

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Бранимир Д. Сокић

Lean одржавање

дипломски рад

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Пројектили и упаљачи

Предмет: Одржавање техничких система

Број индекса: 525/2012

Бранимир Д. Сокић

Lean одржавање

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Иван Мачужић, вандредни проф.

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да детаљно теоријски обради појам Lean одржавања и укаже на могућности који овакав концепт пружа. Неопходно је да се опишу и упореде постојећи концепти одржавања (корективно, превентивно и проактивно) и Lean одржавање стављајући фокус на предности новог приступа. Потребно је навести кораке у имплементацији Lean одржавања и на које елементе би требало обратити пажњу уз приказ како и на који начин алати и методе Lean филозофије могу значајније да утичу или потпомажу систем одржавања. Експлицитно навести да ли је могуће достићи ниво нула отказа применом Lean одржавања. У кратким цртама објаснити аутономно и професионално одржавање као део Lean одржавања.

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

Бранимир Д. Сокић 525/2012

Препоручена литература:

- 1) Петар Тодоровић, Основи одржавања, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац, 2016.
- 2) Ricky Smith, Bruce Hawking, Lean Maintenance, Elsevire Science, USA, 2004.
- 3) Иван Мачужић, Марко Ђапан, Lean концепт у управљању производњом, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац 2016.

Крагујевац, април 2018.

Ментор:
Проф. др Иван Мачужић

Садржај

1. Увод.....	7
2. Развој, значај и циљеви одржавања.....	8
3. Основне методе одржавања	13
3.1. Корективно одржавање.....	14
3.2. Превентивно одржавање	16
3.2.1. Предности и недостаци превентивног одржавања.....	16
3.2.2. Превентивно планско одржавање	17
3.2.3. Превентивно одржавање према стању	18
3.3. Проактивно одржавање	18
3.3.1. Основни елементи проактивног одржавања	19
3.4. Праћење успешности одржавања	20
3.5. Трошкови одржавања.....	21
4. Lean Одржавање.....	23
4.1. Аутономно одржавање.....	26
4.2. Професионално одржавање	31
4.3. Kaizen процес.....	34
4.4. 5S Метода.....	37
4.5. Идентификација и елиминисање 7 „смртних“ губитака	39
4.6. Стандардизација радног тока	47
4.7. Мапирање тока вредности	47
4.8. Just in time	48
4.9. Рока Yoke (провера грешака).....	50
4.10. Smed	52
4.11. Визуелни менаџмент	53
5. Идеја lean-а у одржавању и имплементација lean одржавања	55
5.1. Коришћење lean идеја за одржавање.....	55

5.2.	Имплементација lean одржавања	56
5.3.	Смањење времена застоја – надгледање трошкова	58
5.4.	Повећање конкурентности	59
6.	Закључак	60
	Литература	62

Резиме:

У оквиру овог рада, приказан је значај примене одржавања, као и основне карактеристике различитих метода одржавања. Детаљно је анализиран концепт lean одржавања, кроз његове алате односно методе, као и начин имплементације, основне принципе и ефекте који се остварују. Такође су објашњени трошкови одржавања, параметри за праћење успешности, као и утицај повећања конкурентности на ефикасност lean-а.

Кључне речи: lean одржавање, kaizen, континуирани ток, lean алати, производња без губитака

Summary:

In this paper the significance of maintenance application is shown, as are basic characteristics of different methods of maintenance. Concept of lean maintenance is analyzed in detail, through its tools that is methods as is the way of implementation, basic principles and effects which are being realised. Maintenance costs, parameters for measuring success rate and the effect of increased competitiveness efficiency of lean.

Keywords: lean maintenance, kaizen, continuous flow, lean tools, production without defects

1. Увод

Одржавање (енг. Maintenance) укључује све активности које су потребне како би се обезбедило максимално искоришћење система. Ове активности се генерално изводе у складу са одређеном стратегијом одржавања. У почетку одржавање је било усмерено на корективно одржавање. На одржавање се гледало као на нужно зло (на пример, поправке и замене су се обављале по потреби без оптимизације) без да се води рачуна о настанку прекида рада опреме.

Данас управљање одржавањем представља сложену функцију која обухвата менаџерске и техничке вештине, док истовремено захтева и флексибилност како би се носила са динамичким пословним окружењем. Класификација стратегија одржавања према времену када се примењују активности одржавања укључује, корективно, превентивно и проактивно одржавање. Код корективног приступа, одржавање се изводи након појаве отказа, док се код превентивног одржавања, интервенција изводи пре настанка отказа [5].

Развој производне опреме је поспешио активност фабрика које су имале задатак да обезбеде унапред планирану производњу. Почетком Другог светског рата дошло је до развоја сложенијих фабрика са циљем обезбеђивања масовне производње. Велике промене у процесу производње и комплексности саме производне опреме су наметнули и промене у сфери организације и односа према производњи. У почетку се одржавање у фабрикама за масовну производњу развијало без високостручних људи. Развојем процеса производње јавила се и све већа потреба за људима који поседују мултидисциплинарна знања, што је утицало на развој целокупног система одржавања [1].

Последњих деценија дошло је до значајних промена на светском тржишту. Повећањем обима тржишта и повезаности у ланцу од произвођача до купца, јавили су се нови захтеви према произвођачима: велики притисак ка повећању обима производње, тражи се да завршни производ буде високог квалитета, потребно је брзо реаговати у складу са захтевом тржишта у вези са новим производима уз пожељно снижавање цена. У циљу задовољења наведених захтева, дошло је до великих промена и у схватању и у организацији производње у великим светским компанијама.

Почетни приступ проблемски оријентисаног одржавања, одржавања које решава текуће проблеме настале у процесу производње, замењен је процесно оријентисаним приступом одржавања. Основни циљ овог принципијално новог приступа је минимизирање или елиминација корективног одржавања, пре свега превентивним планским одржавањем и превентивним одржавањем према стању [1].

Постоји више модерних приступа организацији, пре свега, производних предузећа. Неки од њих су: Lean production, Toyota Production System – TPS, Total Productive Maintenance – TPM, World Class Manufacturing – WCM, 6 Sigma и друге.

2. Развој, значај и циљеви одржавања

Постоји више различитих дефиниција одржавања:

Одржавање је скуп активности које се спроводе у циљу обезбеђивања оптималних услова експлоатације једног техничког система уз минималне трошкове [1].

Одржавање представља комбинацију техничких, административних и управљачких активности које се спроводе у току радног века једног техничког система у циљу задржавања или обнављања стања система у коме систем може обављати своју пројектовану функцију.

Одржавање је процес у коме се све активности спроводе према унапред дефинисаним критеријумима циља. Ови критеријуми могу се односити на трошкове, расположивост, ефективност, поузданост итд. Шире посматрано, систем одржавања представља део пословног система и кроз његово дизајнирање/редизајнирање треба да се интегришу оптимална организација, релевантне технологије, инжењерска економија, информациони систем као основ обједињавања свих расположивих ресурса (материјалних, кадровских, финансијских, технолошких и др.).

Педесетих и шесетих година двадесетог века, појављују се фабрике које имају технолошки захтевне производне процесе, што подразумева веома висока иницијална улагања. Јављају се проблеми расположивости производне опреме у дужем временском интервалу и то утиче на стварање нових приступа у одржавању. Развија се нов концепт одржавања – превентивно одржавање, које има за циљ проналажење и отклањање стања које може изазвати појаву отказа, а самим тим и застоја у производњи. У пракси почињу да се примењују периодични прегледи машина и први извештаји о отказима производне опреме који имају за циљ спречавање понављања истог проблема. Ово је представљало велики напредак у систему одржавања. Активности у области одржавања су се заснивале на рутинским прегледима производне опреме које су радници одржавања углавном спроводили на основу искуства и на основу којих су вршили оцену стања производне опреме. Концепт превентивног одржавања тада прелази у превентивно-планско одржавање у коме се све активности одржавања планирају пре него што се укаже потреба за њиховим спровођењем.

Након превентивно-планског одржавања јавља се превентивно одржавање према стању које има за циљ праћење параметара који имају велики утицај на технички систем и његово понашање. На основу ових активности могуће је снизити вероватноћу појаве изненадних отказа, предвидети активности одржавања које је потребно спровести на производној опреми и идентификовати њено стање, што има за циљ одржавање опреме на одређеном нивоу поузданости (слика 2.1.).

Концепт одржавања који се релативно скоро јавио у индустрији је проактивно одржавање. Проактивно одржавање је базирано на сталном праћењу и контроли основних узрочника отказа и активностима на њиховом елиминисању или значајном смањењу њиховог негативног дејства [1].

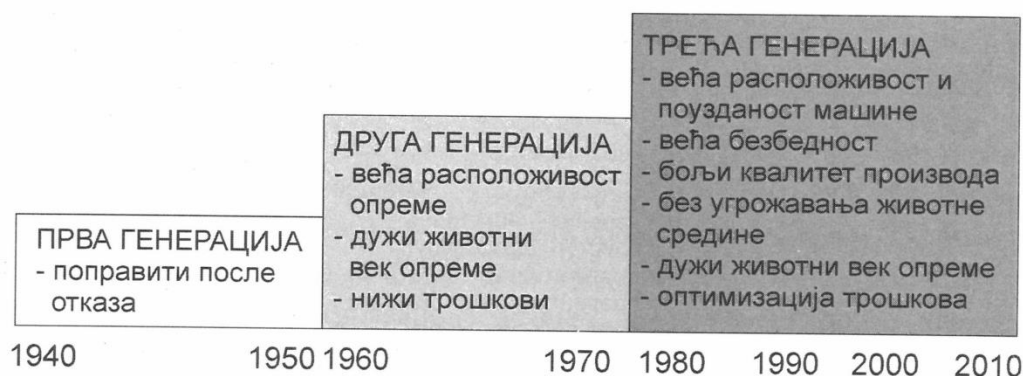


Слика 2.1. Историјски преглед развоја одржавања [1]

Предузећа која учествују у светској производњи карактерише:

- Коришћење високопродуктивних технологија,
- Високо конкурентно тржиште и
- Кратки рокови испоруке (временска ограничења) [1].

На основу ових чињеница примећује се да је радни век опреме све краћи. Разлог томе је веома интензиван режим експлоатације система. Са развојем технике и технологије на деценијској скали захтеви и очекивања од одржавања су се мењали (слика 2.2.).



Слика 2.2. Раст очекивања од одржавања [1]

Савремени приступ одржавању производне опреме је одређен процесима који се одвијају на глобалном светском тржишту. Утицај тржишта се првенствено намеће преко потреба и захтева купаца.

Сви купци производа, односно корисници услуга захтевају:

- Виши ниво квалитета,
- краће време испоруке,
- бољи сервис и
- нижу цену.

Посматрајући производ, примећује се да његов радни век такође постаје све краћи. Намеће се закључак да производња мора бити контролабилна. То се постиже увођењем високо софистициране производне опреме и смањењем учешћа радника у процесу производње.

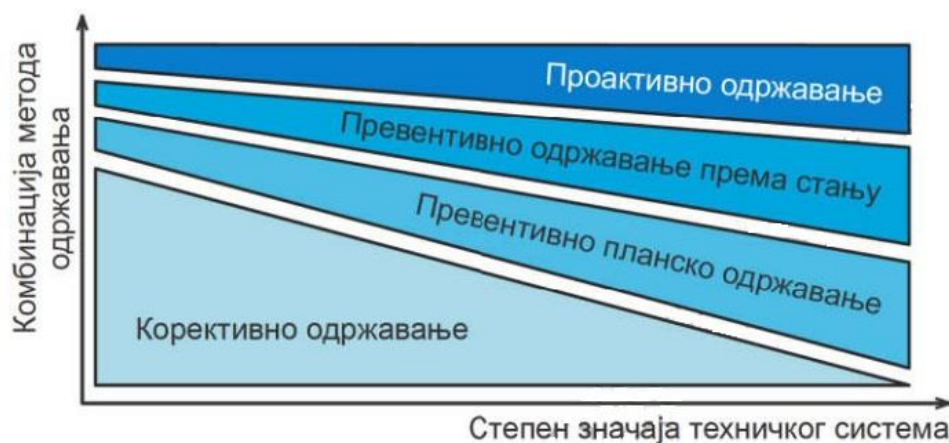
Трошкови одржавања представљају велики део целокупних трошкова производње. У зависности од индустрије, трошкови одржавања могу обухватити од 15% до 60% цене производа. У прехранбеној индустрији просечни трошкови одржавања представљају 15% цене произведене робе, док у деловима тешке индустрије одржавање односи 60% укупних производних трошкова. Ови проценти су некада прецењени јер компаније често у трошкове одржавања сврставају и активности које нису у директној вези са одржавањем. То су, на пример, трошкови модификације постојећих система који су у вези са факторима тржишта (нови производи). Ипак, трошкови одржавања су веома значајни и имају утицаја на унапређење и профитабилност компаније. Свако непланирано прекидање процеса производње или непостизање захтеваног квалитета производа, повезано је са кашњењима или другим допунским трошковима [1].

Због захтева светског тржишта, приступ одржавању све више постаје процесно оријентисан и свеобухватан (холистички). Холистички приступ је концепт који узима у обзир све потенцијалне факторе који могу утицати на здравље човека. Холистички приступ се користи код одржавања производне опреме у високоразвијеним компанијама (слика 2.3.).



