чиме се директно утиче на смањење искоришћења производних могућности.

3.1.1.2 Кретање људи кроз производни процес

Оператери на овим радним станицама изводе једну или више радних операција, у зависности од типа и тежине радне операције. Веома је битно да се каже да су оператери, пре него што су започели рад у производној линији, морали да прођу одговарајуће типове обука, тестова као и практичне тренинге. Тек након што је њихово усмено као и практично знање проверено, од стране тренера и лидера те производне линије, они су стекли право да приступе на своја радна места и да обављају задатке који су им додељени (слика 27).



Слика 27. Обука оператора

Оператери се распоређују на радне станице у процесу на основу искуства, компетентности и реалним потребама оператора за радом на тој одговарајућој станици.

Њихов рад у производној линији, додатне обуке, тренинге као и провере рада прате лидери и тренери. На основу тога лидери и тренери оцењују рад сваког оператора понаособ (слика 28). Сваки лидер је одговоран за свој производни процес и дужан је да врши сталне провере својих оператора као и да попуњава документ процене вештина радника. Овај документ је јасно приказан на сектору и доступан је свима, тако да свако у било ком тренутку може да види компетентност сваког радника за операције које обавља.

Процена вештина радника

Датум	ВЕШТИНЕ Линија: Производни процес:	Подешавање машине	Провера рада машине	Пуштање машине у рад	Читање радног налога	...	...	...	...	...
	Име и презиме радника									
1		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
2		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
3		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
4		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
5		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
6		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
7		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕

Слика 28. Пример документа процене вештина радника

Критеријуми за оцену вештина:

- Празан круг - Нема знање и није укључен у обуку.
- Попуњена једна четвртина круга - Укључен у обуку и развој основних вештина за обављање задатака.
- Попуњене две четвртине круга - Може да изврши задатак са минималним тренирањем, али још увек захтева праћење и преиспитивање.

- Попуњене три четвртине круга - Може да изврши задатак без надзора и разуме не само како, већ и зашто и када.
- Попуњен пун круг - Може да учи и тренира друге.

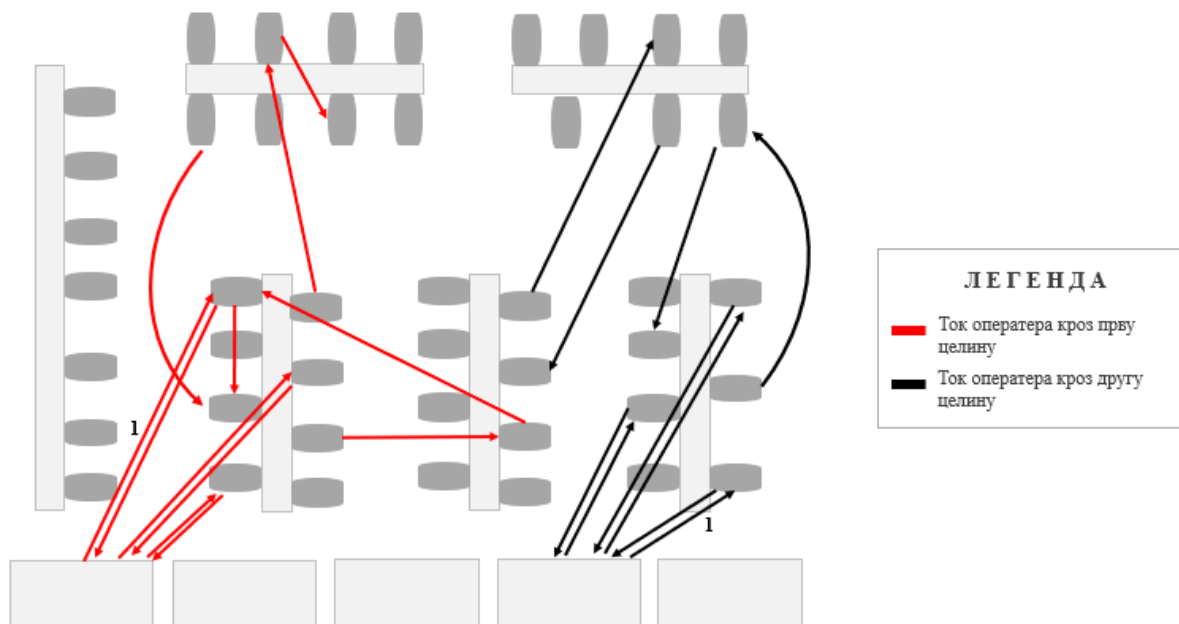
... пре него што израдимо аутомобил, ми израђујемо људе.

- Kiichiro Toyota

На основу овога долазимо до закључка да су људи веома битни за овај начин производње, односно за *Lean* производни концепт. Веома је битно схватити да компанија која инвестира у обуке и у образовање својих запослених, она тако покреће и реализује промене у правом смеру. Такви прави људи ће учинити све што је у њиховој моћи да изграде велику и успешну компанију.

Најспорији радник често диктира излаз линије и стопу производње поред утицаја и контроле радних станица са најдужим временом обраде материјала. На радним станицама оператери седе или стоје у зависности од саме операције. Више пута у току дана оператер понавља задатак на својој радној станици и када изврши тај задатак, материјал се даље преноси до следеће радне станице и до следећег оператера који треба да одради следећи задатак. Већина оператера остаје на радној станици са фиксним положајем, док се поједини оператери крећу између радних станица.

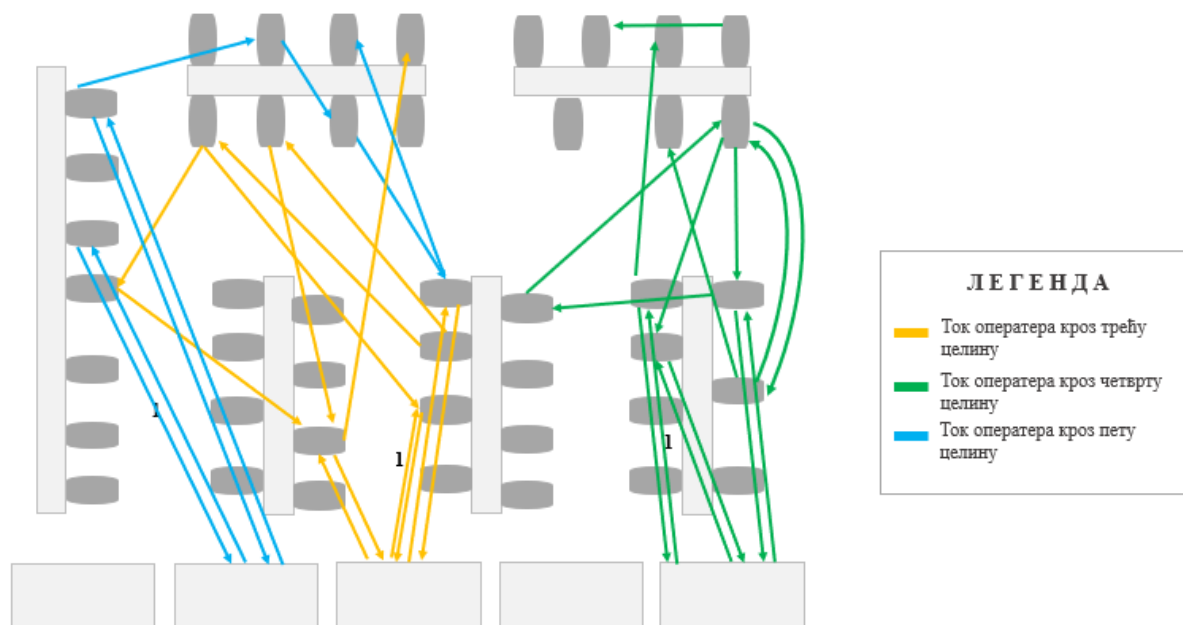
Анализа кретања оператера кроз производни процес рађена је исто као анализа кретања материјала, уз помоћ Шпагети дијаграма и штоперице. Исцртана су кретања сваког оператера понаособ и измерено је време које је потребно за то кретање. Уз помоћ анализе тока материјала, лако су уочена кретања оператера. На сликама испод, приказани су Шпагети дијаграми кретања оператера за девети производни процес који се састоји, као што је већ речено из пет целина (слика 29 и слика 30).



Слика 29. Шпагети дијаграм тока оператера за прве две целине

Са дијаграма се може уочити да је кретање оператера директно зависно од кретања материјала кроз производни процес. Што би значило да ако се ток материјала реорганизује и упрости, самим тим може да се побољша ток кретања оператера, да се скрати путања њиховог кретања, као и време кретања. Потребно је да се процес организује тако да кретање оператера буде коришћено само тамо где је то заиста неопходно, као и да то кретање буде што краће. Током анализе се може врло лако израчунати и да ли је број оператера за

извођење потребних активности адекватан или постоји већи број оператора, него што је заиста потребно. Са дијаграма се може закључити да су кретања оператора предугачка, да нису јасно дефинисане руте кретања, већ се оператори крећу по потреби, од једне до друге радне станице, да би поспешили ток кретања материјала, као и да постоји велики број непотребних кретања и губитака у времену.



Слика 30. Шагет дијаграм тока оператора за трећу, четврту и пету целину

У ових пет производних целина које су анализирале ради 11 оператора који се баве припремом материјала за производне целине у деветом процесу, пуњењем и пражњењем производних линија, а поред тога пружају помоћ код кретања материјала тамо где радне станице нису једна до друге, као и помоћ уколико оператори имају неких проблема са материјалом. Подела оператора који раде припрему извршена је на следећи начин:

- Линија 1 - 3 оператора у првој смени;
- Линија 2 – 2 оператора у првој смени;
- Линија 3 – 2 оператора у другој смени;
- Линија 4 – 2 оператора у другој смени;
- Линија 5 – 2 оператора у другој смени.

Радници раде у две смене, што би значило да у првој смени ради четири оператора, а у другој смени ради шест оператора. Укупан број оператора који раде припрему материјала у деветом производном процесу је 11.

У производним системима време је новац. Сви елементи процеса доприносе укупном циљу смањења трошкова и повећању вредности производа. Када се своди на то, читав процес усредсређује се на продуктивност појединаца и на лакоћу и ефикасност посла који се од њих траже. *Lean* се не односи на смањење радне снаге, већ повећање ефикасности и продуктивности радне снаге. Узимајући детаљан преглед производних линија на овом нивоу може да се уштеди време, што је новац (*Industry Today*, 2017).

3.1.1.3 Балансирање линије

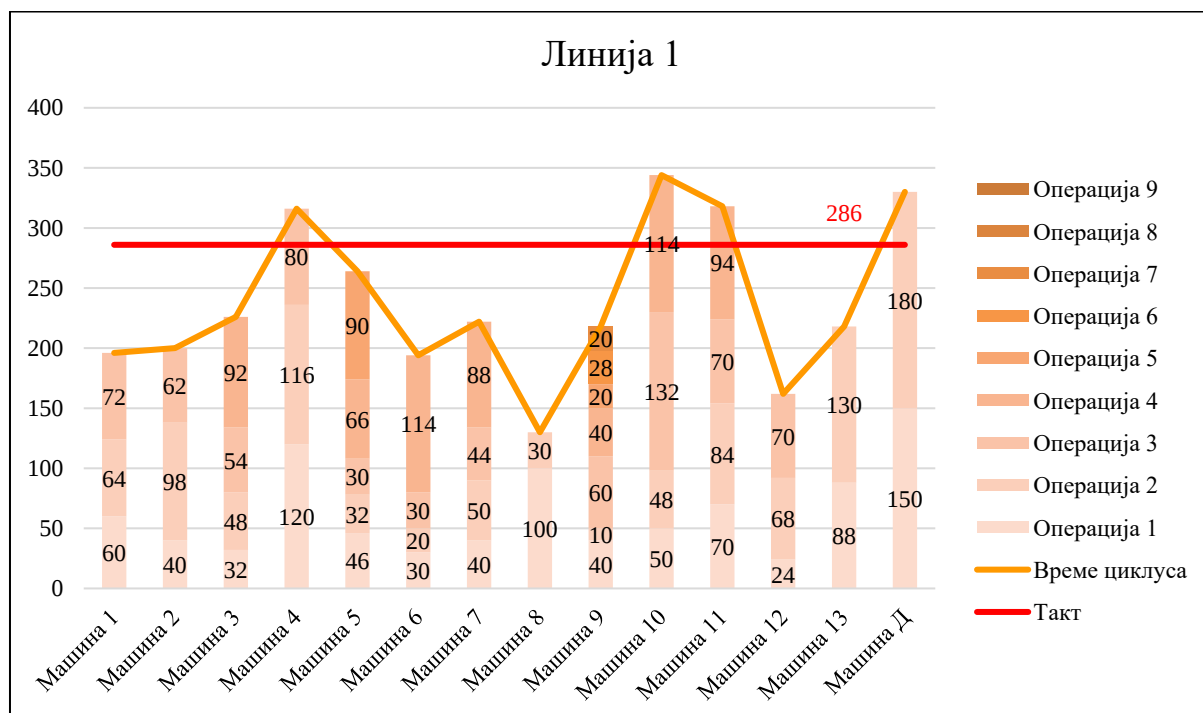
Балансирање линије врши изједначавање радног оптерећења на свим радним станицама, а самим тим и у свим производним процесима како би се уклонила уска грла и вишак капацитета. Уска грла и вишак капацитета успоравају производни процес. Као резултат уских грла долази до чекања на извршавање операција на следећим радним станицама, а као резултат вишка капацитета долази до увећања фиксних трошкова (*Six Sigma Material*, 2017).