Слика 2.3. развој приступа одржавања [1]

У савременом, холистичком приступу одржавање између осталог треба да обезбеди рад производне опреме без отказа, тако да он не постоји као појава (енг. zero failure) (слика 2.4.).



Слика 2.4. Степен значаја техничког система [1]

Степен значајности система се повећава са повећањем сложености техничких система. Овим се долази до закључка да је са растом степена значајности техничких система неопходно комбиновано коришћење различитих метода одржавања за достизање циља - да опрема ради без отказа.

Некада се сматрало да је одржавање „неопходно зло“ и да ништа не може да се учини да би се смањили трошкови одржавања. Данас постоји велики број техника помоћу којих се могу пратити све активности у вези са одржавањем, увидети где се јављају губици и самим тим унапредити цео процес. Раније је сматрано да служба одржавања треба у што краћем року да реагује на отказе и прекиде у производњи. Чак и данас неке компаније послују на овај начин уместо да се фокусирају на спречавање појаве застоја и отказа у производњи.

Првобитни начин размишљања је био да је улога одржавања отклањање отказа, дефеката у производном процесу у што краћем времену. Временом се јавља се нови приступ по којем одржавање треба да помогне уклањању готово свих губитака у производњи. Улога одржавања у производњи светске класе (енг. World Class Manufacturing - WCM) је да постигне и одржи:

- Максималну искоришћеност производне опреме,
- оптималне радне услове,
- максимални радни век опреме,
- минимални инвентар резервних делова и
- способност да се брзо реагује [1].

Одржавање не представља само службу за враћање опреме у првобитно стање, већ је средство којим се постиже укупно унапређење ефективности и профитабилности компаније. Сврха службе одржавања је да дефинише стратегију одржавања кроз:

- Оспособљавање техничког система да правилно функционише, уз оптималне трошкове,
- сагледавање безбедности као и других захтева везаних за посматрани технички систем,
- схватање утицаја техничког система на животну средину и
- одржавања техничког система у исправном стању, као и одржавање квалитета добијеног производа узимајући у обзир трошкове потребне за то.

Отказ се дефинише као прекид способности компоненте или система да врши захтевану и пројектовану функцију.

Када дође до отказа, компонента или систем се налазе у стању „у отказу“, тако да треба правити разлику између отказа као догађаја и стања у отказу.

Термин „квар“, који се користи у слободном говору, није технички исправан. Исправно је рећи „отказ“.

Отказ техничког система настаје када систем престане да извршава задату функцију или је не извршава на задовољавајући начин. До отказа техничког система долази пре или касније, услед хабања, замора, старења или лома компоненти система.

Да би технички систем радио исправно, потребно је да све компоненте система функционишу исправно. Стање техничког система у отказу је свако стање техничког система код којег су неке од карактеристика изван прописаних граница [1].

Технички системи имају ограничен радни век у оквиру којег исправно обављају своју функцију. Постоји велики број фактора који утичу на дужину радног века техничког система. Корисници узимају у обзир ове факторе приликом посматрања или одржавања система.

У току експлоатације техничког система долази до погоршавања појединих параметара којима се описују карактеристике тог система. Уколико вредност ових параметара пређе дефинисану границу, експлоатација техничког система постаје отежана а у крајњим случајевима и немогућа. Да би се обезбедила даља експлоатација техничког система мора се обезбедити задржавање параметара пројектоване функције у дефинисаним границама, односно обнављање вредности оних параметара чија је вредност услед експлоатације техничког система прекорачила прописане границе.

Активности које се спроводе у оквиру одржавања и којима се постиже очување пројектоване функције техничког система могу бити:

- техничке – техника и технологија у одржавању
- административне – процедуре, документација и извештаји и
- управљачке – организације, планирање, анализе и одлучивање [1].

Одржавање утиче на све сегменте производње. Самим тим представља кључни фактор који одређује успешност производног система. Одржавање у великој мери утиче на следеће сегменте производног процеса:

- Квалитет. Ниво и константност квалитета производа апсолутно зависе од стања производне опреме. Самим тим квалитет је у директној вези са одржавањем.
- Продуктивност. Време исправног стања техничког система је у директној вези са активностима одржавања и представља битан фактор у остваривању жељене продуктивности.
- Профитабилност. Профитабилност се може постићи кроз разне уштеде и дужи радни век производне опреме, што се постиже правилним одржавањем.
- Безбедност. При појави отказа може доћи до ситуација које директно утичу на безбедност радника. Правилним избором активности одржавања могуће је спречити појаву оваквих отказа а самим тим утицати и на повишење безбедности у радном окружењу.
- Побољшање карактеристика техничких система. Застаревањем техничких система у производњи долази до смањене способности да се задовоље актуелни захтеви купаца са аспекта продуктивности, безбедности, утицаја на животну средину итд. Спровођењем одређених активности одржавања могуће је извршити модификацију и реконструкцију система и продужити му радни век.
- Заштита животне средине. Неадекватним спровођењем активности одржавања може доћи до промене радних способности техничког система, што може проузроковати ослобађање штетних материја у животну средину. Правилним избором активности одржавања ово се може спречити [1].

3. Основне методе одржавања

Одржавање је процес у којем се све активности спроводе према унапред дефинисаним критеријумима циља (трошкови, расположивост, ефективност, поузданост итд.). Одржавање може да се дефинише и као скуп мера и поступака за отклањање отказа, односно спречавања њихове појаве (слика 3.1).



Слика 3.1. Методе одржавања [1]

Најуопштенија подела метода одржавања:

- непланирано одржавање и
- планирано одржавање.

Под овом поделом се подразумевају три основне методе одржавања:

- корективно одржавање,
- превентивно одржавање и
- проактивно одржавање,

Две главне подгрупе превентивног одржавања су:

- превентивно планско одржавање и
- превентивно одржавање према стању [1].

корективно одржавање спада у групу непланираног одржавања, док превентивно и проактивно одржавање спадају у групу планираног одржавања.

Предузећа у пракси најчешће примењују (комбинују) више метода одржавања у зависности од типа опреме (техничких система) којом располажу, као и од усвојене организационе структуре. Усвојена организациона структура одржавања се још назива и политиком одржавања.

У зависности од организационог приступа, односно усвојене политике одржавања, могуће је направити поделу одржавања према томе ко изводи активности у вези са одржавањем. Тај приступ подразумева поделу одржавања на аутономно и професионално.

Аутономно одржавање изводе оператери и руковаоци на машини, док професионално одржавање изводе особе посебно задужене само за ту групу активности. И аутономно и професионално одржавање користе претходно поменуте методе одржавања.

Основне активности у циљу побољшања карактеристика техничких система су:

- модификација и
- реконструкција.

Модификација представља прилагођавање техничких система коришћењем резервних делова најновије генерације. Током реконструкције техничких система изводи се замена читавих подсклопова, агрегата и система са решењима која представљају актуелни ниво развоја технике. Активности у оквиру побољшања карактеристика техничких система највећим делом спроводи особље које је ангажовано на пословима одржавања.

3.1. Корективно одржавање

Корективно одржавање (енг. Corrective maintenance или Reactive maintenance) подразумева скуп активности које се спровode након појаве отказа у неком техничком систему. Задатак корективног одржавања је да систем из стања у отказу преведе у стање у раду. Корективно одржавање се углавном примењује на једноставним техничким системима, опреми која није скупа и чији застој не може да угрози процес производње [1].

Код корективног одржавања активности одржавања се спровode тек након појаве отказа. Технички систем се експлоатише до појаве отказа без претходних прегледа и праћења стања система.

Због тога што не постоји план за одржавање елемената система, појава отказа има стохастичку природу, односно отказ се сматра случајним догађајем. Застоје у производњи тада треба прихватити као очекивано стање, што није проблем уколико су производни капацитети предимензионисани. Тада такође може доћи до проблема у производњи, посебно у случајевима када се већи број машина које обављају исту производну операцију налази у стању у отказу (слика 3.2) [1].

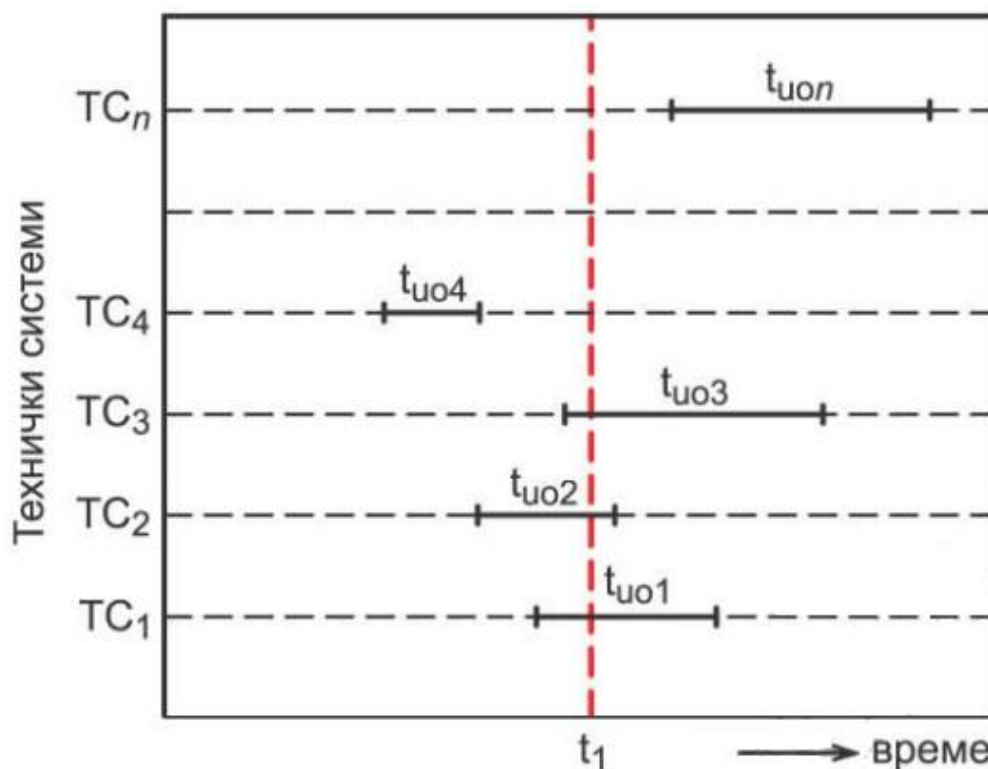
Могуће је да се догоди да се више техничких система нађе истовремено у отказу, односно да се преклопе времена t_{uo} која ови технички системи проведу у отказу. Ако се догоди таква ситуација, тада долази до прекида производње. Тада је потребно ангажовање више група радника које би радиле на отклањању отказа.

Код корективног одржавања врши се експлоатација техничког система до крајњих граница, односно до потпуног искоришћења расположивог ресурса.

Условна и једина предност корективног одржавања је максимално коришћење расположивог ресурса.

У недостатке корективног одржавања спада немогућност предвиђања настанка отказа и времена његовог трајања, такође се може јавити и више повезаних отказа што доводи до дуготрајног застоја опреме.

Ако постоји ограничење у погледу броја и одговарајуће стручне оспособљености људства које ради на пословима одржавања, онда поред наведених, ова чињеница може представљати један од главних недостатака корективног одржавања.



Слика 3.2. Могућа временска слика стања групе техничких система [1]

Корективно одржавање није погодно применити код одговорних техничких система код којих отказ може проузроковати нежељене последице; код техничких система који имају велики утицај на производњу и чијим отказом долази до застоја производње; код скувих система где откази изазивају велику штету и друго. Корективно одржавање је погодно применити код једноставнијих техничких система или неких њихових елемената, пре свега јер се ресурси код ових система користе максимално и нису потребне никакве додатне активности [1].

Одлука да ли ће се на неком техничком систему или неком његовом елементу применити корективно или превентивно одржавање доноси се на основу поређења трошкова замене критичног елемента и укупних трошкова у случају отказа. Још један важан критеријум на основу којег се доноси одлука о примени одређеног типа одржавања је безбедност радника.

3.2. Превентивно одржавање

Превентивно одржавање (енг. Preventive maintenance) представља скуп превентивних активности које се спроводе у циљу спречавања или одлагања појаве отказа. У наведене активности спадају прегледи стања техничких система, регистравање потенцијалних проблема и спровођење активности које спречавају појаву отказа.

На основу резултата превентивних прегледа може се извршити отклањање потенцијалних проблема као и спровођење неопходних активности за спречавање појаве отказа. Правовременим регистравањем проблема откази се могу предвидети и на основу тих информација могуће је реаговати и одређеним активностима спречити појаву отказа.

Неопходни предуслови за успешно увођење превентивног одржавања су:

- једнозначно идентификовање техничких система преко видно приказаног инвентарског и серијског броја, као и ознаке типа,
- тачна предисторија експлоатације техничких система,
- информације у вези са отказима (проблем, узрок, предузете активности и слично).
- искуствени подаци о сличној опреми,
- препоруке произвођача опреме,
- упутство за одржавање,
- подаци о елементима који отказују и замењују се,
- искусно и обучено људство на пословима одржавања,
- алати и одговарајућа опрема за преглед стања, дијагностику или мониторинг,
- јасне инструкције за преглед са документацијом за евидентирање стања,
- добра сарадња са оператером на опреми и
- помоћ од стране менаџмента [1].

3.2.1. Предности и недостаци превентивног одржавања

Спровођењем активности превентивног одржавања постиже се:

- квалитетније управљање производним процесом,
- веће искоришћење расположивих ресурса,
- обезбеђење жељеног квалитета производа,
- повишење продуктивности производне опреме,
- могуће нормирање послова,
- смањење прековременог рада,
- рационално планирање резервних делова,
- повишење безбедности на раду и друго [1].

Осим бројних предности које има превентивно одржавање у односу на корективно, постоје и одређени недостаци као и могућност појаве одређених проблема који се могу јавити приликом увођења овог типа одржавања:

- могућност појаве оштећења током спровођења активности у оквиру превентивног одржавања,
- могућ висок ниво раних отказа новоуграђених резервних делова,
- неискоришћени расположиви ресурси,
- високи почетни трошкови,
- често прекидање производње у случају лоше организације функције одржавања и друго.

Код оптимално организованог превентивног одржавања, постигнуте уштеде вишеструко превазилазе средства уложена у одржавање.

Превентивно одржавање се дели на две додатне методе:

- превентивно планско одржавање и
- превентивно одржавање према стању [1].

3.2.2. Превентивно планско одржавање

Превентивно планско одржавање (енг. Time Based Maintenance - TBM) подразумева временски дефинисане интервале у којима се изводе одређене активности из домена одржавања у циљу одржавања стања система у раду.

Временски интервали могу бити: седмични, месечни, квартални и слично. Временски интервали се могу дефинисати и на индиректан начин, на пример, на основу броја радних сати техничког система или елемента, броја произведених јединица производа и слично [1].

Технолошки поступак и дисциплина су два основна предуслова за успешно спровођење превентивног планског одржавања. За успешну примену превентивног планског одржавања потребно је обезбедити:

- детаљан списак опреме која се одржава,
- главни годишњи план превентивног одржавања из кога произилазе месечни, недељни и дневни задаци,
- одговорно особље за спровођење предвиђених задатака превентивног планског одржавања,
- контролу обављених задатака,
- извештаје који указују на то када је превентивна активност спроведена и када је треба поново спровести и
- извођење корекција код појаве било које неусаглашености током извођења активности одржавања [1].

Превентивно планско одржавање подразумева и периодичне прегледе (технички преглед, инспекцију) техничких система. Преглед стања техничких система се унапред планира. Интензитети прегледа зависе од степена одговорности и значаја техничких система на којима се прегледи изводе.

3.2.3. Превентивно одржавање према стању

Превентивно одржавање према стању (енг. Condition Based Maintenance – CBM) заснива се на периодичном или непрекидном праћењу (мониторингу) стања техничких система и регистравању и препознавању проблема који би могли да доведу до појаве отказа [1].

Код ове методе се за дати технички систем одаберу најутицајнији параметри, са аспекта обављања функције циља техничког система, преко којих се врши мониторинг и дијагностика стања.

Наведени параметри представљају физичке величине које се могу измерити помоћу давача. Сигнали са давача се појачавају, затим дискретизују у А/Д конвертору, групишу у базе података, обрађују и анализирају помоћу одговарајућих софтвера. Систем за прикупљање информација са поменутих давача, ради даље обраде, анализе и складиштења ових информација, често се назива и системом за аквизицију података [1].

За разлику од превентивног планског одржавања, где су активности везане за замену или поправку елемената засноване на статистичком праћењу средњег времена у раду, код ове методе се активности спроводе када то технички систем захтева, односно у најповољнијем тренутку. То омогућава да се благовремено припреме и обезбеде одговарајући резервни делови, припреми особље и отклоне проблеми пре него што дође до отказа са веома озбиљним последицама.

Индустријска пракса је потврдила да је примена превентивног одржавања увек боља од примене доминантно корективног одржавања. Примена превентивног одржавања према обиму може бити недовољна или преобимна. Оптимални обим примене превентивног одржавања може се утврдити анализом оптималног времена између два прегледа, као и анализом трошкова одржавања. Оптимални обим превентивног одржавања је онај који има минималне трошкове одржавања.

Код оптимално спроведеног превентивног одржавања постигнут профит, односно уштеде вишеструко превазилазе средства уложена у увођење превентивног одржавања.

3.3. Проактивно одржавање

Проактивно одржавање (енг. Proactive maintenance), односно проактивни приступ проблему одржавања техничких система базиран је на сталном праћењу и контроли основних узрочника отказа и активностима на њиховом елиминисању или значајном смањењу њиховог негативног дејства [1].

Проактивни концепт, односно метода одржавања, не прихвата отказ као нормално и могуће стање, већ се спроводи низ адекватних мера да до отказа уопште не дође. Тежи се да сваки технички систем „води здрав живот“ и да му се на тај начин максимално продужи век експлоатације.

Основни принцип у проактивном одржавању је идентификација и елиминација узročника отказа.

Између превентивног и проактивног одржавања постоје суштинске разлике, што је приказано на табели 3.1.

Табела 3.1. Упоредна анализа превентивног и проактивног одржавања

	Превентивно одржавање	Проактивно одржавање
ПРЕДМЕТ И АКТИВНОСТИ	симптоми и рани показатељи отказа	идентификација и елиминација узročника отказа
ТЕХНОЛОГИЈЕ КОЈЕ СЕ КОРИСТЕ	контрола контаминације, динамичко уравнотежавање (балансирање), подешавање саосности	вибродиагностика, термовизија, анализа продуката хабања
РЕЗУЛТАТИ И ЦИЉЕВИ	рад без отказа, продужење експлоатационог века	рано откривање грешака и отказа

Потенцијални отказ је стање техничког система које показује да ће до функционалног отказа доћи у скором временском периоду или је отказ у процесу настајања. Технички систем и даље извршава функцију циља али су неки параметри техничког система промењени.

3.3.1. Основни елементи проактивног одржавања

Основни елементи проактивног приступа у одржавању су:

- мониторинг
- дијагностика и
- прогностика [1].

Мониторинг стања и дијагностика отказа техничких система (енг. Condition monitoring and fault diagnostics) се везују за концепт превентивног одржавања према стању. Обухватају активности које подразумевају праћење групе одабраних физичких параметара неког техничког система у циљу распознавања стања система у условима ограничених информација [1].

Мониторинг стања техничког система подразумева све активности усмерене на прикупљање информација и података који одређују стање тог техничког система у времену. Утврђене промене стања, изнад дефинисаних граница, представљају индикаторе поремећаја у систему и симптоме могућег отказа. У тим случајевима, као логичан наставак мониторинга стања реализују се активности у циљу дијагностике отказа.

Дијагностика отказа обухвата активности усмерене на анализу симптома и информација прикупљених у процесу мониторинга стања у циљу откривања локације, узорака, природе и карактеристике отказа или стања које потенцијално води ка отказу компоненте или система. Резултат дијагностичких процедура представљају сазнања која се користе у процесу доношења одлука о предузимању одговарајућих активности из домена одржавања [1].

Приликом мониторинга вредности проактивних параметара у времену, најчешће се дефинишу две граничне вредности, при чему оне могу бити и доње и горње, у зависности од врсте параметара.

Иновативност проактивног приступа је базирана на предикцији деградације експлоатационих карактеристика техничког система кроз процес прогностике.

Процес прогностике у проактивном приступу има за циљ рано препознавање узрочника отказа. Идентификација узрочника отказа помаже у одређивању тачке почетка деградације експлоатационих карактеристика.

Прогностика представља скуп активности усмерених ка процењивању преосталог времена до отказа за конкретан технички систем, односно ризика од присутности или појаве једног или више модалитета отказа у будућности.

Ефикасност прогностике може бити сасвим задовољавајућа за модалитете отказа који имају релативно познату и понављајућу временску карактеристику коју прати прогресивна деградација кључних експлоатационих карактеристика техничког система. У случајевима модалитета отказа са случајним и изненадним манифестацијама, прогностика представља тежак задатак са неизвесним резултатима.

Дефинисање процењеног времена до отказа (енг. Estimated Time To Failure – ETTF) врши се преко дијагностичких параметара који су предмет мониторинга стања на техничким системима. Резултати мониторинга стања представљају слику тренутног стања а њиховим праћењем кроз дужи временски период формира се база података о историји промене стања техничког система [1]. Неки од алата за идентификацију отказа су: 5W (5 зашто), дијаграм рибље кости - Ишикава дијаграм, 5W+1H итд.

3.4. Праћење успешности одржавања

Праћење успешности одржавања је битно како би менаџмент фабрике имао увид у то да ли преузете активности дају резултат или не.

За праћење успешности службе одржавања могу се користити следећи параметри:

- MTBF (Mean Time Between Failure) средње време између два отказа,
- MTTR (Mean Time To Repair) средње време поправке,
- MDT (Mean Down Time) средње време у застоју,
- Укупна ефективност производне опреме OEE,
- Број отказа по машини,
- Количина и вредност резервних делова у магацину,
- Потребна енергија по јединичном производу и друго [1].

Наведени параметри се још зову и кључни индикатори перформанси или KPI-ови (енг. Key Performance Indicators). Користе се за праћење успешности службе одржавања и праћење успешности пословања предузећа у целини.

Помоћу наведених KPI-ова, као и неких других индикатора, могуће је вршити рангирање фабрика по различитим критеријумима. Током кризних периода, у мултинационалним компанијама највиши менаџмент управо на основу ових параметара одлучује која ће фабрика наставити са радом а која не. Зато је јако битно разумети потребу за сталним унапређењем процеса производње [1].

3.5. Трошкови одржавања

Активности одржавања су веома важан фактор који утиче на дужину радног века производне опреме. Обично се под трошковима одржавања посматрају само трошкови рада и материјала који је потребан да се опрема врати у стање рада. Трошкови који се јављају заправо су много шири. Када се посматрају сви трошкови током радног века производне опреме, узимају се у обзир:

- Трошкови набавке, укључујући и транспорт, доставу и слично,
- Трошкови рада, као и све што је неопходно за рад почев од погонске енергије, помоћних објеката где се опрема налази и слично,
- Трошкови одржавања, који укључују запослене у одржавању, резервне делове, уређаје за одржавање и слично,
- Трошкови администрације, који укључују управљање, информатику и слично,
- Трошак изгубљене производње и друго [1].

Најуопштеније, трошкови одржавања могу се поделити на:

- Директне и
- Индиректне.

Директни трошкови се везују за одржавање опреме у радном стању и укључују трошкове периодичне контроле, превентивног одржавања, трошкове поправки и сервисирања. Индиректни трошкови се везују за губитке у производњи услед непланираних застоја, услед оштећења на опреми која се јављају због лошег одржавања током животног циклуса, услед пада квалитета производа, односно производње шкарта [1].

Трошкови одржавања нису исти током целокупног животног циклуса техничког система. У одређеним периодима животног циклуса техничких система неопходно је интензивирати активности одржавања, што условљава ангажовање већег броја запослених на овим активностима. Због тога што на почетку и на крају експлоатације техничког система долази до интензивније појаве отказа, у овим периодима је потребно интензивирати прегледе и друге активности службе одржавања. Запошљавање већег броја људи унутар службе одржавања, односно интензивирање активности које спроводи ова служба, доводи до повећања трошкова. Овај случај се може јавити код превентивног одржавања, где интензивнији прегледи стања могу довести до значајног повећања трошкова.

Прегледи стања са аспекта учесталости извођења, односно са аспекта анализе трошкова одржавања, могу се поделити у три категорије:

- Оптималне
- Недовољне и
- Преобимне [1].

На трошкове одржавања утиче избор примењене методе одржавања производне опреме, тако да је неопходно извршити снимање и анализу постојећег стања система одржавања. Након анализе потребно је одбацити сва уочена лоша решења која утичу на повећање трошкова одржавања и применити нова. Анализирањем само трошкова радне снаге и различитих приступа одржавању производне опреме (корективни, превентивни или проактивни) долази се до следећих закључака.

Код корективног одржавања време се троши на:

- Чекање на резервне делове,
- Чекање на информације, цртеже, инструкције и слично,
- Чекање на уређаје и приборе који се ангажују по уговору и
- Чекање на раднике одржавања који завршавају претходни посао,

што све улази у трошкове [1].

Код напреднијих концепата одржавања (превентивног или проактивног):

- Све активности се планирају унапред,
- Организација посла се усклађује са производњом,
- Сви резервни делови су благовремено набављени и постоје у минимално потребној количини у магацину,
- Сви уређаји и прибори за праћење стања опреме спремни су за коришћење и
- Скоро потпуно су елиминисане хитне интервенције.

Што је концепт одржавања напреднији, индиректни трошкови одржавања се више смањују а директни повећавају. Ефекат повећања директних трошкова често је безначајан у односу на смањење индиректних трошкова и укупни профит који се при томе остварује.

4. Lean Одржавање

Lean одржавање је релативно нов концепт одржавања који је настао у последњој деценији двадесетог века. Начела Lean-а су још раније била утврђена у концепту Тоталног продуктивног одржавања (TPM). Lean одржавање које је настало из Lean производње примењује нове технике на TPM концепт како би створило структуру за бољу имплементацију. Концепт Lean-а потиче од Хенрија Форда са модерним побољшањима која су преузета из јапанске производње, конкретно Тојотиног производног система (енг. Toyota Production System – TPS). Lean тежи томе да елиминира све врсте отпада који настају у процесу производње, укључујући и отпад настао у процесу одржавања. Да би смањили трошкове и побољшали производњу, већина великих производних компанија које су прихватиле Lean концепт су одлучиле да израде целокупни систем и инфраструктуру у складу са идејама тог концепта [2].