Стандардне радне операције су операције којих се сваки оператер сваког дана треба придржавати како би производна линија исправно функционисала. Стандардне радне операције обезбеђују способност и поновљивост процеса, контролу процеса на извору, а поред тога унапређују тачност планирања, боље поштовање планова, смањењу трошкове, побољшавају квалитет, дајеу увид за спровођење обука где је она неопходна и извор за стално побољшавање (*Beyond Lean*, 2017). Поштовање и спровођење стандардних радних операција је један од главних услова за успешност балансирања линије.

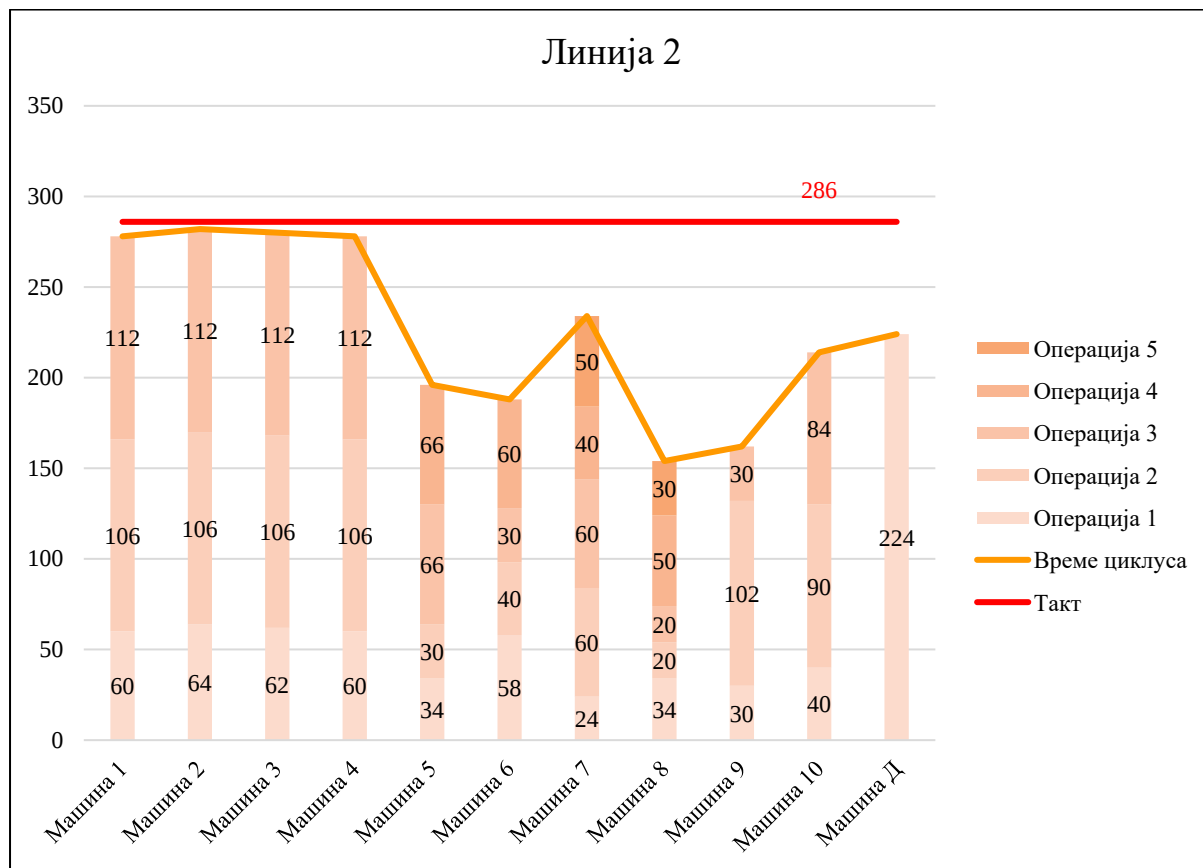
У наставку су дати дијаграми тренутног баланса линије за девети производни процес који се, као што је речено, састоји из пет целина. На дијаграмима је приказано време за обављање операција на свакој радној станици. Свака радна станица се састоји од машине и оператера који обавља задате радне операције. У овом производном систему сваки радник обавља више операција што је на дијаграмима представљено различитим бојама. Треба нагласити да на свакој машини у овом производном процесу ради по један оператер. Што значи:

- Линија 1 има 14 машина = 14 оператера у првој смени (слика 31);
- Линија 2 има 11 машина = 11 оператера у првој смени (слика 32);
- Линија 3 има 14 машина = 14 оператера у другој смени (слика 33);
- Линија 4 има 10 машина = 10 оператера у другој смени (слика 34);
- Линија 5 има 8 машина = 8 оператера у другој смени (слика 35).

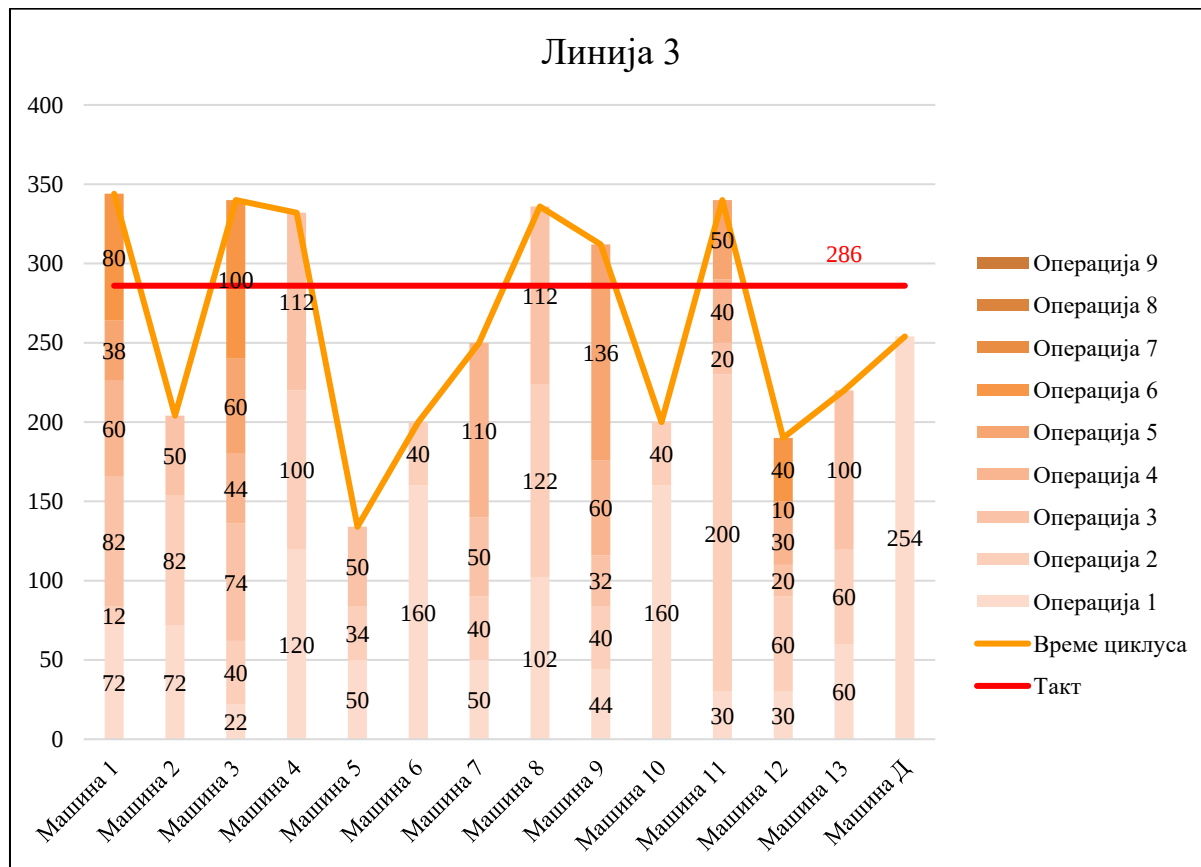
Радници раде у две смене, што би значило да у свакој линији у току прве смене ради 25 оператера, а у току друге смене 32 оператера. Укупан број оператера који ради у деветом производном процесу је 57.



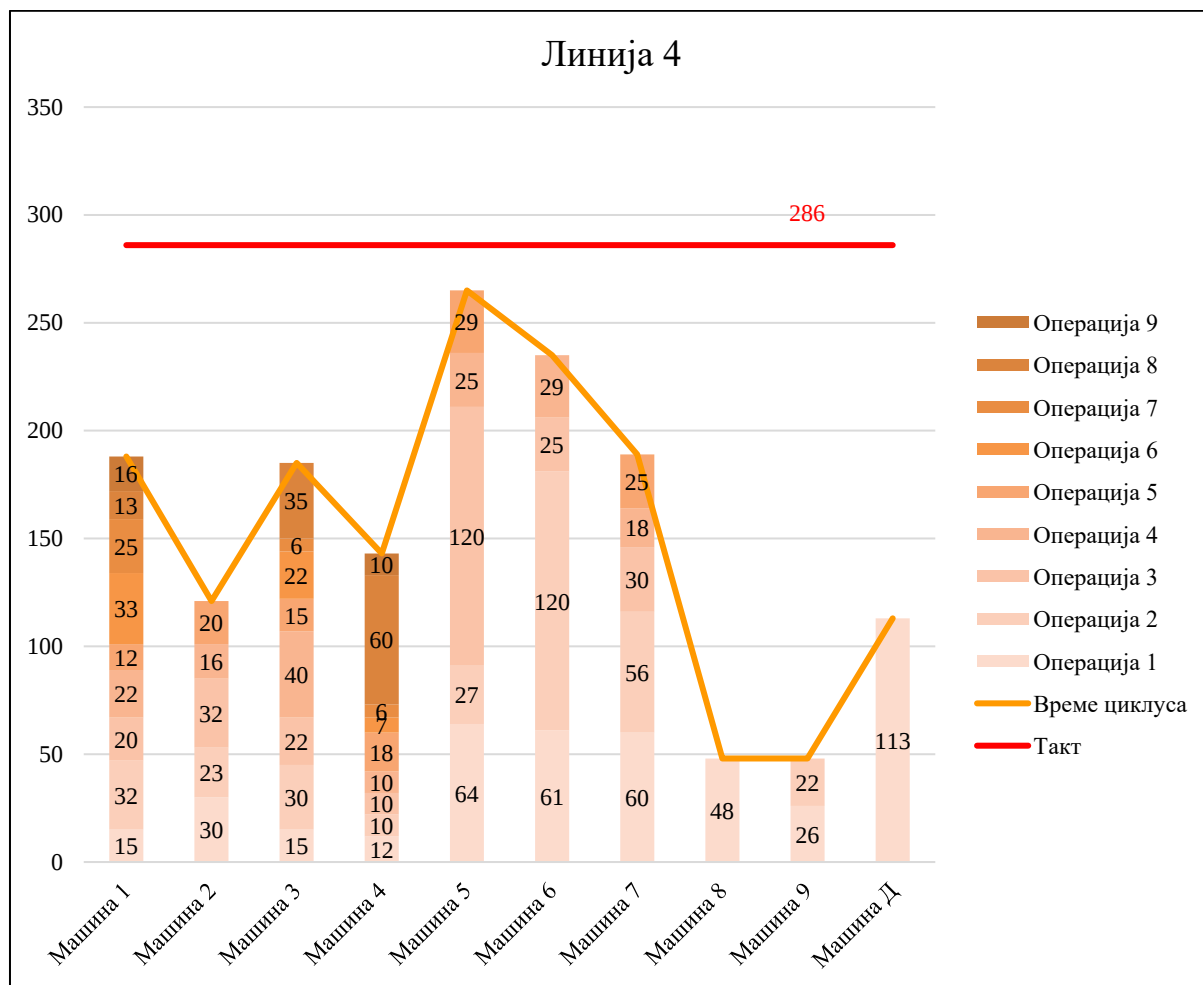
Слика 31. Графикон балнса линије деветог процеса прве целине