Lean подразумева ефикасно коришћење расположивих ресурса елиминисањем активности које не доприносе повећању вредности (Non Value Added Activities (NVAA)). Lean производња представља скуп дисциплина које функционишу усклађено да створе праволинијски, високо квалитетни систем који производи коначне производе у складу са захтевима купца.

Шкарт се дефинише као било која активност која повећава цену производа или услуге а да из перспективе купца не додаје никакву вредност. Шкарт се може сврстати у три групе: неуочљив шкарт, мање уочљив шкарт и уочљив шкарт. Тревил (De Treville) и Антонакис (Antonakis) су дефинисали очигледан шкарт као сувишан инвентар, непотребан процес, претерано време постављања, непоузданост машина и поновни рад. Установили су да се мање уочљив шкарт јавља као последица променљивости различитих извора као што су процесно време, време доставе, стопа приноса, стручност запослених, стопа потражње.

Оно (Ohno) је дефинисао седам типова шкарта унутар тојотиног производног система (TPS). Вомак (Womack) и Џоунс (Jones) су дефинисали осми тип шкарта. Ти типови су: прекомерна производња, недостаци, неодговарајућа обрада, прекомерни транспорт, застој, непотребна кретња, вишак инвентара, неискоришћење запослених [5].

Оптимизацијом функције одржавања се остварује уштеда у времену које се може искористити за даља побољшања процеса као и смањење дефеката који узрокују застој. Смањење трошкова и побољшање производње настају као директна последица примене Lean одржавања, која представља први корак у процесу имплементације овог концепта у фабрици.

Основни принципи lean концепта су:

1. Дефинисање вредности производа
2. Утврђивање тока вредности
3. Креирање тока вредности
4. Увођење pull система
5. Тежња ка савршенству

Дефинисање вредности производа

Први принцип се односи на дефинисање тачне вредности производа из перспективе купца. Потребно је усмерити се на правовремено испуњење захтева и очекивања купаца и за одговарајућу цену. Активности у производњи се могу поделити на оне које повећавају и оне које не повећавају вредност производу [3].

Активности које додају вредност производу подразумевају да:

- Купац мора да буде спреман да плати за ту активност
- Та активност мора на неки начин трансформисати производ или услугу
- Активност мора бити изведена на прави начин [3].

Активности које не додају вредност се могу представити са 3MU (јапанска технологија):

- Muda (расипање)
- Mura (неуједначеност)
- Muri (претеривање).

Утврђивање тока вредности

Односи се на спровођење активности које повећавају вредност производу, њихову међусобну повезаност и како оне заједно доприносе успешном пословању. Ток производње се посматра од купца ка снабдевачу, односно посматра се од места где се прекида ка месту где почиње [3].

Креирање тока вредности

Односи се на обезбеђивање континуалног тока производње. Ток вредности се графички представља како би се приказали сви кораци у процесу који су поређани тако да обезбеде жељену трансформацију производа или услуге као ток информација који покрећу поједине процесе. Мапа тока вредности се креира од сировог материјала па до испоруке готовог производа купцу.

Увођење pull система

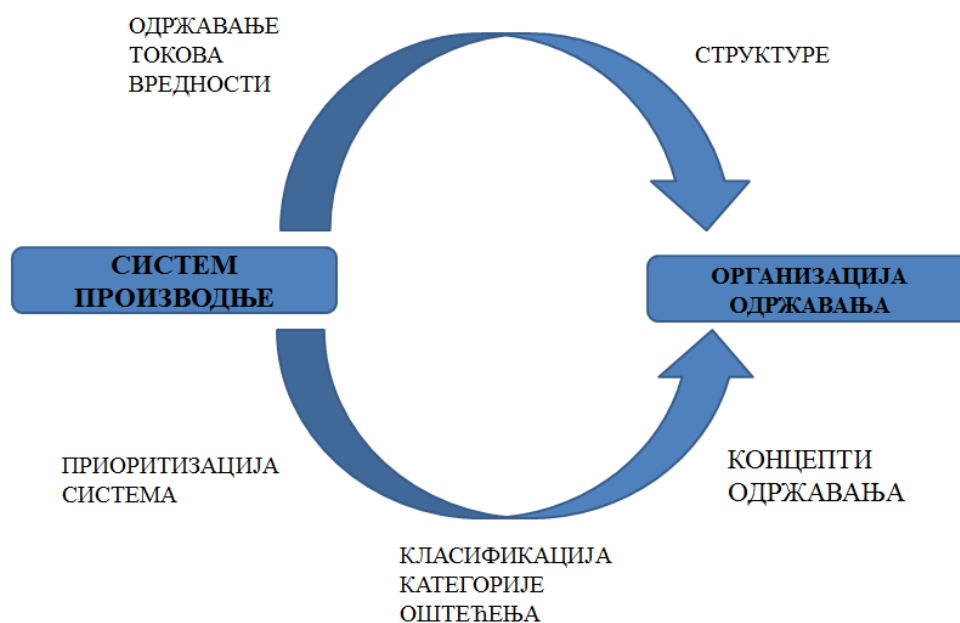
Овај принцип се односи на покретање производње искључиво на захтев купца. Купац је тај који би требало да покрене целокупну активност производње. То подразумева да је производња повезана са захтевом и да се ниједан артикал не би требало производити без њега.

Тежња ка савршенству

Пети принцип представља непрекидно трагање за савршенством у производњи и пословној сарадњи, са потпуном елиминацијом губитака. Компаније окренуте lean производњи стално трагају за начинима унапређивања ефикасности, смањењу трошкова и унапређењу квалитета производа.

Да би се избегао губитак у lean одржавању, организација одржавања је развијена тако да функционише паралелно са системом производње. Ток вредности и структура одржавања сматрају се за подједнако индивидуалне системе са специфичним потребама и концептима одржавања (слика 4.1.) [3].

Организациона структура оријентисана на процес је направљена тако да је одржавање такође оријентисано у систем производње са организационог аспекта. Ово је тако организовано зато што организациона структура одржавања са мало „мешања“ у производњу може да изађе у сусрет високој потражњи тако што се стално фокусира на систем производње, чиме спречава „хаос“.



Слика 4.1. Систем lean одржавања [3]

Тим за одржавање се често жали да се распоред посла који је планиран за наредну недељу мења већ првог дана због непредвиђених околности. Морају да брзо реагују да би што брже направили неопходне капацитете, који нису тамо где су потребни. Ово повлачи разне последице за собом, што све више и више доводи до одступања од планираног посла и присиљава тим за одржавање да више реагују него да раде. Са аспекта свакодневности жеља да се има савршена организација одржавања која има све под контролом је апсолутно разумљива [3].

Примена lean одржавања је корак ближе остварењу овог циља. И поред тога и даље се јављају непредвидљиве околности на које се мора реаговати, што узрокује неопходност организовања стручног особља за кратак период. Али са оптимизираним организацијом тока вредности одржавања омогућује се смањење посла и трошкова у вези са поменутиим. Тиме се остварује лакше процењивање грешака за које је потребно одмах имати специфичан план деловања, који садржи прецизне инструкције за запослене. На основу овога се омогућује да се у будућности што ефикасније реагује од самог почетка.

Ради остварења циљева потребно је употребити капацитете одржавања који су хитно потребни. То подразумева распоређивање запослених по фабрикама и одељењима, тако да могу увек да пруже оптималну подршку производњи по аспектима тока вредности. Уз помоћ метода lean одржавања развијају се добри аспекти организације корак по корак [3].

4.1. Аутономно одржавање

Аутономно одржавање тежи да успостави што већу укљученост оператера на машини у одржавање те машине ради достизања више ефективности и свеукупног унапређења рада на производној опреми. Циљ је да се кроз обуку и постепеним активностима (корак по корак) оператер на машини оспособи да сам управља свим рутинским пословима на машини. Кроз ову обуку оператер долази до одговора на основна питања: зашто то радим? Како то да радим? Како да одржавам? Увођење аутономног одржавања се постиже кроз седам корака после којих ће оператери бити способни за самостално управљање и одржавање производне опреме (слика 4.2.).

Први корак је иницијално (почетно) чишћење. Циљеви овог корака су:

- Иницијално чишћење,
- Проналажење неправилности (аномалија) на машинама,
- Регистровање неправилности, прављење листа неправилности и плана њиховог отклањања,
- Иницијални план чишћења,
- Анализа губитака,
- One Point Lessons – OPL, лекција у једној слици (своди се на приказ стања пре и стања после предложеног унапређења) и
- Организовање (распоред машина, информационе табле) [1].

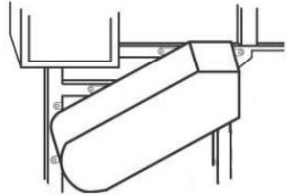
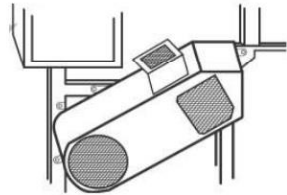


Слика 4.2. Кораци увођења аутономног одржавања [1]

Први корак подразумева формирање такозваних „тимова за чишћење“, плана чишћења и његову примену. Током поступка чишћења радници се упознају са машинама и опремом. Све неправилности уочене током чишћења се евидентирају. Машина се „раставља“ на подсистеме и обично је сваки члан тима одговоран за неки од подсистема.

Под појмом таговање се подразумева проналажење и евидентирање неправилности и представља процес који се никада не завршава. Тагови могу бити: извори прљавштине, потенцијалне опасности, неприступачна места за контролу, оштећени делови, цурење воде/уља/ваздуха и слично. Процес уклањања „тагова“ значи решавање уочених неправилности. Уклањање тагова заједно треба да обављају оператери који раде на производној опреми и служба одржавања. Они праве план, одређују приоритете, покушавају да нађу најбоље решење за уклањање тагова, постављају крајње рокове за уклањање сваког тага [1].

Након уклањања тагова обично се израђују OPL-ови (слика 4.3.) или систем обележавања налик семафору који се поставља на сваки мерни инструмент (слика 4.4.). OPL даје фотографију неправилности пре и после његовог отклањања и кратак текстуални опис проблема, све на једном листу папира.

ONE POINT LESSON	
Пре	После
	
ПРОБЛЕМ 1. Тешко је вршити преглед и подешавање елемената кроз непрозирну заштиту 2. Потребно је доста времена да се заштита скине и поново постави	УНАПРЕЂЕЊЕ Стављени су мрежица кроз коју је могуће вршити преглед стања елемената и отвор кроз који је могуће лако приступити зони за подешавање елемената
РЕЗУЛТАТ: Лакши преглед и замена елемената	

Слика 4.3. One Point Lessons – OPL или лекција у једној слици [1]

План чишћења треба стално унапређивати и ажурирати. Зато се у овом кораку усваја први, односно иницијални план чишћења. План чишћења помаже у сагледавању: како чистити, где, ко је одговоран, колико дуго траје чишћење, шта је неопходно да би се очистила зона од интереса и слично. Из овог почетног плана касније произилази стандард (усвојени и прописани поступак) чишћења сваке машине [1].



Слика 4.4. Обележавање мерних инструмената и покретних елемената [1]

Један од главних задатака аутономног одржавања и приступа уопште је смањивање губитака (шкартова, времена, брзина, квалитета и друго). Стога је важно анализирати све губитке који се јављају на машини, пратећи следеће циљеве:

- Сагледати јасну везу између губитака и дела (или процеса) на производној опреми који је повезан са уоченим губитком,
- Направити везу између губитака и активности повезаних са аутономним одржавањем, као што су: стандарди и планови чишћења, „таговање“ и друго и
- Успоставити приоритете [1].

Други корак подразумева анализу и уклањање свих извора прљавштина, делова машине неприступачних за преглед и слично. Ове активности се спроводе да не би дошло до повратка у стање пре чишћења. Циљ другог корака је да се време потребно за чишћење смањи а чишћење и прегледи учине што лакшим. Треба прегледати све изворе могуће контаминације и пронаћи начин за њихово уклањање. (на пример: промена заптивки у циљу спречавања цурења уља, можда чак и редизајн заптивке или подскопа на машини).

У овом кораку се прегледају прописани стандарди чишћења и врши њихова измена ако је то неопходно.

Циљ другог корака је и да омогући што лакшу проверу радних параметара. На слици су приказани мерачи притиска и протока, као и у ком опсегу треба да буду да би били у дозвољеном радном стању (слика 4.4.). На цевима је стрелицама уцртан смер струјања флуида. На електромоторима се уцртава смер обртања мотора. На редукторима се преко система семафора прати ниво уља.

Трећи корак је креирање и одржавање стандарда чишћења, прегледа и подмазивања. У овом кораку циљ је упростити систем подмазивања али и повисити ефективност подмазивања и смањити време подмазивања, затим укључити и оператере у унапређење опреме што ће им омогућити једноставније подмазивање. При дефинисању стандарда чишћења, прегледа и подмазивања треба да буду испуњена три основна услова:

- Оператери који спроводе активности чишћења, прегледа и подмазивања треба да разумеју виталну важност ових активности,
- Опрема мора бити унапређена са циљем упрошћавања активности подмазивања и
- Време захтевано за чишћење, прегледе и подмазивање мора бити тако да ово буде део дневног планирања активности.

Кроз претходно описане кораке један, два и три спречено је пропадање производне опреме и стављен акценат на основне услове потребне за обављање аутономног одржавања.

Четврти корак има за циљ:

- Побољшавање способности уочавања неправилности и дефинисање процедуре у циљу скраћења времена за њихово отклањање,
- Разраду детаљног плана прегледа делова машина,
- Разумевање структуре и принципа функционисања опреме која се користи и
- Практичну примену упутстава за свакодневни рад оператера [1].

Неопходно је да се опрема на којој се ради добро проучи, да се изврши избор делова који ће се прегледати и делова код којих је неопходно повишење нивоа поузданости. Код спровођења ових активности обуку оператерима пружа служба професионалног одржавања. Кроз обуку, се поред унапређења њихове професионалне обучености, долази и до подизања свести о важности посла који они обављају, а самим

тим и до неког облика самозадовољства. Тежи се да оператери спознају да су једнако важни као и остали радници у фабрици.

Уласком у пети корак, број отказа производне опреме значајно опада као резултат правилне примене ранијих корака. Коришћењем бројних стандарда, „нула отказа“ се постиже на појединим машинама на месечном нивоу. Оператери на машинама сада знају како да одржавају важне делове машине. У овом кораку се тежи да оператери буду укључени у анализу отказа тако да се узрок отказа разуме и на време отклони.

Уколико оператер још увек чисти, подмазује и врши преглед опреме ручно, даљи напори треба да буду усмерени ка стварању предуслова за визуелне прегледе и даљем унапређењу са циљем да се што је могуће више избегне људска грешка. Пример: уместо ручне провере загрејаности зона које се греју, уградити термопарове и температуру читавати на дисплеју.

Циљеви овог корака су:

- Наставак праћења већ успостављаних корака 1-4,
- Сарадња оператера са службом одржавања у циљу достизања „нула отказа“, односно рад опреме без отказа,
- Унапређење ефикасности прегледа,
- Јасне активности прегледа (ко, шта, када, како, зашто),
- Идентификација узрока који доводе до отказа (узроци отказа треба да буду што лакши за детекцију),
- Евидентирање и уклањање поновљивих отказа и
- Смањење трошкова одржавања [1].

Стандард чишћења и подмазивања постављен у трећем кораку и пробни стандард прегледа у четвртом кораку сада се комбинују у овом кораку. Ова два стандарда се комбинују у један „стандард аутономног одржавања“ који представља неопходне рутинске операције чишћења, подмазивања и прегледа које треба да обављају оператери.

Сва производна опрема мора бити уведена у ове стандарде, као и новопостављена опрема. Врши се оптимизација стандарда аутономног одржавања, елиминишу се активности које су непотребне или дуплиране, врши се аутоматизација одређених процеса, поједностављење тачака за преглед применом рока уоке алата, оптимизација подмазивања и тако даље.

Један од важнијих задатака је и разврставање отказа на основу: лошег одржавања или лошег основног одржавања прописаног стандардима. У овом кораку оператер има важну улогу у откривању и отклањању отказа. Оператер може да укаже на неке ситуације које су се догодиле пре отказа [1].

Све активности које су спроведене у корацима од један до пет биле су фокусиране на производну опрему, односно достизање „нула“ отказа (енг. zero breakdown).

У шестом кораку, активности аутономног одржавања су усмерене ка достизању „нула“ дефеката, квалитет производа не сме зависити од непредвидивог људског понашања, већ од процеса којим се могућност дефеката смањује на нулу.

Високо поуздан процес којим се константно производе само квалитетни производи остварује се кроз јасно идентификовање процеса обезбеђења квалитета и дефинисање неопходних услова за одржавање квалитета.

Циљеви шестог корака су:

- Наставити праћење претходних корака 1-5,
- Поставити систем одржавања квалитета који повезује квалитет и опрему, односно анализира зависност између стања опреме и квалитета производа,
- Унапредити распоред машина и опреме у фабрици (стазе за пешаке, виљушкар; обележити опасне зоне и слично),
- Стандардизовати одржавање и прегледе и омогућити визуелизацију стандарда [1].

Схватајући механизме рада машине и упоређујући рад машине са основним концептом и методама осигурања квалитета, оператер остварује две главне активности: прво, спречава да дефектни производи иду у даљи процес производње, и друго, врши превенцију настанка шкарта у производњи.

Услови такозваних „нула“ дефеката се прописују од стране Quality maintenance стуба и везани су за оператере, инжењере и експерте из сваке области производње. У циљу обезбеђења квалитета, један од алата који се при томе користи је „QA матрица“ (QA – Quality Assurance или обезбеђење квалитета). Ова матрица омогућава да се лакше види веза између губитака процеса и 4М методе [1].

QA матрица може бити примењена на различитим нивоима производње, од целе фабрике до појединачне машине, и може бити примењена на више начина:

- Може да класификује дефекте по приоритетима тако да се прати њихова поновљивост.
- Показује у ком делу производње има највише шкартова.

QX матрица је алат који помаже у дефинисању веза између губитака, параметара процеса са шкартовима, компоненти машине које учествују у том процесу и, на крају, подешавања машине у циљу превенције појаве дефекта.

QX матрица се користи:

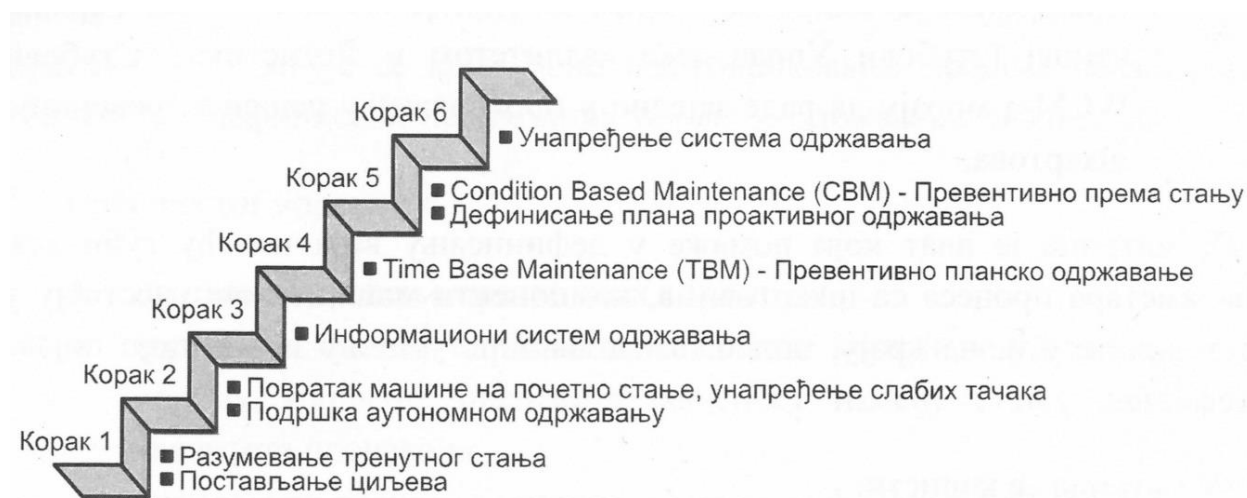
- У циљу дефинисања стања производне опреме која омогућава да опрема ради без појаве шкартова,
- За дефинисање тачака које су директно везане за квалитет производа односно шкарт и потребно их је контролисати да би се избегли шкартови и
- Да би се свим запосленима лако представиле све потребне информације које се тичу односа дефекта и радних параметара.

Постоји још алата који прате процесе, отказе и дефекте повезане са обуком радника, радним процесима, квалитетом.

Седми корак је завршни корак у коме се даље примењује све што је већ урађено кроз претходне кораке.

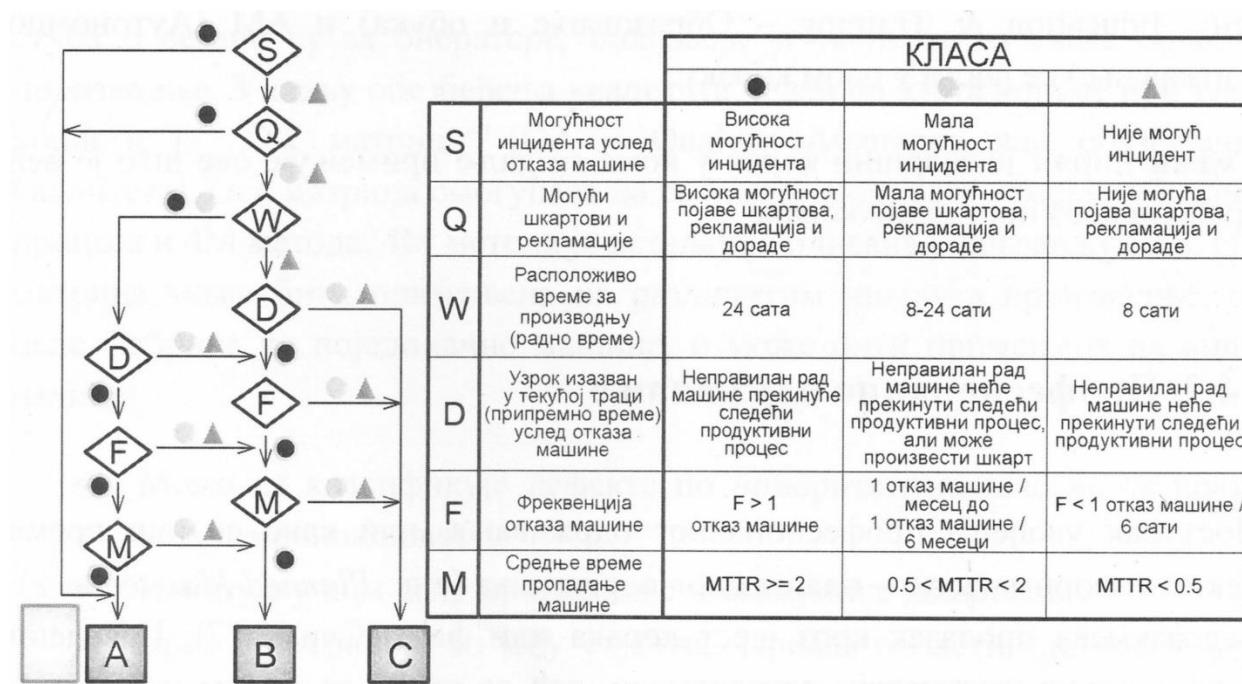
4.2. Професионално одржавање

Поступак увођења професионалног одржавања, или планираног одржавања (енг. Planned Maintenance), се спроводи кроз шест корака или фаза (слика 4.5.). Наведени кораци се не извршавају истовремено, већ се креће са првим кораком и полако се, на основу претходно дефинисаног плана, предузимају активности из корака који следе.



Слика 4.5. Кораџи при увођењу професионалног одржавања [1]

Први корак подразумева схватање тренутног стања система као и постављање реалних циљева. У овом кораку се разврстава постојећа производна опрема (машине) према приоритетима, односно врши се АБС класификација (слика 4.6.). АБС класификација базирана је на Парето анализи (Vilfredo Pareto).



Слика 4.6. ABC класификација производне опреме

Критеријуми који се узимају у обзир приликом класификације машина су:

- S (Safety) - Безбедност (колика је потенцијална опасност којој би били изложени радници у случају отказа машина),
- Q (Quality) - Квалитет (на основу жалби купаца и потреба за дорадом),
- W (Work) - Рад (време у којем је опрема расположива за производњу),
- D (Delivery) - Достава (колики је утицај на време испоруке производа),
- F (Frequency) - Учесталост отказа машине и
- M (maintability) - Могућност поправке (средње време поправке машине, погодност за одржавање...) [1].

Након извршене ABC класификације за сваку групу машина се прописује одговарајући начин одржавања према степену приоритета.

Код „А" машина применити:

- Проактивно одржавање,
- Превентивно одржавање,
- Анализу свих отказа уз подршку аутономног одржавања кроз тимове за унапређење,
- Формирање тимова за отклањање отказа и
- RCM Анализу (одржавање према поузданости, енг. Reliability Centered Maintenance).

За „В" машине:

- Проактивно одржавање,
- Превентивно одржавање,
- Формирање тимова за отклањање отказа и
- Анализу отказа од стране службе одржавања.

За „С" машине:

- Корективно одржавање,
- Превентивно и проактивно одржавање на унифицираној опреми и
- Анализу отказа од стране службе одржавања како не би дошло до понављања истог отказа [1].

Информације о историји отказа по машинама су од великог значаја за проналажење поновљивих отказа и њихово отклањање. Поновљиви откази се морају сагледати са више аспеката (квалитет, одржавање, безбедност...) како би се формирао тим који ће ефикасно решити овај проблем. Тим који се формира може да се фокусира на целу линију, машину, део или врсту отказа. За отказе који се понављају први корак је „4М/5 Зашто?" анализа, након чега се примењују одређене активности и прате резултати кроз службу одржавања.

Откази који се повремено појављују су, у већини случајева, откази узроковани грешкама оператера и непоштовањем прописаног плана одржавања или упутства за руковање производном опремом. Ови проблеми се отклањају поновном обуком радника и унапређењем превентивног одржавања. Неопходно је размотрити поновљивост и утицај ових отказа и прописати приоритете који се односе на њихово отклањање [1].