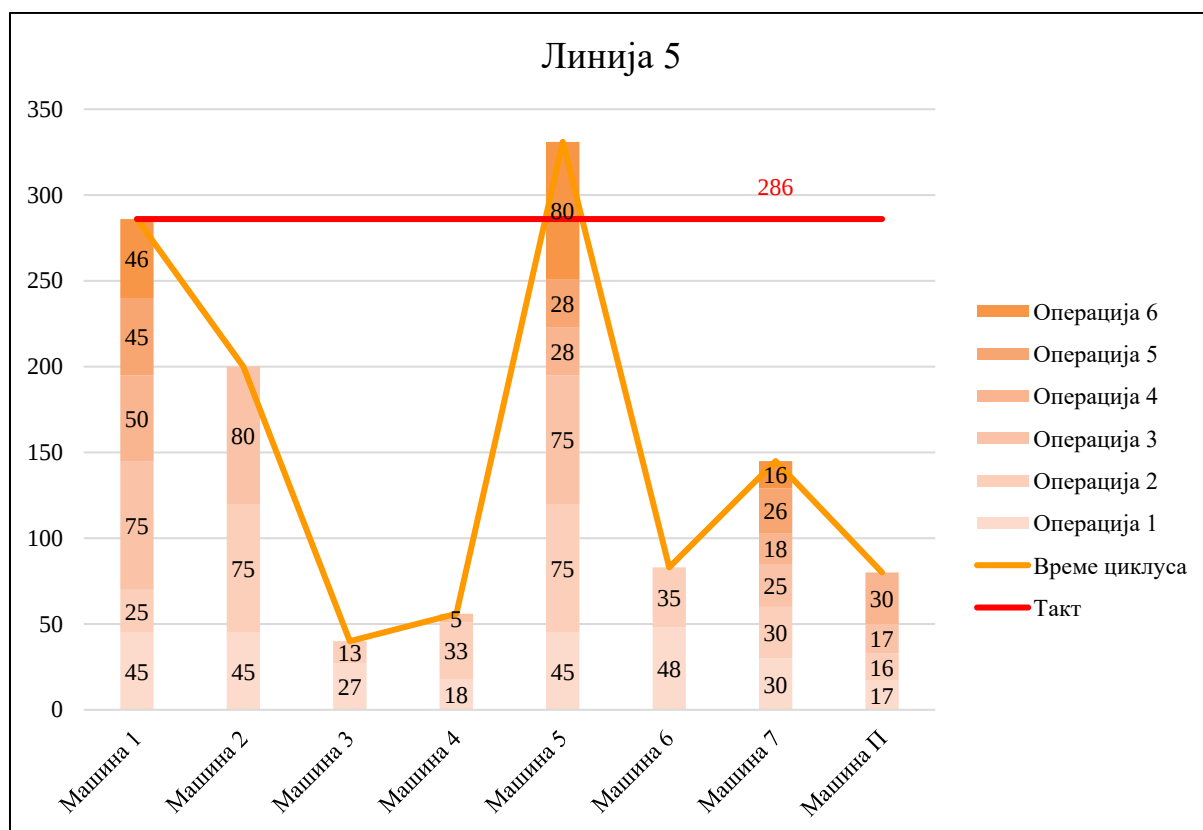
Слика 32. Графикон балнса линије деветог процеса друге целине



Слика 33. Графикон балнса линије деветог процеса треће целине



Слика 34. Графикон балнса линије деветог процеса четврте целине



Слика 35. Графикон балнса линије деветог процеса пете целине

Са приказаних дијаграма се може видети да постоје целине које премашују захтеване вредности такта. Од пет линија које карактеришу девети процес, у свакој од линија постоји једна или више радних станица које знатно превазилазе циљне вредности такта. На основу ових дијаграма тренутног стања баланса линије идентификовано је више уских грла у производном процесу. Наиме, на радним станицама постоје оператери који су преоптерећени радним задацима и због тога долази до незадовољавања потребе производње. Са једне стране постоје оператери који су преоптерећени радним задацима, док са друге стране постоје оператери који нису довољно оптерећени и који имају доста слободног времена.

Висока продуктивност почиње од доброг планирања балансирања производне линије. Добро разумевање динамичке природе балансирања производне линије ће повећати одзив на многе прекиде који се јављају свакодневно. Због тога је неопходно спроводити балансирање у најкраћем могућем року како би се осигурало да продуктивност није угрожена (*Lean Sigma Institute*, 2010). Најзначајнији резултати који се могу постићи балансирањем линије су:

- Сви раде исти посао;
- Сви раде исту количину посла према захтевима купца;
- Не постоје варијације у процесу;
- Нико није преоптерећен;
- Нико не чека;
- Сви раде на балансиран начин.

3.1.1.4 Ефективност производне опреме

Са дијаграма тока материјала и са дијаграма кретања оператора јасно је уочено да у току ових кретања постоје машине које се у првој смени користе, а у другој не и обрнуто. У првој смени раде две целине у деветом производном процесу, а у другој смени раде три целине. У току обе смене постоје машине које се користе само у једној смени, а постоје и машине које се користе у обе смене. Што значи да искоришћеност машина није једнака. То ствара директан губитак у искоришћену производних капацитета и у табели 3 представљена је искоришћеност машина у деветом производном процесу.

Табела 3. Распоживост производне опреме затченог стања

	Смена 1	Смена 2
Доступне машине	45	45
Машине у употреби	27	32
Искоришћеност	60%	71.11%

Распоживост опреме је дефинисана као временски степен искоришћења које опрема проведе у раду.

За овај производни процес искоришћеност машина у једној смени је 60 %, а у другој 71 %, што значи да компанија не користи своје производне капацитете у потпуности. Претпоставка је да производна линија није организована на прави начин. Линија је организована овако јер се сматрало да смањеним бројем операција по радној станици се убрзава и олакшава процес производње. Још један од разлога због кога је линија пројектована на овај начин је бржа и лакша манипулација материјалом унутар линија и мања могућност за грешком (могућност мешања материјала унутар производних линија).

Најзначајни показатељ перформанси производње је ефективност производне опреме (ОЕЕ). Термин ефективности се често „меша“ са термином ефикасности, а потребно је нагласити да постоји велика разлика између ова два термина. На пример: Ако је потребно да се неки кревет однесе на пети спрат за пет минута, а он се однесе за четири минута, али

у погрешан стан, ми смо 100% ефикасни, али уопште нисмо ефективни. Закључак је да се ефективност фокусира на крајњи резултат, а ефикасност се односи на начин на који се ствари обављају. Ефикасност је увек битна, али је потпуно небитна ако се користи на погрешним местима.

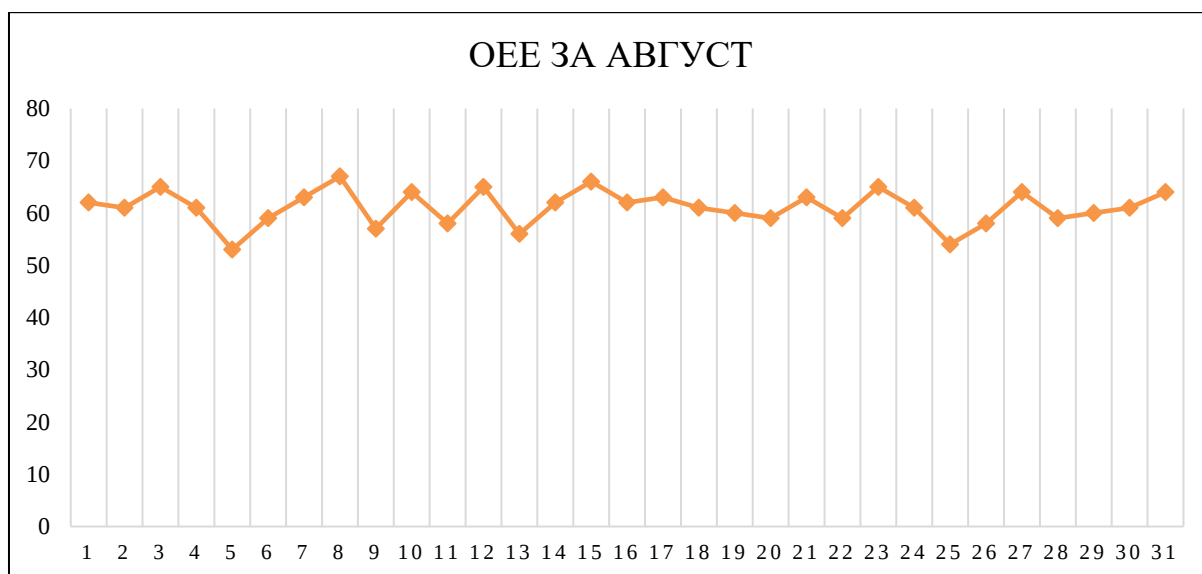
У наставку ће бити приказана ефективност производне опреме у деветом производном процесу. Ефективност производне опреме ће се приказати као однос стварног радног времена и укупног доступног времена:

$$OEE = \frac{\text{Корисно време у раду}}{\text{Укупно доступно време производње}} \cdot 100\%$$

Разлика између укупно доступног радног времена и стварног времена производње су губици. У наставку је дата табела 4 која показује тренутно стање деветог производног процеса.

Табела 4. Пример прорачуна OEE-а за дати производни процес

Смена	1
Радно време	8
Радно време (мин)	480
Паузе	30
5С и одржавање	30
Укупно доступно време	420
Доступност	88%
Расположиво време рада опреме	420
Стварно време рада опреме	370
Перформансе	70%
Пројектовано време производње	570
Стварно време производње	812.90
Квалитет	94%
Укупно произведено	33
Добри комади	31
OEE	58%



Слика 36. Месечни резултати OEE-а

На основу претходног (слика 36) може се закључити да је укупна ефективност производне опремене око 60%, што говори да постоји простор за оптимизацију и унапређење ефективности производне опреме. У производном процесу постоји доста расипања на које се може утицати у циљу побољшања производног процеса и у следећој тачки у којој ће се разматрати унапређење деветог производног процеса биће представљени начини на које је та унапређења могуће постићи.

У наставку је дата табела 5 која приказује вредности сваког појединачног параметра који утиче на ОЕЕ, као и вредност укупне ефективности производне опреме који представља стандард такозване светске класе циљева.

Табела 5. Циљне вредности параметара ефективности

Параметар	Циљ компаније светске класе
Расположивост опреме	90%
Искоришћење перформанси опреме	95%
Степен квалитета производа	99.90%
ОЕЕ	85%

Сви велики произвођачи задају високе циљеве перформанси својих производних погона што уједно представља и циљ који ова компанија тежи да постигне у блиској будућности.

3.1.1.5 Операције које додају вредност производу и операције које не додају вредност производу

У сваком процесу постоје три основне активности, оне које додају вредност производу, и које је купац спреман да плати, које не додају вредност али су неопходне и оне које не дају вредност и потребно их је одмах елиминисати. Све три активности користе време и троше новац, а само једна од њих зарађује новац (слика 37).



Слика 37. Расподела операција вредности

При детаљној анализи сваке производне линије, сваког процеса па и сваке операције (активности) појединачно, потребно је јасно дефинисати у коју групу од ове три горе наведене она спада. Да би се то утврдило на најлакши начин, коришћен је *Lean* начин размишљања (слика 38).

Потребно је створити систем који се врти око купца. Систем треба да буде створен са идејом да кроз оптимизацију процеса омогући јефтин производ, на време и са најбољим

могућим квалитетом. Да би се створио овакав систем производње неходно је успоставити непрекидан процес системског идентификовања и отклањања сувишних појава у производним процесима, тј. потребно је елиминисати све што не представља вредност из перспективе купца. Тиме се значајно редукују трошкови и омогућава се постизање малих али дугорочних финансијских користи које представљају кључ за постизање великих резултата. Све активности у предузећу које је купац спреман да плати, односно активности које трансформишу производ означавају се као активности које додају вредност производу, у супротном сматрају се непотребним губитком времена и ресурса.