Циљ другог корака је да врати производну опрему у почетно стање тј. на ниво какав је имала на почетку експлоатационог века. Кроз чишћење, подмазивање, уклањање извора прљавштина, скидање делова и слично, производна опрема се боље упознаје. Овај корак служба одржавања и оператери морају да прођу заједно са циљем да уједно и обуче оператере за успешно спровођење аутономног одржавања у каснијој фази. Концепт „ја радим, ти одржаваш“ је замењен концептом „моја машина! Моја брига“. У овом кораку се прописује такозвани CIL (Cleaning, Inspection, Lubrication) стандарди. Овим стандардом се прописује које се површине чисте и како, како се врши провера прописаних места и параметара, како се врши подмазивање и слично.

Трећи корак је успостављање информационог система одржавања. Ово је компликован задатак и захтева добро познавање расположивих података. Овај систем мора да садржи списак људи, техничку документацију, план превентивног одржавања, тренинг информације, резултате техничке дијагностике, списак резервних делова, трошкове, праћење перформанси опреме, опис опреме, анализе отказа и слично. Ово је комплексан посао и захтева ангажовање свих запослених. Информациони систем се гради и унапређује годинама [1].

Изградња система превентивног планског одржавања (четврти корак – слика 4.5.) представља однос за дефинисање, контролу и управљање активностима превентивног одржавања. Превенција отказа је могућа када оператери добро познају производну опрему и њене могуће отказе. Резултати одржавања морају бити видљиви на таблама предвиђеним за то. Потребно је дефинисати активности које су корисне и ефикасне у активностима одржавања и проналазити нове. Систем планираног планског одржавања се најбоље може дефинисати коришћењем раније донетог плана превентивног одржавања, препорука произвођача, анализе отказа сличне машине и слично. Након израде плана треба тежити одржавању према поузданости (енг. Reliability Centred Maintenance – RCM), као и проактивном приступу одржавању.

Пети корак је увођење превентивног одржавања према стању. Стање производне опреме се прати преко параметара, као што су температура, вибрације, притисак и друго, који су повезани са потенцијалним отказима на опреми. Важно је утврдити где се ти сигнали могу измерити, да ли се могу измерити без додатних инструмената или не. У великом броју случајева довољно је 5 људских чула за идентификацију око 50% потенцијалних отказа [1].

Активности одржавања имају утицај на укупан трошак и квалитет производа, време испоруке, као и безбедност радника. Циљ је да се дефинише минимум трошкова одржавања који гарантује да ће машина одржати жељене перформансе. Ово је у ствари и сврха последњег, шестог корака увођења професионалног одржавања. Трошкови одржавања се могу поделити на директне трошкове, трошкове услед губитка производње због отказа и трошкове који се односе на резервне делове (наручивање, транспорт, држање и слично).

4.3. Kaizen процес

Kaizen метода се примењује на индивидуалне, малог обима, једнонедељне пројекте који су део општег процеса производње. Сваки пројекат се често назива Kaizen Blitz Event. Kaizen активности се не могу применити одједном на целокупну фабрику већ се примењују појединачно.

Каизен је јапанска филозофија која се фокусира на континуално побољшање не само у привреди већ и у реалном животу. Ако применимо Каизен филозофију на радно место, онда можемо видети и да каизен активности могу константно да побољшавају све радне аспекте, од нивоа производње до менаџерског нивоа и од генералног менаџера до радника на линији производње. Унапређењем стандардизованих активности и процеса, каизен има за циљ да елиминира отпад. Каизен методологија обухвата омогућавање и праћење промена а затим и прилагођавање. Реч потиче од јапанске речи *Ka* што значи промена и *Zen* што значи увидети или стећи мудрост. Смисао каизена је промена на боље или континуирано унапређивање [2].

Циљ каизена је да елиминира штетне активности у току вредности. Каизен се обично идентификује са унапређењем производње али се он може применити и на продају и на услуживање.

Каизен су дневне активности, циљ који се постиже после једноставних побољшања продуктивности. То је процес који када се уради правилно, хуманизује радно место, елиминира претерано тежак рад и учи људе да обављају експерименте на својим делима користећи научне методе и како да науче да обележе и елиминирају шкарт у процесу пословања. Филозофија се може дефинисати као враћање мисаоног тока у аутоматизовано производно окружење, које доминира понављањем задатака који традиционално захтевају мало менталног учешћа запослених.

Елемент за каизен може бити појединац, мале групе или велике групе. Обично су у питању локална побољшања у оквиру радне станице или локалне регије или укључује мале групе које побољшавају своје радно окружење продуктивности. Каизен на широко укршта одељења у предузећима, генерише укупно управљање квалитетом и ослобађа људски рад кроз побољшање продуктивности коришћењем машине и рачунарске снаге.

Постоји неколико различитих каизен активности. Сви у основи имају исти циљ (елиминисање губитака) али се разликују по учесницима, месту одвијања и дужини:

1. Континуирано унапређење – унапређење у малом, континуирани кораци који могу бити смештени у контексту бројних тактичких иницијатива. Малобројна дневна унапређења спроведена у сваком послу и свакој пословној функцији на крају почињу акумулирати у врло велике добитке.
2. Gemba kaizen – gemba се са јапанског језика преводи као право место. У производном предузећу gemba представља производни погон. Gemba kaizen је заправо каизен активност која се одвија у производњи.
3. Sistem kaizen – је каизен који се односи на радикално унапређење процеса како би се елиминисали губици који не додају вредност производа.
4. Kaizen догађај – је планирана активност где тим покушава да унапреди неки аспект предузећа. Пре саме активности потребно је изоловати проблем, одредити тим и вођу тима, одредити циљ унапређења, мере које ће се користити и време трајања.

Каизен догађај има за циљ брзо откривање коренског узрока проблема и брзу и фокусирану имплементацију решења.

5. Каизен блиц – је планирани каизен догађај који траје 3-5 дана. Основни циљ је брзина унапређења [2].

Каизен је метода континуираног унапређења коју морају сви практиковати у предузећу. Рока Yoke, jidoka, Smed, уравнотежење процеса производње итд. су заправо продукти каизен активности. Сваки Рока уоке уређај настаје спровођењем каизен активности тј. решавањем корена неког проблема у производњи. Каизен мора бити пажљиво припремљен, ефикасно вођен и имплементиран ако се желе успешни резултати. Ако се активности не спроведу по стандардном одговарајућем редоследу, долази до конфузије и лоших резултата. Време каизен догађаја се може поделити у три велике целине. На припрему (изолација проблема, употреба статистичких активности) би требало утрошити 40% времена, 40% на проналажење решења и 20% на имплементацију решења.

Принципи каизена су:

- Главна предност предузећа су њени радници
- Унапређење процеса ће се пре десити ако се унапређује по мало уместо све одједном
- Унапређења треба имплементирати чим се укаже могућност за то
- Препоруке за унапређење морају бити базиране на квантитативним и статистичким методама процеса [2].

Из ових принципа се лако може направити процедура коју је потребно поштовати сваки пут када се каизен активност спроводи. Каизен активност се базира на Деминговом кругу квалитета (PDCA) са четири основне активности које треба спровести: планирање (plan), спровођење (do), провера (check), деловање (act).

1. Планирај – креирање плана промена и идентификовање специфичних ствари које треба променити. Дефинисање корака који се морају предузети и претпостављање резултата тих промена.

2. Учини – извршење плана у пробном окружењу. Тестирање промена на малом узорку или на умањеној скали како би се могли испитати резултати предложене промене.

3. Провери – испитати резултате теста. Уверити се да је процес унапређен. Ако су промене профитабилне, примењују се на пословање, а ако не, поново се врши друга промена.

4. Делуј – примена промена на ширем узорку (целокупном пословању). Уводе се промене у стандардне оперативне процедуре.

Током неколико дана пројектни тим пролази кроз комплетни PDCA циклус циљајући специфичну област пословања или конкурентну активност на коју се фокусира. Тим тражи штетне активности у току вредности пословања и елиминише их. Предмет унапређења може бити било шта: квалитет производа, интерна или екстерна комуникација, организација пословања, продаја, услуживање и тако даље. Пројектни тим обично ради у време радног времена јер је изузетно важно да се каизен доживи као било који други уобичајени процес рада, да постане радна активност која се спроводи редовно по унапред дефинисаном распореду. Потребно је и неопходно да каизен постане део живота компаније [2].

Циклус каизен активности се могу дефинисати као:

1. Стандардизовање операција
2. Мерење стандардизованих операција (проналажење времена циклуса и количина залиха у процесу)
3. Баждарење мера према захтевима
4. Увођење иновације ради испуњења услова и повећања продуктивности
5. Стандардизовање нове, побољшане операције
6. Наставак циклуса бесконачности.

Тим који спроводи каизен мора бити правилно одабран. Треба да га сачињавају радници који су упознати са процесом где је проблем изолован. Тим је потребно едуковати о статистичким и квантитативним методама које се користе за описивање проблема.

Постоје четири врсте каизена које се могу имплементирати кроз PDCA активности:

1. Quick Kaizen
2. Standard Kaizen
3. Major Kaizen
4. Advanced Kaizen [2].

1. Quick Kaizen – Брзи каизен

Брзи каизен је алат, веома користан за брза побољшања, доприноси развоју идеја и предлога, шири know-how и имплементира решења. Брзи каизен се користи када је проблем скоро потпуно дефинисан и подаци у вези тог проблема су доступни. Брзи каизен је алат радника на линији који проблем сами уочавају и могу релативно брзо и лако да га се реше без ичије помоћи или уз помоћ технолога. Брзи каизен се најчешће из тих разлога и попуњава руком од стране радника.

2. Standard Kaizen

Логика и начин решавања standard kaizen-a је веома слична QK. Главна и основна разлика је у томе што QK уобичајено раде оператери на линијама са веома малом контролом, док SK се развија и извршава од стране техничког лица.

3. Major Kaizen – Велики каизен

Велики каизен је алат тешке категорије за побољшања која захтевају велике тимове и дуге временске периоде (комплексни проблеми). Активности тима су праћене и визуелно приказане на табли за свих седам корака процеса. Табла мора показивати укљученост и преданост људи, професионализам у обављању активности и начин како да се проблем разуме и од стране осталих запослених који нису учествовали.

Вођа пројекта (носилац) мора пратити прогрес пројекта и правилно имплементирање решења и ширењег стеченог how-know осталим радницима.

4. Advanced Kaizen – Напредни каизен

Напредни каизен је алат којим руководи у принципу менаџмент компаније и који га спроводи од почетка до краја. АК захтева формирање мултидисциплинарног тима људи који ће своје главне активност преодредити решавању постављеног проблема.

Али најчешће, знања која поседују чланови тог тима нису довољна за решавање проблема па је неопходно ангажовати специјалисте или стручњаке ван компаније како би проблем могао бити на најбољи начин решен. Стога АК захтева фокусирање на широком спектру процеса и стога је дуготрајан и интензиван. Правилним одабиром и правилном применом АК компанија најчешће остварује енормне уштеде [2].

Приликом примене каизен алата мора се:

- Кренути од чињеница
- Имплементирати привремена решења како би се заштитили корисници
- Наћи коренити узрок проблема
- Проверити да ли се пронађено решење може применити само данас или се може применити увек
- Стандардизовати и применити побољшања на целу фабрику.

Не постоји само један начин за примену каизена у одржавању. Свака компанија може користити сопствене каизен алате и обликовати сопствени каизен приступ. Међутим, главни циљ каизена јесте постепено и континуирано побољшање процеса који укључују све нивое организације. "Muda" или смањење "отпада", што значи одржавање нултих губитака у свакој сфери активности, је покретач приступа.

Примењено на одржавање алата, каизен политика укључује и тежњу за смањењем трошкова, прецизно управљање резервним деловима, анализу предвиђања отказа и примену превентивног одржавања, смањење дефеката и застоја, ефективан распоред активности оператера и техничара одржавања.

Узимајући у обзир чињеницу да су каизен активности засновани на тимским резултатима фокусираним на побољшање специфичних процеса или подручја, као неки примери каизен одржавања опреме могу се навести смањење средњег времена за отклањање отказа или тимски тренинг за ефикасну употребу CMMS-а и свих његових карактеристика.

4.4. 5S Метода

Примена 5S методе се примењује за остварење ефикасније организације радног простора и стандардизацију радне процедуре. 5S поједностављује радну средину и смањује губитке и активности које не доприносе повећању вредности производа (енг. Non value added activity) и побољшава квалитет, ефикасност и безбедност. Како је методологија потекла из Јапана, назив је добила од 5 израза на јапанском језику који почињу на слово S. Сваки израз на јапанском има свој одговарајући израз на енглеском и на српском језику који такође почиње на слово S. Циљ је да свако радно место буде организовано на такав начин да максимално олакша и убрза рад раднику (слика 4.7.) [2].

1. Сортирати (енг. Sort), (јап. Seiri)

Прво S се односи на уклањање непотребних предмета са радног простора. Под тим се подразумева организовање - разврставање, пре свега алата и прибора који се користе у процесу производње, у групе по критеријумима приоритета и учесталости употребе (табела). Спровођењем ове активности долази до значајног скраћења времена утрошеног на тражење алата.

Визуелна метода за идентификацију непотребних предмета се назива црвено таговање (енг. red tagging). Црвено обележје се поставља на предмете који су непотребни за обављање посла односно који су вишак у радном простору. Ти предмети се касније одлажу у централну оставу. Повремено коришћени предмети се одлажу у боље организовано складиште изван радног простора док су непотребни одбачени. Сортирање је веома ефикасан начин за остваривање већег раног простора приликом чега се отклањају непотребни предмети као што су сломљени алати и вишак сировог материјала.



Слика 4.7. 5S метода [6]

2. Систематизовати (енг. Set in order), (јап. Seiton)

Друго S се односи на ефикасност и ефективне методе складиштења. Приликом систематизације се постављају следећа питања:

- Шта ми је потребно да обавим посао?
- Где би требало да поставим овај предмет?
- Колико ми је потребно ових предмета?

Стратегије за ефикасно спровођење систематизације су фарбање подова ради обележавања радног простора и локација, прављење зидних табли за одлагање алата, постављање полица и ормарића за потребне предмете, као што су канта за отпатке, алати, кутије за алат, спајалице и остале ствари које су потребне за свакодневну употребу. Сваки предмет би требало да буде постављен на одређену локацију где га сви запослени могу пронаћи. Место за све и све на свом месту. Идентификација треба да буде једнозначна а претраживање лако и брзо [2].

3. Спремити (енг. Shine), (јап. Seiso)

Након сређивања пренатрпаног простора и након одлагања вишка материјала и идентификације и позиционирања потребних предмета, следећи корак је темељно чишћење радног простора. Свакодневно додатно чишћење је потребно како би се одржао овај корак. Чистији радни простор омогућава да се лакше увиде недостаци (цурење хладњака, лоша вентилација, контаминација, сломљени предмети). Ове промене уколико се не уоче, могу довести до отказа опреме и застоја у производњи.

4. Стандардизовати (енг. Standardized), (јап. Seiketsu)

Запослени треба да у међусобној дискусији одлуче о стандардима, односно писаним упутствима за одржавање чистоће и уредности радног места, опреме, транспортних путева и осталог простора у оквиру фабрике. Утврђени стандарди се примењују у целој фабрици уз повремено проверавање и унапређење [1].

5. Самодисциплиновати (енг. Sustain), (јап. Shitsuke)

Самодисциплиновање представља најтежи корак у имплементацији ове методе. Људима је у природи да се одупиру променама и већи број компанија је имао пренатрпане просторе за рад у наредних неколико месеци од тренутка примене 5S методе. Прихватање и спровођење 5S методе треба да буде схваћено као начин живота и рада свих запослених у фабрици. На тај начин се постиже одрживост 5S методе.

Примена 5S методе у функцији одржавања је веома широка. Очишћен радни простор, велика прегледност, доступност потребних алата који се увек налазе на унапред предвиђеном месту, јасно дефинисана упутства веома утичу на повећање ефикасности процеса одржавања.

4.5. Идентификација и елиминисање 7 „смртних“ губитака

Toyota је идентификовала 7 основних типова губитака у производном процесу или пословању. Губици се могу идентификовати у различитим фазама настанка производа (развој производа, примање наруџбина и на остале логистичке послове), како у процесу производње тако и у услужним процесима. Губици су:

- Прекомерна производња
- Непотребан транспорт
- Непотребан застој (чекање)
- Прекомерна обрада
- Залихе
- Непотребно кретање
- Дефекти [16].

Уз ових 7 основних губитака често се додаје и осми губитак „неискоришћена креативност запослених“. Најчешћи приступ који се примењује приликом разматрања и развијања стратегије у вези са губицима је следећи:

- Проблем – губици постоје и егзистирају на свим нивоима и у свим активностима
- Решење – идентификација и елиминисање губитака

- Ко? – сви запослени у предузећу.

Прекомерна производња

Прекомерна производња је главни тип губитка у фабрикама. Многе активности и услуге не повећавају вредност производу или не представљају никакву вредност за купце који би били спремни да плате за то. Ово такође укључује посао одржавања који се обавља чешће него што је потребно. Ако су на пример делови замењени из превентивних разлога а који би иначе функционисали, онда је то губитак [4].

Две најчешће форме у којој се јавља ова врста губитака су:

- Производња производа више него што купац захтева и
- Производња производа брже него што их купац купује.

Засновано на концепту прекомерне производње, серијска производња је у великој мери заступљена, па се готови или полупроизводи складиште, што резултира додатним трошком. Губитком равнотеже између тражње и производње неког производа, настају велики проблеми, што је врло чест случај код масовне производње. Основна три приступа Lean производње су:

1. Производи се само потребан производ.
2. Производи се само потребна количина.
3. Производи се тек када је то потребно.

Један од основних разлога за прекомерну производњу у фабрикама јесте да се људи и машине константно експлоатишу како би се повећала њихова ефикасност. Појам оваквог „ефикасног коришћења“ сматра се погрешним и резултира великим залихама.

Како идентификовати губитак:

- Прекомерна производња ствара залихе
- Непостојање тока производње и pull система
- Квалитет производа је тешко контролисати
- Постојање више простора за складиштење
- Смањена флексибилност производње.

Узроци који доводе до овог типа губитка су: серијска производња, производи се више него што је потражња, превише рада, непостојање дефинисаног темпа производње, лоше планирање, лоша имплементација стандардизованог рада, takt time није релевантан параметар за организацију производње [16].

Ситуација се може поправити тако што: се успоставља уједначена производња, распоређује производња и логистика, израђује план рада, се уводи Канбан систем и систем повлачења, имплементира темпо радних активности, имплементира стандардизован рад, развија и успоставља takt time за сваку производну линију.

Непотребан транспорт

Непотребан транспорт подразумева сва кретања материјала од улаза до излаза из фабрике, односно производних погона. Транспорт сировина од добављача, полупроизвода приликом процеса обраде, као и готових производа приликом складиштења, представља један од основних елемената процеса производње и заузима значајан део времена. Транспорт производа између процеса је трошак који не додаје вредност производима. Оно што је позитивна страна овог губитка јесте да се лако може уочити и идентификовати. Стога, сваки пут када се неки производ и палета са

производима премешта са једног на друго место помоћу палетара или виљушкара представља губитак. Последице постојања непотребног транспорта су: лош изглед финалног производа услед могућих оштећења приликом транспорта, лоше разумевање тока процеса, неуспешна комуникација (губитак података, некомпатибилност, непоузданост информација) [16].

Транспорт је саставни и неопходни део у производном процесу али уколико се класификује као губитак, предузеће се приморава да значајно смањи транспорт производа унутар фабрике. Најважније информације, како би се донела правилна и прецизна одлука у вези смањивања утицаја овог губитка, могу се покупити током посматрања производног процеса и погона фабрике.

Непотребан транспорт и употреба алата и помоћног материјала захтева (троши) ресурсе који могу корисније бити употребљени у друге сврхе. Да би се ово умањило, алати, резервни делови итд. би требало да буду смештени близу машина где су потребни. Такође би било пожељно да се купе резервни алати [4].

Како идентификовати губитак:

- Већи број места за одлагање залиха
- Вишак залиха
- Значајно већа употреба опреме за транспорт
- Смањена ефикасност
- Висок ниво активности које не додају вредност производу
- Вишеструко непотребно премештање производа

Узроци који доводе до овог типа губитка су: серијска производња, производи се више него што је потражња, превише рада, непостојање дефинисаног темпа производње, лоше планирање, лоша имплементација стандардизованог рада, takt time није релевантан параметар за организацију производње.

Ситуација се може поправити тако што: се успоставља ток производње, успоставља се уједначена производња, употребљава вишенаменска опрема, имплементира стандардизован рад, уводи Kanban систем и систем повлачења.

Непотребан застој (чекање)

Непотребан застој или чекање може се испољити на више различитих начина. Чекање се може односити како на раднике (оператер чека да машина заврши процес рада) тако и на машине (машина је у застоју јер радник није припремио део за даљу производњу). Период у коме оператер и машина не врше никакву функцију која доноси вредност производу, назива се неактивно време односно непотребан застој.

Сва времена чекања (производ спреман за даљу обраду али ипак чека у некој од међупроизводних фаза) мора се елиминисати. Непотребан застој значајно повећава lead time (време протекло од добијања захтева за производњом до завршетка процеса производње), што и представља један од кључних параметара у lean производњи [16].

Настаје када целокупно одељење не обавља никакву активност док тим за одржавање не заврши свој посао, или ако особље одржавања може да ради само када су им сви алати и документација доступни. Непотребно чекање може да буде избегнуто на пример, координацијом одржавања са производњом и тако што ће се обезбедити да сви неопходни делови и документација буду на потребном радном месту [4].

Како идентификовати губитак:

- Чекање на раднике и машине
- Залихе

Узроци који доводе до овог типа губитка су: лош ток производње, лоша опрема, лоше организован процес производње, неуједначени процеси производње, лоше имплементиран и организован стандардизован рад.

Ситуација се може поправити тако што: се уједначи производња, имплементира ток производње, успоставља темпо производње, планира процес, имплементира стандардизован рад.

Прекомерна обрада

Прекомерна обрада дефинисана је као већи број спроведених активности од броја неопходних за израду једног производа. Овај губитак је веома тешко идентификовати уколико није добро познат производни процес [16].

Последице постојања прекомерне обраде:

- Захтеви купаца нису тачно дефинисани
- Недостатак комуникације
- Промене у производима без промене у процесима
- Повећане непотребне копије докумената у процесима.

Потребно је нагласити, уколико се разматра овај тип губитка, није проблем у доради већ у процесима који доводе до неопходности употребе процеса дораде. Ови проблеми у квалитету ретко су последица лошег индивидуалног рада већ је главнина проблема у самом производном процесу. Toyota је позната по њиховој употреби јефтине аутоматизације у комбинацији са беспрекорно одржаваним и често нешто старијим машинама. Инвестирањем у мању али флексибилнију опрему (тамо где је то могуће), стварањем производних ћелија и увођењем комбиновања коришћења расположиве опреме може се увелико смањити расипање које настаје управо из прекомерне обраде у процесу производње [16].

Како идентификовати губитак:

- Припрема радних активности или активности које не финализирају процес
- Повећање броја NVAA
- Лош квалитет
- Вишеструко непотребно премештање производа
- Дорада и преправке.

Узроци који доводе до овог типа губитка су: лош редослед производног процеса, лош редослед рада, коришћење лоше опреме и алата, непостојање стандардизованог рада или стандардизовани рад је исувише компликован, делови које допрема добављач имају лоше карактеристике.

Ситуација се може поправити тако што: се исправља стари или прави нови редослед радних активности, имплементира стандардизовани рад, користи нова опрема и алати, планира процес, имплементира контрола квалитета улазног материјала.

Залихе

Без обзира што се овај губитак најлакше уочава, ипак га је најтеже елиминисати. Уколико желимо да смањимо залихе на најмањи могући ниво, неопходно је да узрок и последице залихе буду на адекватан начин квантификоване. Неретко се дешава да су узроци залиха у производном процесу или у организацији радних активности.

Превелика производња и друге нелогичности у производњи резултирају гомилањем залиха које бескорисно стоје у складишту и чекају нове наруџбине до којих може али и не мора да дође. У суштини овај губитак односи се на постојање већег броја залиха (сировина, полупроизвода и готових производа) него што је потребно за обављање редовних активности. Последице постојања великог броја непотребних залиха су следеће:

- Велике залихе које обезбеђују сигурност у снабдевању производима
- Неуравнотежена оптерећења у процесима рада
- Непоузданост у пошљкама од добављача
- Повећана сложеност производа.

Залихе су један од највећих губитака у било којој индустрији. Губици се манифестују у облику сировина, полупроизвода као и готових производа. Велика количина средстава користи се за набавку сировина и потребно их је преусмерити само према онима које су неопходне. Залихе имају реалну шансу да постану застареле и тиме заузимају простор и потенцијално изазивају неефикасан рад. Сваки пословни процес састоји се од одређеног износа залиха али кроз имплементацију lean пословне филозофије, предузеће може да их сведе на минимални неопходни износ [16].

У одржавању би требало да укључују само неопходне количине материјала и алата тако да се капитал и складишта не користе у колико то није потребно [4].

Како идентификовати губитак:

- Веома дугачко lead time, делови се дуго налазе у складишту пре него што буду употребљени у процесу производње
- Залихе заузимају много више места него што је иначе одређено
- Повећана контрола квалитета производа
- Повећана употреба опреме за транспорт.

Узроци који доводе до овог типа губитка су: схватање да су залихе неопходне, лоша опрема и организација процеса, серијска производња.

Ситуација се може поправити тако што: се уведе обука за менаџмент и мапирање тока вредности, уједначи производња, имплементира ток производње.

Непотребно кретање

Непотребно кретање се јавља код ергономски лоше осмишљених процеса а резултирају тешким опасним и стресним руковањем материјалом. Осим што су радници у таквим условима мање продуктивни, лако долази и до повреда. Продуктивност опада услед непотребног кретања, лошег позиционирања материјала или увијања [16].

Спречава да запослени обављају свој посао и уместо тога дуго лутају фабриком. Главни разлози за ово су то да су алати смештени негде другде, документација и упутства морају да буду нађени, делови морају прво да се саставе и лоше

координисани план рада, што значи да неки послови морају да се започињу по више пута. Добра припрема и план рада могу да спрече овај тип губитка [4].