Полуиспуњена чаша?

Песимиста: Чаша је полупразна!

Оптимиста: Чаша је полупуна!!

Лин размишљање: Зашто је чаша толико велика?!

Превелика чаша = губитак, отпад, расипање !!!

Слика 38. Пример Lean начина размишљања

Током анализе процеса откривене су многе активности које директно узрокују слабе перформансе ове производне линије. Уочено је доста активности које не додају вредност производу и представљају чист губитак за ову компанију, и из тих разлога, одмах се приступило анализи и отклањању откривених проблема.

Поред већ поменутих проблема са прекомерним кретањем оператера и материјала у процесу, проблемима са неуравнотеженом производњом, откривени су и други проблеми. Један од тих проблема је претерана производња.

Поред проблема са неуравнотеженом производњом, један од главних узрока непотребних расипања је претерана производња (слика 39). Разлог овог проблема је што линија не функционише као једнокомандујућа производна линија, због тога што се при појави неког проблема у производном процесу (шкарта, застоја на машини, недостатка неког материјала и итд...), поједине машине користе, док друге не. Након тога у процесу се јавља вишак или мањак материјала на радним станицама, грешке услед миксовања материјала, непотребно кретање материјала, непотребно кретање радне снаге, непотребно искоришћење не предвиђених ресурса или не предвиђеног простора, лош такт производње, и други проблеми. Сви претходно наведени проблеми у производном процесу касније су довели до прекомерних залиха, а крајњи резултат је непотребно улагање и трошење кључног ресурса, а то је капитал.



Слика 39. Резултат прекомерних залиха

У овом производном процесу уочени су и други губици као што су чекања, честа започињања и прекидања рада, велика растојања између радних станица, непотребан

транспорт који у суштини увек представља расипање, доста ситних али и крупних преправки које касније за собом повлаче и честа сортирања и непотребне провере готових и полуготових производа како у нашој фабрици тако у најгорем случају и код нашег купца.

Из свих наведених проблема који се јављају неки у већој, а неки у мањој мери, у различитим процесима производње, може се закључити да један недостатак води другом и као кула од карата за врло кратко време процес може бити веома пољуљан, ако не и трајно нарушен а са њиме и цела производна линија. Из тог разлога у *Lean* концепту производње постоји нулта толеранција било којих недостатака који воде нарушавању целокупне идеје успешног тржишног пословања. Управо због тога *Lean* инсистира на сталном унапређењу, елиминисању свих недостатака и свих празних ходова, без изузетака у свим производним процесима. Такође инсистира и на првобитном правилном извођењу сваке продуктивне активности. У *Lean* -у нема понављања, нема поправки, нема грешака, све мора да функционише беспрекорно у правом тренутку. Зато је од највећег значаја не само препознати проблем у производном процесу, већ и његову позадину - узрок.

У наредном делу рада, биће дати предлози и решења за отклањање ових проблема и приказаће се крајњи резултати спроведених акција.

3.2 Акције унапређења производног процеса

Након што је детаљно анализирано тренутно стање деветог производног процеса, приступило се планирању и спровођењу акција за унапређење и отклањање губитака. Сви предлози као и спроведене акције које су усвојене од стране руководства компаније биће наведене и објашњене у наставку рада.

Први, а уједно и најсложенији проблем који је потребно отклонити, јесте креирати континуални ток, производњу без застоја и одржати такт производног процеса сталним. На основу информација о времену свих операција у процесу, информација о броју оператера, њиховој обучености, о неопходној опреми и алатима за рад, доступном простору, приступило се детаљној анализи. Дошло се до закључка да постоји потреба за креирањем новог распореда машина (*layout*) у процесу, као и новог распореда операција на радним станицама. Разлог овог решења је зато што се приликом анализе утврдило да постоје значајни губици који су настали као узрок рада процеса у две различите смене (у једној смени раде две линије, а у другој три). Овакав рад узрокује губитке у процесу производње као што су:

- Минимум 15 па чак и до измерених 35 минута приликом пуњења и пражњења производних линија;
- Честа започињања и стајања;
- Настанак прекомерне производње у производном процесу;
- Често миксовање материјала;
- Настанак шкарта у производњи;
- Немање правог увида у фазе обраде материјала.

Приликом израде новог распореда машина неопходно је водити рачуна о томе ко изводи предвиђену операцију, како је изводи, где је изводи, у ком тренутку и колико дуго. Такође треба водити рачуна да оператери не буду преоптерећени бројем операција које изводе, као и да ток материјала између радних станица буде што краћи.

Анализу нове производне линије започињемо исто од капацитета. Производна линија се пројектује тако да задовољи нове потребе производње од захтеваних 27000 производа годишње, повећана потражња од стране купца, као што је већ поменуто у раду. Због тога што је познат капацитет, прорачунат је нов такт производње.

Време такта = Расположено време за производњу / потребне јединице производње

Табела 6. Прорачун такта производње жељеног стања

Такт жељеног стања		
Количина	27000	про/год
	2250.0	про/мес
	102.3	про/дне
Доступност	90%	
Радно време	480	мин/сме
Пауза	20	мин
Пауза	10	мин
5С и одржавање	10	мин
Доступно време	440	мин/сме
Смене	2	смена/дан
Такт производње	7.744	мин
Такт производње	464.64	сек

Одмах након израчунавања захтеваног такта, потребно је израчунати оквиран број оператера који је потребан за производњу захтеваног броја производа, а да се при том обавезно задовољи нови такт производње који у нашем случају износи 465 сек. Ово смо успели да прорачунамо уз помоћ информација о укупном времену операција које смо добили мерењем свих операција у овом производном процесу (табела 7).

Табела 7. Прорачун потребног броја оператера за дати процес

	Тренутан бр. оператера	Укупно време операција	Оквиран бр. оператера по смени	Оквиран бр. оператера по смени	Разлика у бр. оператера
Линија 1	14	3338	6.7875	7	Нема разлике
Линија 2	11	2490	5.1875	6	Потребан 1
Линија 3	14	3656	7.616666667	8	Потребна 2
Линија 4	10	1535	3.197916667	4	Вишак 2
Линија 5	8	1221	2.54375	3	Вишак 2

Након ове анализе, неопходно је нагласити да је ово теоријски број неопходних оператера потребних да задовоље потребе производње овог производног процеса. Теоријски број се може разликовати од реалног броја, више или мање (најчешће не би требало бити већих одступања), а реалан број се може добити тек након завршетка расподела операција, анализе потребних машина и алата, и креирања тока производње.

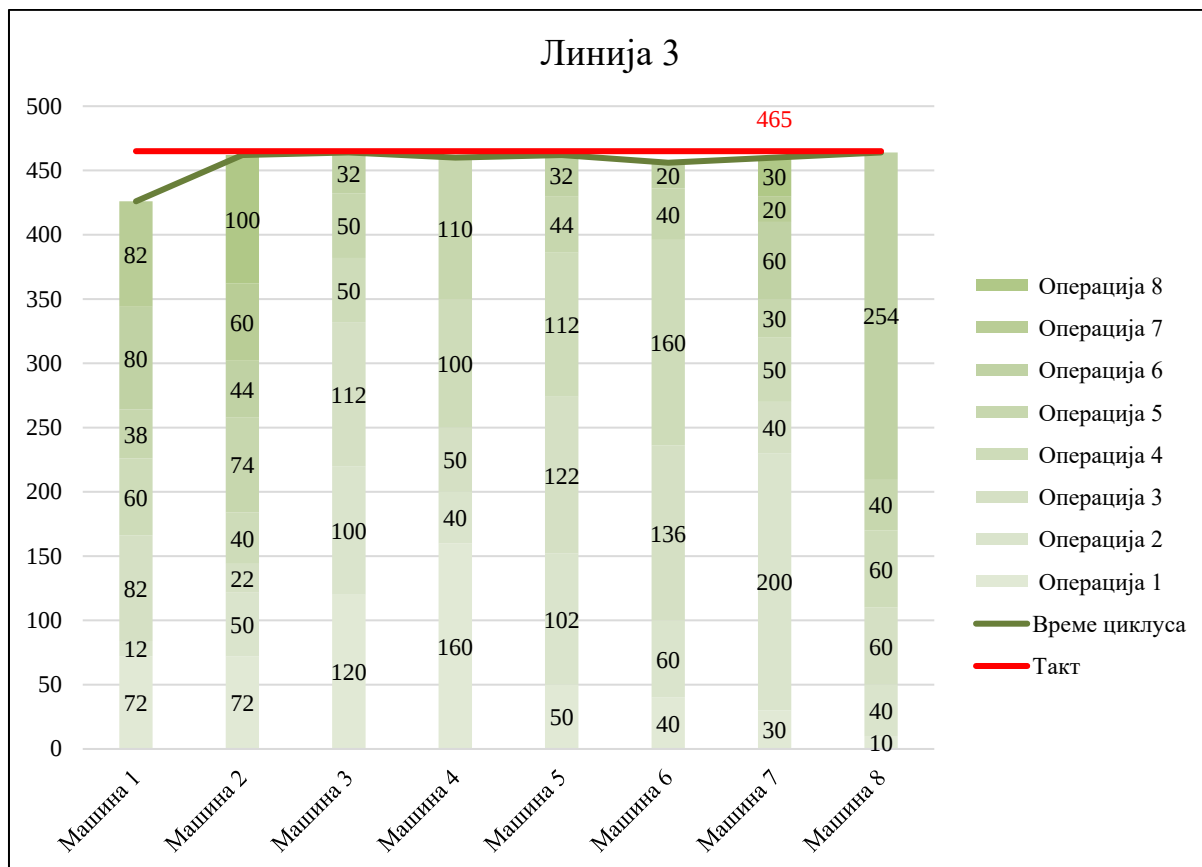
Приликом почетка балансирања производње треба имати за циљ да се створи уравнотежена производња без или са минимално дневних, недељних или месечних варијација. Током расподеле операција мора се обратити пажња да свака радна станица буде равномерно оптерећена, захтевима сложености операција као и временом које је потребно утрошити за извођење истих, са главним циљем да се предвиђени такт производње никако не премаши. Поред овог важног захтева неопходно је водити рачуна да ток материјала и људи у процесу буде једноставан и кратак. На дијаграмима испод може се видети нов распоред операција на свакој радној станици у свакој од пет производних линија деветог производног процеса (слика 40 – слика 44).



Слика 40. Графикон избалансиране линије деветог процеса прве целине



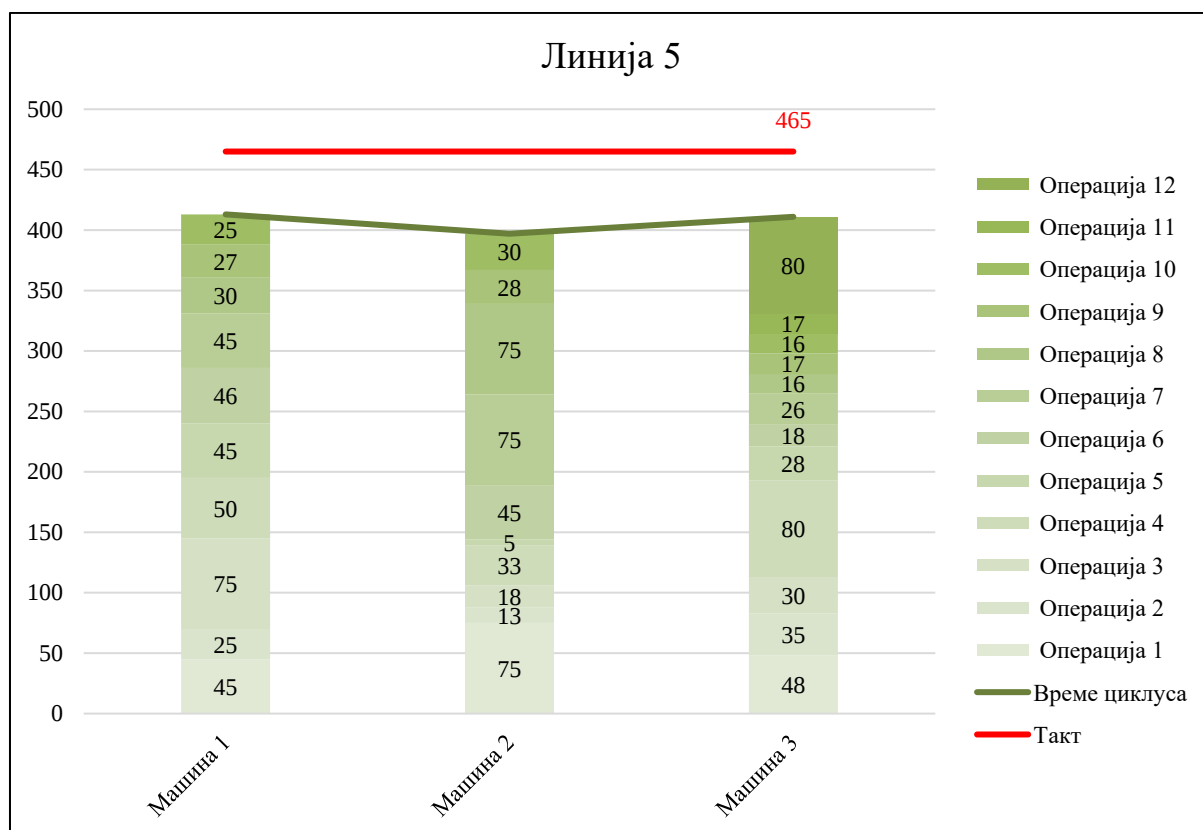
Слика 41. Графикон изbalансиране линије девог процеса друге целине



Слика 42. Графикон изbalансиране линије девог процеса треће целине



Слика 43. Графикон изbalансиране линије деветог процеса четврте целине



Слика 44. Графикон изbalансиране линије деветог процеса пете целине

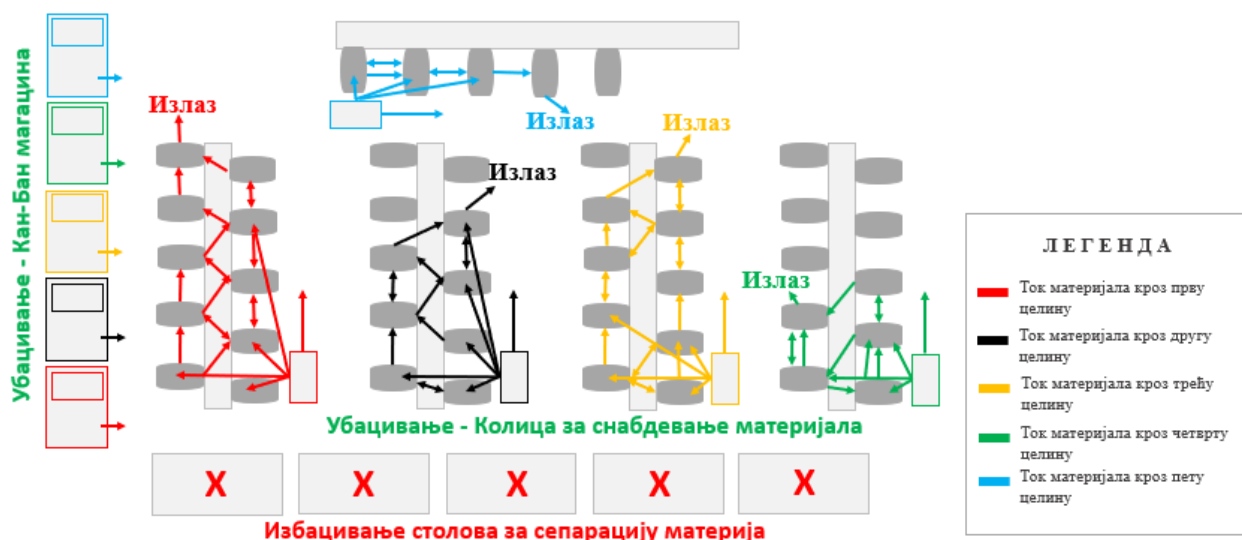
На дијаграмима се може јасно видети да су операције равномерно распоређене на сваку од радних станица као и да ниједно од времена циклуса не прелази захтевано време такта производње. Поред тога што је производна линија боље избалансирана може се уочити да су сва времена циклуса приближно истих или сличних вредности. Са дијаграма се може још уочити да постоје радне станице које имају време циклуса које је веома близу времену такта али да ниједна радна станица са својим временом производње није прекорачила тај захтевани такт. На неким радним станицама због сложености и јединствености операција које се на њима изводе није могуће ефикасније балансирање тих радних станица. Да би се, овако сложене производне линије, што успешније избалансирали уведено је да неки од оператера раде на две различите производне машине које су у производном процесу смештене једна до друге.

Укупно време циклуса за операције које изводи тај оператер је збир времена циклуса за те две машине. Приликом балансирања овако сложеног процеса мора се водити рачуна да ове машине буду што ближе једна другој, да би се обезбедило што краће време кретања оператера као и да се притом не угрози ток материјала у производном процесу. Са истих дијаграма, који се налазе изнад, може се видети да је број оператера у линијама промењен, али да за постизање већег капацитета линије није ангажован ниједан нови оператер, већ је само вршена преобука оператера за неке од нових операција које је било неопходно да науче, да би нова линија успешно функционисала.

Две најбитније ствари које се могу видети на горе наведеним дијаграмима су:

- успешно смањени губици у свим производним линијама;
- линија је избалансирана тако да са истим бројем оператера произведе већу количину јединица производа.

Упоредо са балансирањем линије креиран је нов ток материјала. На шпaгeти дијаграму, који је приказан на слици 45, дат је нов ток материјала који је једноставнији и који је јасније дефинисан у односу на ток материјала који је описан приликом анализе тренутног стања. Прво веома битно унапређење јесте да се материјал креће искључиво кроз своју производну целину. То је постигнуто бољом расподелом радних операција, бољим распоредом машина и додатном обуком оператера за операције које је било неопходно да науче да изводе.



Слика 45. Шпaгeти дијаграм унапређеног тока материјала

Поред овог кретања материјала уведено је да се материјал креће искључиво од једне радне станице, до њене суседне радне станице. У неким случајевима је ова суседна радна станица и најближа радна станица за ту станицу, а у неким и није, из разлога редоследа извођења операција или из разлога сложености врсте операције. Код новог тока материјала

јасно су дефинисани улази и излази сваке производне целине, као и улази и излази материјала за сваку радну станицу понаособ. На овај начин је јасно дефинисан смер кретања материјала. У сваком тренутку сваком оператеру је познато са које радне станице материјал долази на извођење операције и где се материјал даље упућује након обављене операције. Овако дефинисан ток материјала омогућује процесном лидеру или лидеру линије да приликом надгледања производног процеса у сваком тренутку знају на којој радној станици се налази материјал, које је операције материјал прошао, које ће операције уследити као и колико је времена приближно потребно да се заврши један готов комад.

Са горе приказаног дијаграма може се још уочити да су столови који су служили за сепарацију материјала избачени из процеса и да је уведено *Kan-Ban* снабдевање линије материјалом као и неопходним пратећим компонентама. Овај начин снабдевања је uveden да би се отклонила непотребна кретања материјала (препакивања материјала са међупроцесних колица на столове, додатна непотребна сортирања материјала), прекомерна производња, мањкови материјала, мешање материјала у производном процесу као и производња непотребног шкарта. Ово је постигнуто увођењем *Kan-Ban* колица која се директно пуне и сортирају у претходном производном процесу, имају тачно одређену количину којом су снабдевена, јасну руту којом се крећу и тачно дефинисане радне станице којима је потребно да доставе одређене компоненте. Димензије ових колица су усклађене са количином материјала које је потребно да носе и површинама на којима је предвиђено несметано кретање ових колица.

Да би се јасно видело за коју се од линија која колица користе уведена је ознака бојама (свака линија има своју боју што се може видети на горњем дијаграму), као и то да свака колица имају на себи исписане све неопходне информације које су јој неопходне за несметани рад. Пошто је неопходно да осигурамо неометано снабдевање процеса, *Kan-Ban* је пројектован да садржи два пара колица за сваку производну линију. Разлог оваког пројектовања снабдевања процеса је да уколико дође до мањег застоја неког од претходних процеса овај процес несметано функционише једну целу смену. Тако да једна колица носе потребан материјал који је неопходан за једну смену производне линије. Као што смо нагласили свака линија има по пар колица за снабдевање што се из дијаграма изнад може јасно видети. Када се колица испразне иду на пуњење у претходни процес (који већ спрема потребни материјал за њихово поновно пуњење), а на њихово место долазе колица која су већ припремљена за снабдевање линије неопходним материјалом (друга колица из *Kan-Ban* магацина). Када се ова колица напуне враћају се у *Kan-Ban* зону све до потребе за њихово поновно коришћење, када се враћају у поновни процес снабдевања линије, а друга испразњена колица иду на пуњење и након пуњења долазе спремна у *Kan-Ban* магацин.

Овај комплетан систем је пропраћен картицом која представља главни сигнал у систему вучења. Картица у суштини представља информацију шта је потребно, када је потребно, где је потребно и у којој количини је потребно да се уради тј. произведе. *Kan-Ban* означава информацију која покреће неку акцију или инструкцију за допуну залиха. Свака радна станица у производном процесу је означена истом бојом којом су означена колица која је снабдевају, као и малом сликом делова која треба да се нађу на њеном столу, да би радник који ради на снабдевању линије јасно могао да уочи на коју радну станицу треба да достави материјал и који је то материјал у питању. Ово је додатно уведено у производни процес као и у *Kan-Ban* процес, да би се могућности за мешање материјала свеле на минимум.

Као што је горе већ поменуто свака линија има свог оператера снабдевања који је задужен за снабдевање линије потребним материјалом као и праћењем функционисања *Kan-Ban* система у целини. Број оператера који снабдевају овај производни процес није промењен у односу на број оператера у анализи тренутног стања али из дијаграма који је приказан на слици изнад можемо видети да је њихово кретање јасно дефинисано као и

знатно скраћено. Више не постоје непотребна и дугачка кретања ових оператера која су оптерећивала њихов рад, а самим тим и њихову продуктивност у целини.



Слика 46. Шнагети дијаграм тока оператера

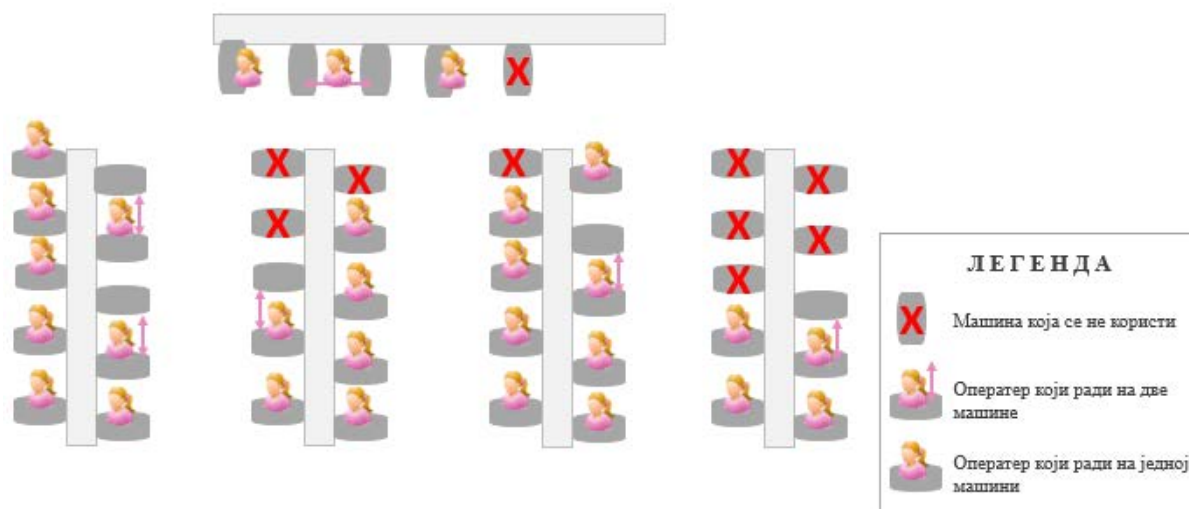
Што се тиче кретања оператера на машинама, из дијаграма тока оператера (слика 46) може се видети да постоје оператери који раде на две радне станице. Због линије тока материјала није било изводљиво да ове машине стоје једна поред друге да не би био угрожен ток кретања материјала, али је изведено да те машине стоје једна иза друге. Овим је постигнуто да се ток материјала не угрози, али исто тако и да кретање оператера не буде предугачко, већ да оно буде сведено на минимум. Пројектовано је тако да се оператер који ради на две машине само окрене, тј окрене столицу на којој седи и одмах може да започне извођење операција на другој машини као што је приказано на слици испод (слика 47).



Слика 47. Шематски приказ рада оператера на две радне станице

Са овако пројектованим новим балансом линије и расподелом операција у производном процесу утицало се и на искоришћење опреме. Маchine које се некада нису употребљавале и које су били вишак, сада су уведене у процес производње (слика 48).

Променом начина рада, да процес сада ради у две једнаке смене, као и да неки оператери раде на две машине, утицало се на искоришћење машина деветог производног процеса. Са слике изнад може се видети да сада у процесу постоји 10 машина које се не користе, у првој као ни у другој смени и оне су означене на слици са црвеним знаком X. Ове машине су уведене у ново пројектовање линије да уколико буде постојала потреба за поновно проширење производних капацитета, ове машине могу бити на располагању и могу бити уведене у производни процес.



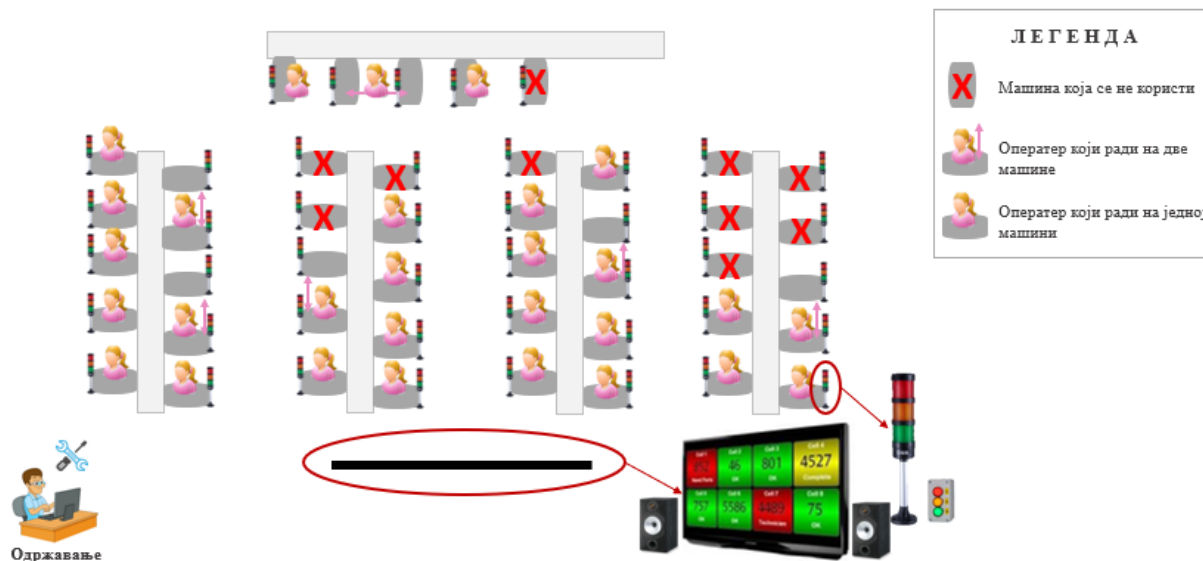
Слика 48. Шематски приказ процеса са означеним машинама које се не употребљавају

На табели 8 приказан је нов проценат искоришћења машина након балансирања линија. Може се видети да је проценат искоришћења и у једној и у другој смени подједнак, као и да је знатно повећан у односу на првобитну анализу затеченог стања.

Табела 8. Распоживост производне опреме унапређеног стања

	Смена 1	Смена 2
Доступне машине	45	45
Машине у употреби	35	35
Искоришћеност	78%	78%

Приликом анализе деветог производног процеса уочен је још један велики недостатак линије, а то је не могућност праћења производње у реалном времену. Један од главних проблема који се дешавају јесу чести застоји линија као и не адекватно и не довољно ефикасно одговарање на ове проблеме. Током анализе утврдило се да су најчешћи разлози ових застоја, застоји машина (кварови), грешке у производном процесу као и недостатак материјала на радним станицама. Да би се ови проблеми деветог производног процеса отклонили, увело се праћење производње у реалном времену уз помоћ *Andon* сигналног система (слика 49).



Слика 49. Шематички приказ процеса са уведеним Андон системом

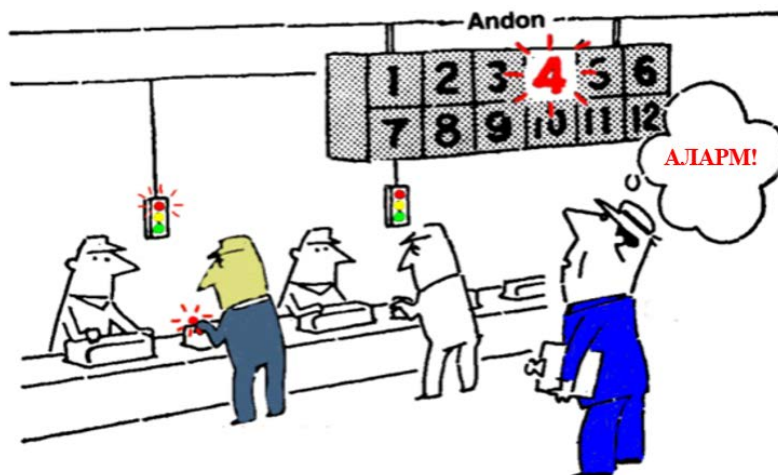
Andon светлосни и звучни сигнални систем говори да је приликом производње дошло до грешке или квара који је неопходно отклонити. На слици изнад може се видети да је свака радна станица опремљена са *Andon* сигналним светлом, као и *Andon* прекидачима. *Andon* светло је постављено на већој висини на радним станицама како би било лако видљиво и како би помоћ пристигла у што краћем временском року. Светлосни систем се састоји из три различита светла а то су:

- Зелено светло – означава да производна линија функционише нормално без икаквих проблема.
- Жуто светло – означава да је у процесу дошло до проблема и неопходна је помоћ од стране надлежне особе.
- Црвено светло – означава да је дошло до већег проблема који се мора отклонити како би производња опет функционисала неометано.

На свакој радној станици такође постоји *Andon* уређај са три прекидача (зелени, жути и црвени) којима оператери активирају систем. Када оператер уочи неки проблем он на уређају притиска одређен прекидач којим сигнализира да постоји проблем на његовој радној станици и да му је неопходна помоћ ради отклањања проблема. Важно је нагласити да је неопходно јасно дефинисати када се пали која боја у систему, шта која сигнална боја значи, како је потребно реаговати и које је радње потребно предузети у зависно у ком се стању процес налази. У процесу који је приказан на слици изнад, главни кораци покретања сигнала су јасно дефинисани и то:

- Зелено светло – означава да производна линија функционише нормално без икаквих проблема.
- Жуто светло – означава да је у процесу дошло до неких проблема (најчешће везаних за машину, квалитет, недостатак материјала, итд...). Активирање ове боје захтева да се надлежна особа (у овом случају оператер задужен за снабдевање линије) појави на радној станици и провери у чему је проблем. Ако је проблем у снабдевању, управо овај оператер је задужен да га отклони, уколико је дошло до проблема са квалитетом рада процеса обавештава се процесни лидер, а уколико је проблем са машином обавештава се одржавање.
- Црвено светло – означава да је процес трајно нарушен и да је потребно више времена да би се проблем отклонио. Најчешћа активација овог светла подразумева да се на радној станици десио проблем са машином и да је потребна помоћ из одржавања да би се он отклонио.

Један од најбитнијих захтева јесте да се сигнализација постави тако да буде веома уочљива, као и да звучни сигнал буде довољно гласан ради лакшег и бржег реаговања (слика 50).



Слика 50. Слика реакције на Андон сигнално светло

Једино добро уочљива сигнализација са претходно дефинисаним корацима има сврху квалитетног надзора процеса и одржања његове константности уз минималне трошкове застоја. Ако се овај систем исправно постави он постаје веома моћан алат за смањење грешака у процесу јер их лако приказује, те због тога као и јасно дефинисаних корака реакције на тај приказ, омогућава брзо реаговање и отклањање тих грешака. Да би се ти захтеви испунили цео систем је додатно повезан на компјутер (програм) као и на велики телевизор (*Andon* дисплеј или контролна плоча) који се налази на високом месту у производном процесу како би био што уочљивији за све учеснике процеса. Овај дисплеј служи за надзор целокупног процеса. На овом дисплеју се налази приказан *layout* целокупног процеса са додатним информацијама везаним за производњу. Свака активација било ког од светала у систему, на дисплеју се у истом тренутку појављују информације о месту застоја (радној станици) као и о типу застоја (пропраћено одговарајућим светлосним и звучним сигналом). Поред визуелних информација о дешавањима на радним станицама на дисплеју су приказане информације о производњи. Ове информације нам служе како би се пратио темпо рада, односно задати циљеви из сата у сат, како би се пратио проценат шкарта као и како би се могло брзо реаговати на свако одступање везано за проблеме повезане са овим информацијама.

Информације на Андон дисплеју везане за производу:

- Захтевани број производа;
- Теоријски број производа;
- Број производа који је произведен у датом тренутку;
- Време застоја;
- Проценат шкарта;
- Производна линија;
- Смена у којој се ради;
- Датум и време.

Потребно је нагласити да је овај производни процес пројектован тако да између радних станица постоји мали бафер (сток) који осигурава да уколико дође до застоја на некој од радних станица, друге радне станице могу несметано да раде још једно краће време, пре него што остану без материјала за рад. Ово омогућава да у процесу ретко дође до заустављања комплетне линије или комплетног производног процеса услед регистровања неког проблема.

Приликом имплементације *Andon* система треба водити рачуна да се осигура правовремена и увек присутна реакција на активирани сигнал, у супротном може се појавити да при настанку проблема радник на тој радној станици не активира *Andon* систем, јер зна да тај сигнал неће бити примећен и неће бити адекватног реаговања на његово сигнализирање проблема. Због тога се врши озбиљна обука оператера на машинама као и особа које су задужене за праћење и отклањање неправилности у процесу, да буду обучене да на адекватан начини управљају *Andon* системом као и да буду спремне да када се систем активира, отклоне све проблеме који се могу јавити.

3.3 Резултати примењених акција

Задатак овог рада била је детаљна анализа комплетног производног погона, откривање процеса који представља уско грло производње, откривање губитака у том процесу уз помоћ *Lean* аната, као и спровођење акција за унапређење тог процеса. Резултати спроведених акција биће приказани као упоредна анализа затеченог стања са стањем након спроведених акција.

Први корак ове анализе био је прикупљање свих информација које су нам помогле да се стекне бољи увид у начин функционисања свих процеса у овом производном погону. Након тога приступило се детаљној анализи прикупљених информација и планирању акција које ће бити спроведене ради отклањања губитака у овој производној линији.

Један од циљева спроведених акција био је да се повећа искоришћење производних капацитета употребом већег броја расположивих машина које се у затеченом стању нису употребљавале. То је постигнуто бољом расподелом операција у производним процесима. У августу је била искоришћеност машина у првој смени 60 %, односно 71 % у другој смени, дакле просечна искоришћеност машина била је 65,5 %. За само месец дана, након покренутих акција, искоришћеност машина је повећана у обе смене на 78 %. Односно просечна искоришћеност машина сада износи 78 %. Дакле, просечна искоришћеност машина је применом *Lean* алата за месец дана увећана 12,5 %.

Табела 9. Поређење резултата искоришћености машина

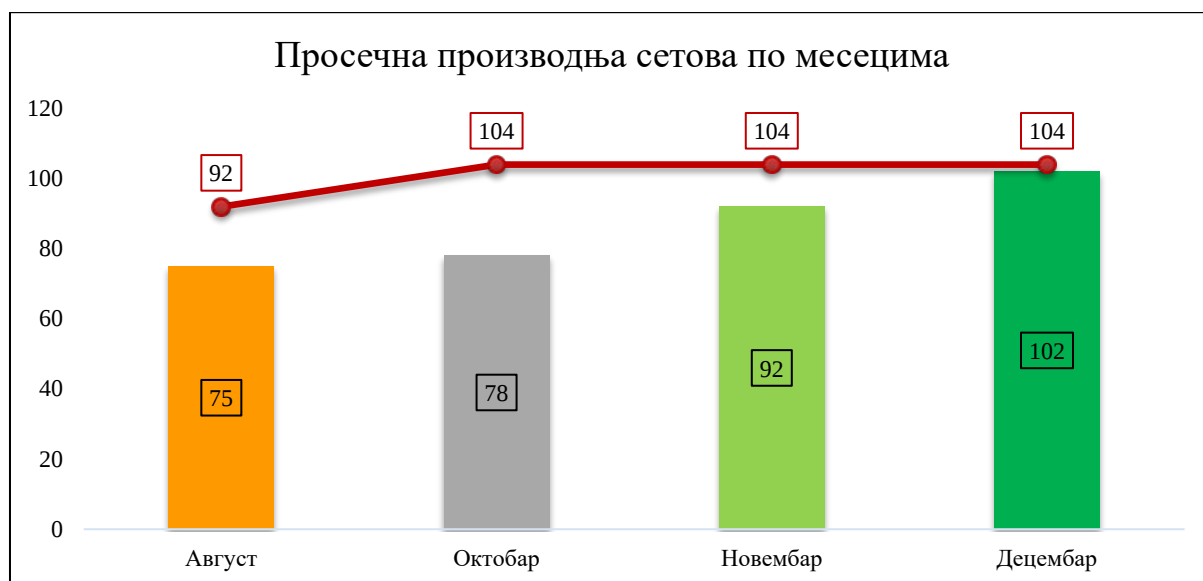
	Пре		После	
	Смена 1	Смена 2	Смена 1	Смена 2
Доступне машине	45	45	45	45
Машине у употреби	27	32	35	35
Искоришћеност	60%	71%	78%	78%

Број оператера у производном процесу није промењен јер не постоји потреба за запошљавањем нових оператера. Разлог губитака у производном процесу није био број оператера, већ су губици настали као последица лоше расподеле операција, лошег тока материјала и лошег распореда машина у процесу. Након новог балансирања линија промене процесног *layout-a*, као и тока људи и материјала, са истим бројем оператера остварен је циљ повећане производње за 20 %. Измене које су направљене, направљене су у броју оператера и броју помоћних оператера. Анализама је утврђено да се повећана производња може достићи са 58 оператера и 10 помоћних оператера. Анализа, је такође показала да је за захтевану потражњу било неопходно ангажовање једног додатног оператера у процесу шивења. А бољим распоредом операција, током материјала и увођењем *Kanban-a* у производни процес знатно су смањени губици у раду помоћних оператера, па је на тај начин створена могућност да се један помоћни оператер обучи и да се пребаци у главног оператера односно да се ангажује у процесу шивења. На овај начин избегнуто је додатно ангажовање новог оператера, већ је ангажован оператер који је већ припадао том процесу. Број оператера је исти у обе смене, а разлог за то је нов распоред операција, тако да је задовољена потреба за линијском производњом. Након завршетка рада радника из прве смене, на његово место долази радник из друге смене и обавља исте операције које је обављао и његов колега из прве смене. На овај начин су отклоњени губици пуњења и пражњења производне линије, а притом су јасно дефинисане операције на сваком радном месту. За разлику од затеченог стања након спроведених акција јасно је дефинисан ток људи, ток материјала, као и распоред операција на свакој радној станици. То подразумева да сада сваки радник зна своје радне операције и обавезе у току свог радног дана.

Табела 10 . Поређење броја оператера пре и после унапређења

	Пре		После	
	Смена 1	Смена 2	Смена 1	Смена 2
Број оператера	25	32	29	29
Број помоћних оператера	5	6	5	5
Укупан број оператера	30	38	34	34
	68		68	

За сваку промену која се примени у пословању потребно је одређено време да јој се систем прилагоди и да се њени ефекти испоје. Због тога је било неопходно да се неколико месеци прати производни процес, да се додатно унапређује да би се остварили задати циљеви унапређења. У овом случају, код затеченог стања захтевана дневна производња износила је 92 сета на дан. Због великих процесних губитака просечна дневна производња износила је 75 сета на дан. Ова велика разлика између захтеване и реалне дневне производње морала је да буде надокнађена. Због тога је било неопходно не само да оператери раде прековремено, већ и да раде сваке суботе. То је изазивало премор радника као и велико незадовољство због потребе за прековременим радом. Поред тога што су радници били незадовољни, топ менаџмент фирме је такође био незадовољан јер је због прековремене производње морао да троши више финансијских ресурса него што је то било предвиђено финансијским планом.

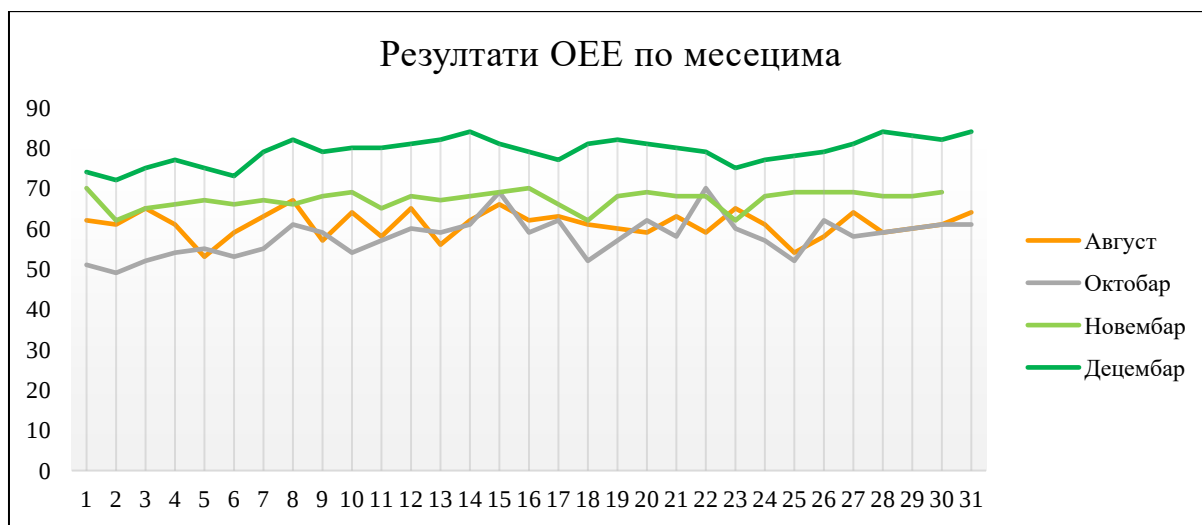


Слика 51. Дијаграм просечне производње

Након свих спроведених акција првог месеца постигнути су минимални резултати у погледу повећања производње. Разлог тога је споро прилагођавање производног процеса уведеним променама и новом начину функционисања система у целини. Још један разлог спорог прилагођавања је отпор људи новом систему рада. Већ другог месеца, након уведених промена, се виде значајне промене у производњи. Још нису постигнути задати циљеви, али су знатно видљиве промене у начину функционисања система и главни узроци губитака су елиминисани. У трећем месецу производње се види да систем функционише у складу са примењеним акцијама и то је довело до тога да производња сета на дан буде приближна задатим циљевима компаније. На графику изнад (слика 51) се може видети постепено повећање производње сета на дан и приближавање задатим циљевима. У затеченом стању производило се 75 сета на дан, а након три месеца, након уведених мера унапређења, са истим производним ресурсима производи се 102 сета на дан. Поред тога

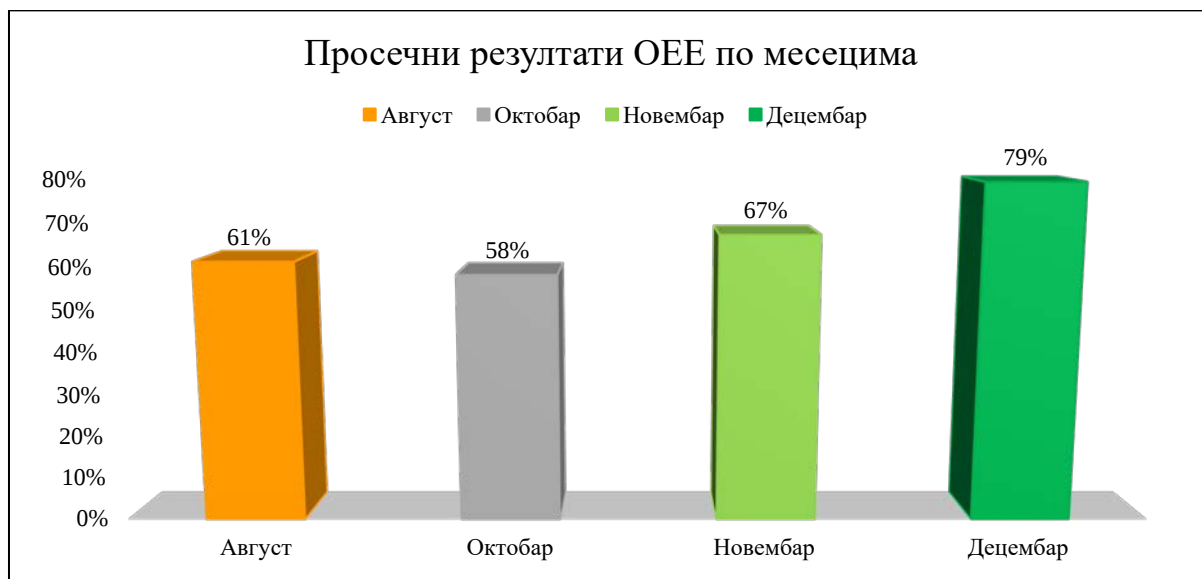
што су повећани производни капацитети, највећи успех спроведених акција је уклањање процесних губитак, уклањање прековременог рада, повећање задовољства радника и усклађивање са финансијским планом који је захтевао топ менаџмент компаније.

Један од главних показатеља успешности спроведених акција је повећање ефикасности производне линије у целини. Повећање ефикасности производне линије је представљено на графику испод (слика 52). На графику су представљене промене ОЕЕ-а на дневном нивоу у производној линији од затеченог стања до стања након спроведених унапређења. Може се видети да су у августу (затечено стање) дневни резултати ефикасности били ниски и да су непредвидиво варирали због великих губитака у процесу. Постепено са повећавањем резултата спроведених акција, повећавала се и ефикасност производње у целини. Такође, са графика се може видети да се резултати ОЕЕ у децембру знатно разликују од резултата ОЕЕ у августу месецу. Постоји знатан скок резултата ОЕЕ због тога што је сада постигнут баланс између пројектованих производних резултата и реалних производних резултата



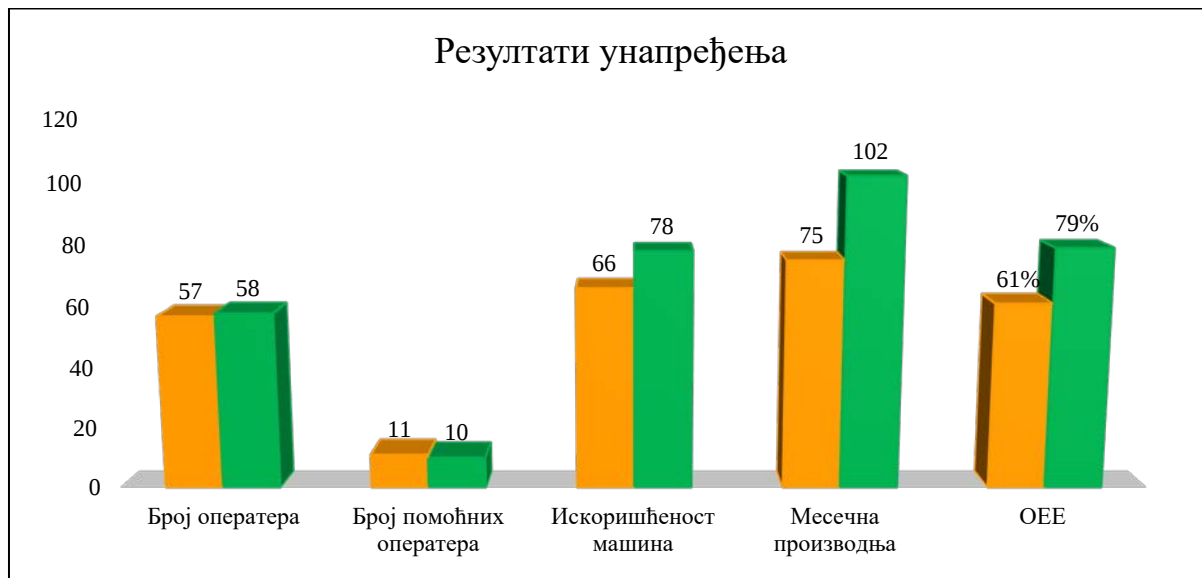
Слика 52. График упоредне анализе резултата ОЕЕ-а

На дијаграму испод (слика 53) представљени су просечни резултати ОЕЕ-а по месецима. Са дијаграма се може видети да је ефикасност целокупне производне линије повећана за 18 %. То је веома добар резултат за кратак временски период праћења, а у наредном периоду се тај резулта може још побољшати.



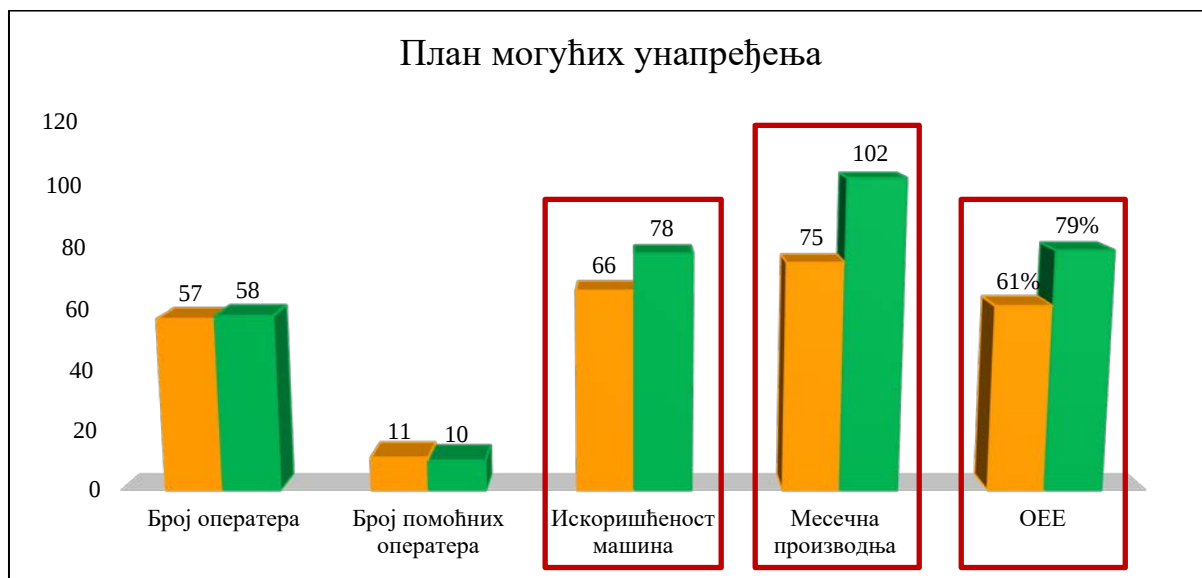
Слика 53. Дијаграм поређења просечних резултата ОЕЕ-а

У наставку рада на дијаграму који је приказан испод (слика 54), дата је упоредна анализа резултата затеченог стања и резултата након спроведених акција. Може се јасно видети да су спроведене акције биле успешне и да су главни постављени циљеви остварени. Успешно су отклоњена расипања у процесу која су представљала главне сметње за нормално функционисање производње. Са истим ресурсима је повећан капацитет производне линије, повећана је искоришћеност машина као и укупна ефикасност производне линије у целини.



Слика 54. Дијаграм упоредне анализе затеченог и унапређеног стања

Поред приказаних резултата спроведених акција најбитнија ствар јесте постављање темеља система, његово стабилизовање и одржавање, као и подстицање нових идеја за његово стално унапређење. Током тестирања и спровођења акција, од стране учесника добијене су нове идеје за побољшања којима се сматра да се може утицати на додатна побољшања резултата који су наведени у дијаграму испод (слика 55).



Слика 55. Дијаграм могућих акција унапређења

Применом *Lean* алата у наведеном предузећу постигнут је значајан напредак у процесу производње, а у исто време постављени су темељи за даља унапређења. Отклањањем губитака у процесу, балансирањем производних процеса и имплементирањем *Andon* и *Kan-Ban* система, створен је континуалан одржив систем који је у исто време

функционалан, јасан, једноставан и прегледан. У случају појаве нових проблема овај унапређени систем је омогућио да се у процесу производње новонастали проблеми лако идентификују, да се открију њихови узроци и да се у што краћем временском периоду примене одговарајуће мере како би се ти проблеми отклонили. Са друге стране овај систем не само да је значајно унапредио процес производње, већ је такође показао да постоје могућности за још већа унапређења нарочито по питању искоришћености опреме, капацитета производње и свеобухватне ефикасности. Да би се ова унапређења постигла неопходно је да се у наредном периоду одржавају већ постигнути резултати, да се развије боља комуникација између топ менаџмента фирме и запослених, да се имплементирају нови *Lean* алати и да се додатним мотивационим средствима (обуке, унапређења, финансије, итд...) подстакну радници на креативност, иновативност и на имплементацију оригиналних производних решења.

4. ЗАКЉУЧАК

У свету се у последњих тридесет година развијају и користе *Lean* алати као једни од најчешће коришћених метода за оптимизацију пословања у производњи.

За примену *Lean* концепта потребно је применити читав низ алата и техника побољшања, уз њихово претходно прилагођавање специфичностима производње и култури запослених. Да би се *Lean* концепт имплементирао у предузеће неопходно је познавање његових најбитнијих метода и техника. Први део рада објашњава *Lean* концепт и његове технике, алате и методе које се најчешће користе, а други део рада показује директну примену неких објашњених алата у реалном пословању.

Велики значај у раду је дат начелима на којима се *Lean* производна филозофија темељи као и алатима уз помоћу којих се имплементира унутар неког производног процеса. Важно је нагласити да *Lean* није само алат који се једном имплементира и ту је готово, већ захтева стална побољшања, постаје начин размишљања и начин свакодневног живота сваког појединца као и целокупне организације у целини.

У овом раду примењени су алати *Lean* производног концепта да би се остварило унапређење производног процеса у аутомобилској индустрији. Процес унапређења реализован је у компанији која се бави производњом делова за ентеријер аутомобила и одвијао се у неколико фаза: прикупљање података и анализа затеченог стања, предлагање идеја за унапређења, спровођење усвојених акција и анализа постигнутих резултата.

Циљ овог рада био је да се током анализе затеченог стања уз помоћ *Lean* алата открију велики недостаци у функционисању производних процеса. Из тог разлога највише пажње је посвећено имплементирању *Lean* алата уз помоћ којих су ти недостаци отклоњени. Прва битна акција која је спроведена јеста да је линија почела да ради у две идентичне радне смене и тиме је омогућено стварање континуалног тока производње. Овим поступком су отклоњени велики губици који су се јављали приликом честих започињања и стајања производње, као и пуњења и пражњења линија приликом промена радних смена.

Балансирањем производних процеса скраћена су времена чекања, равномерно су распоређене производне операције по радним станицама и јасно су дефинисане производне операције за сваку радну станицу у процесу. Поред тога уклоњени су губици настали прекомерном производњом, непотребним кретањима материјала као и кретањима оператера. Да би се сва ова унапређења одржала, у процес су уведени системи као што су *Andon* и *Kan-Ban*. Уз помоћ ових система успели смо да у реалном времену у потпуности пратимо и контролишемо процес производње.

Поред постигнутог успеха у виду повећања капацитета производње и повећања укупне ефикасности производних линија, највећим успехом се сматра велико повећање задовољства код запослених. За запослене у компанији највеће задовољство представља елиминисање прековременог рада као и рада викендом, а за топ менаџмент компаније то представља велике уштеде у финансијским ресурсима.

Редослед увођења *Lean* концепта у компанији је у потпуности пролагођен њеним потребама. Неопходно је нагласити да методе и технике *Lean* концепта нису компликоване, али свакако захтевају апсолутну посвећеност свих запослених како би се постигла корист од имплементације овог концепта у компанији. Применом *Lean* алата остварен је континуирани процес, елиминисани су сви већи губици у компанији и постављени су темељи за даља константна унапређења.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бандука, Н. (2012). *Основе концепта Леан производње*. Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 12-15
- [2] Глишовић, С. (2004). *Тотално продуктивно одржавање*. Техничка дијагностика, Београд, 8-12
- [3] Грабеж, С. (2016). *Модел примене Лин система у малопродаји трајних потрошних добара*. Факултет техничких наука, Нови Сад, 5-62
- [4] Jones, D., Womack, J., Shook, J., и други (2011). *Seeing the whole Value Stream*. Lean Enterprises Inst Inc, 1-50
- [5] Liker, J., и Meier, D (2006). *The Toyota way Fieldbook*. McGraw Hill, 1-14, 33-41
- [6] Macinnes, R. (2002). *The Lean Enterprise Memory Jogger: Create Value and Eliminate Waste Throughout Your Company*. Massachusetts, United States, 15-29, 93-107
- [7] Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 15-81
- [8] Нестић, С., Стефановић, М., Тадић, Д., и други (2013). Модел за процену кључних индикатора перформанси и квалитет процеса стратегије. *Фестивал квалитета, 40 национална конференција о квалитету*. Факултет инжењерских наука, Крагујевац, А-276 – А-282.
- [9] Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw-Hill Education, 73-77
- [10] Васиљевић, Д. (2011). Имплементација Каизен пословне филозофије – Програм континуираног унапређења пословног процеса. *Економски хоризонти*, 13, (2), 25-43
- [11] Зеленовић, Д. (2005). *Технологија организације индустријских система – предузећа*. Факултет техничких наука, Нови Сад, 34-39

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ

- [1] Менаџмент центар Београд (2014), *KPI Key Performance Indicators (ključni pokazatelji učinaka)*;
извор: <http://mcb.rs/recnik/kpi-key-performance-indicators-kljucni-pokazatelji-ucinaka/>;
датум приступа 15.11.2018. године.
- [2] Kettering University (2016), *Understanding the Principle of Flow in Lean Manufacturing*;
извор: <https://online.kettering.edu/news/2016/07/07/understanding-principle-flow-lean-manufacturing>;
датум приступа 16.11.2018. године.
- [3] The balance small business (2018), *A Guide to the Manufacturing Production Process*;
извор: <https://www.thebalancesmb.com/manufacturing-process-2221376>;
датум приступа 18.12.2018. године.
- [4] Process Mapping (2018);
извор: <https://www.lucidchart.com/pages/process-mapping>;
датум приступа 03.12.2018. године.
- [5] SIXSIGMA INSTITUTE (2018), *Six Sigma DMAIC Process - Define Phase - Process Mapping / Flow Charting*;
извор: <https://www.sixsigma->

[institute.org/Six Sigma DMAIC Process Define Phase Process Mapping Flow Charting.php](https://www.sixsigma-institute.org/Six_Sigma_DMAIC_Process_Define_Phase_Process_Mapping_Flow_Charting.php);

датум приступа 05.12.2018. године.

[6] Industry Today (2017), *Lean manufacturing in the production line*;

извор: <https://industrytoday.com/article/lean-manufacturing-production-line/>;

датум приступа 07.12.2018. године.

[7] Six Sigma Material (2017), *Line Balancing*;

извор: <http://www.six-sigma-material.com/Line-Balancing.html>;

датум приступа 07.12.2018. године.

[8] Beyond Lean (2017), *Line Balancing*;

извор: <http://www.beyondlean.com/line-balancing.html>;

датум приступа 10.12.2018. године.

[9] Lean Sigma Institute (2010), *Production Line Balancing*;

извор: http://www.sixsigmainstitute.com/training/plb_training.shtml;

датум приступа 12.12.2018. године.

6. ПОПИС ИЛУСТРАЦИЈА

Слика 3 – Корац при успостављању ЈИТ производње;

извор: Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 5 – *Kaizen* скуп малих и великих унапређења;

извор: Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 7 – Преглед 5S Леан алата;

извор: Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 10 – Символи који се користе за мапирање тока вредности;

извор: Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 11 – Шема процеса *Kanban*;

извор: Бандука, Н. (2012). Основе концепта Леан производње. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 14 – Носиоци концепта ТПО;

извор: Мачужић, И. и Ђапан, М. (2016). Леан концепт у управљању предузећем. Факултет инжењерских наука, Крагујевац.

Слика 15 – Веза између KPI и циљева компаније;

извор: Менаџмент центар Београд (2014), *KPI Key Performance Indicators (ključni pokazatelji učinaka)*;

<http://mcb.rs/recnik/kpi-key-performance-indicators-kljucni-pokazatelji-ucinaka/>;

датум приступа 15.11.2018. године.

Слика 18 – Анализа постојећег стања;

извор: Team blog (2016), *8 Key Skills Every Project Manager Needs*;

<https://blog.teamwork.com/8-key-skills-project-manager/>;

датум приступа 20.11.2018. године.

Све остале слике и табеле су самостално израђене или преузете из докумената фирме.