Последице постојања непотребних кретања су:

- Двострука руковања материјалима и производима,
- Лоши распореди процеса унутар функције производње
- Неконзистентне методе рада
- Лоша организација радног простора и лоше одржавање.

Како идентификовати губитак:

- Смањена ефикасност
- Већи број радника
- Неуједначени процеси производње

Узроци који доводе до овог типа губитка су: лоша организација радног места и радне околине, нефлексибилни радни процеси и машине, лоша организација радних активности, недовољно добро организован ток производње, лоше имплементиран стандардизован рад.

Ситуација се може поправити тако што се: имплементира ток производње, уједначи производња, уведе kanban sistem, имплементира pull систем, имплементира стандардизован рад, употребљава вишенаменска опрема.

Дефекти и дорада

Дефекти и дорада троше ресурсе непотребно сваки пут када неки задатак мора поново да се уради јер није урађено како треба испрва. Да би се избегао овај тип губитка, неопходно је да се узрок дефекта јасно анализира и након тога отклони. Једнако је важно да запослени буду адекватно обучени [4].

Пошто имају директан утицај на продају у крајњој линији, дефектни производи представљају огромне трошкове за организацију. Трошкови укључују држање инвентара, поновну инспекцију, репрограмирање производње и губитак капацитета. У многим организацијама, укупни трошкови ових производа често су значајан проценат укупних трошкова производње. Последице постојања непотребних грешака су:

- Слаба контрола процеса и лош квалитет
- Лоше планирано одржавање
- Неадекватан тренинг запослених
- Неразумевање потреба клијената.

Како идентификовати губитак:

- Варијације у материјалу и цени производа
- Ниска ефикасност
- Повећана контрола квалитета производа
- Увећан број радних часова.

Узроци који доводе до овог типа губитка су: добављач је испоручио дефектне делове, непостојање контроле унутар производног процеса, неадекватан метод или стандард за контролу [16].

Ситуација се може поправити тако што се: имплементира систем контроле, користи рока уоке, контролише квалитет на више различитих места у производном процесу.

Као и у производњи, идентификација 7 најчешћих губитака у одржавању може помоћи у дефинисању праве стратегије за њихово елиминисање, при чему ће се остварити пут континуираног побољшања. У одржавању, седам основних губитака су:

- неусмеравање пажње на праве узроке проблема који се јављају у одржавању
- бескорисне активности у одржавању
- недостатак правилно структурираних поступака одржавања
- потребно време за поправку/одлагање
- доступност резервних делова
- контрола трошкова
- заокупљеност свакодневним активностима

Неусмеравање пажње на праве узроке проблема који се јављају у одржавању

Понекад, посебно у брзо променљивом окружењу, одељења за одржавање примењују корективни приступ. Другим речима превише су заузети решавањем проблема да би обратили пажњу на узрок.

Посматрајући на дуже стазе ово је веома неефикасан приступ. Поправка неког дела (на пример покретна трака) може трајати само неколико минута али посматрајући укупно време где се отказ појавио више пута, изгубљено време, време чекања, настанак дефектних производа и тако даље, указује да овај приступ знатно увећава трошкове фабрике.

Решење проблема је извршавање темељног процеса изолације отказа и анализе сржи проблема како би се идентификовао прави узрок и спречило његово даље понављање. Понекад је у брзо променљивим окружењима битно хитно отклонити проблем, међутим важно је применити систем, обично познат као FRACAS (Failure reporting, Analysis and Corrective Action System), како би се пратили, истражили и открили прави узроци проблема, пре него што се опет појаве.

Бескорисне активности у одржавању

Бројна одељења за одржавање имају структуру базирану на класичном концепту одржавања тако да су њихови програми одржавања пуни задатака за одржавање, програмираних замена и прегледима.

Иако су то ефикасне технике када се примене на прави систем или компоненту, оне у ствари могу погоршати ситуацију и довести до повећања могућности појаве отказа ако се лоше примене. Ово се углавном дешава због тога што постоји велики број образаца неуспеха а класичне технике одржавања су ефикасне само у малом проценту компоненти.

Уместо тога, одржавање према поузданости (RCM) анализира сваку функцију система, узимајући у обзир не само обрасце неуспеха, већ и контекст операције, критичност и безбедност која се односи на њих.

Недостатак правилно структурираних поступака одржавања

Без поузданог система, неки техничари могу довршити задатак на одговарајући начин, док други могу погрешно или чак опасно радити тај исти посао.

Одељења за одржавање треба да развију процедуре одржавања како за општу праксу, тако и за специфичне комплексне задатке одржавања. Обезбеђењем времена за обављање посла и ефикасним преношењем потребних процедура, обезбеђује се да сви извршавају посао по истим стандардима [19].

Потребно време за поправку/одлагање

Понекад службе одржавања нису ефикасне колико би могле да буду иако имају високо обучени и добро утрениран тим радника, ефективне процедуре и довољно ресурса за решавање проблема. Понекад неефикасност може бити проузрокована лошом проценом максималног времена за отклањање отказа.

У краћем интервалу посматрано, када се догоди отказ, техничарима је потребно неколико минута да га отклоне. Посматрано у дужем интервалу, углавном се јави више случајева који доводе до додатних одлагања (особље мора да оде до радионице да набави потребне алате или резервне делове, доношење погрешног алата јер проблем није правилно саопштен, приручници нису доступни итд).

Једном када се идентификују, већину ових дефеката је лако отклонити, и то доводи до повећања ефикасности одржавања.

Доступност резервних делова

Велики губитак може представљати неправовремено обезбеђење резервних делова. Ситуација када дође до отказа система а неопходан резервни део може бити доступан тек за пар дана, недеља или чак месеци, доводи до знатног увећања трошкова фабрике. Понекад се ово не може избећи, посебно када дође до неочекиваног отказа или када се тај проблем јави први пут. Међутим могућност да до овога дође се може смањити оптимизацијом складишта резервних делова [19].

Контрола трошкова

Информације су кључне за доношење одлука и планирање. Ово је нарочито тачно када се говори о трошковима и буџетима. Понекад, одељења за одржавање, чак и у великим компанијама, немају ефективну контролу над трошковима одржавања. То је обично случај у време заузетости када је лако одобрити куповину како би компанија наставила рад.

Да би се увећани трошкови избегли потребно је редовно пратити стање буџета и трошкове. CMMS (Computerized Maintenance Management System) софтвер је изузетно користан за овај процес.

Заокупљеност свакодневним активностима

Може се десити да руководиоци одржавања не могу управљати балансом између онога што је важно и онога што је хитно.

Ови проблеми можда нису компликовани или критични, али они могу одвојити време од стратегисања, побољшања, планирања и других ствари.

Није најбитније одвајање времена за одређивање најбоље праксе за сваку ситуацију, већ то подразумева одређивање најбољег приступа, преношење више задатака, промена процедура итд. Циљ је имати више времена за решавање важних ствари, при томе водећи рачуна о хитним свакодневним задацима [19].

4.6. Стандардизација радног тока

Односи се на стандардизацију радног процеса. Углавном се састоји од две или три стартне тачке за одређивање редоследа одржавања: SMMS редослед рада који је планиран, производња према захтевима и обично инжењеринг одржавања. Где се пошаље радни захтев, ту креће процес радног тока. Уколико се радни захтев пошаље на различита места (један се пошаље на одржавање а други на планер) онда процес није адекватно стандардизован. Ако захтеви који су хитни нису у писаној форми (телефоном се преносе информације), могу се изгубити информације које говоре о томе како је дошло до отказа опреме. Постоји много начина да се изврши одређена поправка али се све поправке разликују у цени, методама и потребним деловима. Због тога што постоји више различитих виђења око приоритета поправке, у овом кораку, супервизор је задужен да изврши процену на терену и утврди шта је потребно урадити и да одреди најбоље методе за поправку [2].

Када се метода утврди, планер одређује радне кораке, сигурносне мере, дозволу, алате, опрему и материјал. Након што се утврде елементи рада и набави потребна опрема, планер одређује величину радне групе и процењује време потребно за обављање посла. Након тога се радни налог уноси у дневник за евиденцију дужности, у складу са приоритетима, и доставља раднику на одржавање.

Планирање, додела и завршавање налога – Следећи корак је рангирање послова на основу приоритета, додељивање посла раднику, у трајању од једне недеље, на основу вештине која је потребна за обављање посла као и на основу искуства радника. Након тога радник обавља посао у складу са спецификацијом и планираним временом. Следећи корак је контрола од стране супервизора који проверава ниво квалитета завршеног посла.

Резултати мерења – Неколико одељења врши проверу добијених резултата мерења. Разни извештаји о контроли мерења и графици трендова које менаџери могу користити да прате перформансе и идентификују потребне корективне мере, углавном се не користе, а и када се користе, информације углавном нису поуздане.

Све варијанте добијених вредности морају бити мапиране, процењене, оптимизоване и стандардизоване.

Стандардизација радног тока у одржавању подразумева анализу и утврђивање најеефикасније методе одржавања, затим утврђивање редоследа операција одржавања, процену потребног времена, формирање налога, рангирање приоритета, одређивање радне групе за одржавање, прикупљање и анализу резултата.

4.7. Мапирање тока вредности

Мапирање тока вредности представља веома важну методу за надгледање процеса, идентификацију активности које не повећавају вредност и поновно креирање процеса као тока вредности. Мапирање процеса користи неколико стандардних симбола који означавају процесе производње. Могу да се користе и у операцијама одржавања. [2].

Друга метода која се често користи при мапирању тока вредности потиче из прве деценије двадесетог века коју је развио Франк Гилбрет (Frank Gilbreth). Овај приступ је веома сликовит и приказује веома јасну разлику између отпада и активности које доприносе повећању вредности. Једноставна је за коришћење чак и од стране необучених радника. Процес мапирања се састоји од осам корака:

1. Одабрати процес који ће бити мапиран и анализирати га пажљиво.
2. Мапирање постојећих корака у процесу.
3. Поновна анализа испитивањем сваког симбола мапе и покушај откривања додатних корака у процесу у оквиру сваког корака у мапи. Изводи се док се све радне групе не сложе да су сви кораци мапирани.
4. Анализа постојеће мапе да би се откриле све активности које не доприносе повећању вредности.
5. Отклањање активности које не доприносе повећању вредности и развијање активности које доприносе повећању вредности и поновно мапирање процеса. Састављање листе свих активности које су потребне за отклањање NVAA као и листе развијених VAA.
6. Реанализирање нове мапе. Изводи се док се све радне групе не сложе да је процес сада примењив и да постоје само VAA, да се на даље не могу отклонити NVAA. Као резултат се добија нова верзија мапе процеса.
7. Формирање акционог плана и достављање менаџменту ради одобрења.
8. Примена акционог плана процеса у складу са утврђеним смерницама.

Мапирање тока вредности се у одржавању може користити на готово исти начин као и у производњи. Веома је важно надгледање процеса одржавања како би се смањило време потребно за поправку отказа, идентификовали узроци отказа, изменио редослед и повећао или смањio број корака у процесу уколико је уочена неправилност.

4.8. Just in time

Just in time је концепт производње и набавке који се води принципом – део за уградњу је потребан производном процесу само у оном тренутку у коме тај део треба да буде уграђен (ни пре ни после). Овакав начин производње и логистичке подршке се постиже прецизним планирањем производње и менаџментом дистрибутивним ланцем. Циљ је редуковати залихе и трошкове транспорта. Just in time се почео примењивати још у Фордовим фабрикама али је праву афирмацију добио тек 70-тих година прошлог века. Залихе постоје јер су делови купљени пре него што су заиста потребни [2].

Такође залихе постоје и због несигурности испорука и разних погодности при куповини. Што се боље контролише ланац набавке и производња, мање је залиха потребно. Да би се ЈИТ остварио потребно је створити јаку везу и дугорочну сарадњу између коопераната и главног произвођача. Леан произвођачи практикују мањи број коопераната али зато инсистирају на јачем узајамном односу и бољој комуникацији [2].

„Кооперанти се стимулишу да што тесније сарађују са предузећем како би ЈИТ могао функционисати глатко”. Зато се кооперантима дају тачне процедуре за производњу делова који они могу да испуне, како би квалитет делова био висок, а шкарт сведен на нулу.

Друга битна особина Lean предузећа је тежња да се што мањи број различитих делова употреби при производњи неког производа. На тај начин се поједностављује производни процес, док кооперанти имају више интереса да сарађују само са једним купцем, јер у том случају могу да произведу целу групу сличних делова, који ће попунити њихове производне капацитете. Само на тај начин ЈИТ може да функционише у правом облику: мањи број коопераната, супериоран квалитет делова, тачне испоруке, прецизна комуникација и заједнички циљ. Битна карактеристика ЈИТ-а је максимално искоришћење потенцијала радника [13].

Радници су стимулисани да производе делове без грешака који ће одговарати наредној фази производње. Константно унапређење ЈИТ производње и свих процеса набавке је кључно како би се делови производње смањили, а транспорт мањих количина био конкурентан масовној производњи и економији обима [13].

Планирање производње се базира на два принципа:

1. Pull принцип – Принцип повлачења
2. Push принцип – Принцип гурања

Lean концепт даје предност Push принципу, а само у крајњем случају и комбинацији ова два принципа. Залихе и материјал – предмет рада гурају се кроз производњу (Push) што представља традиционалан начин вођења процеса рада. Особине овог принципа су:

- Делови се производе на основу претпоставки потрошње на тржишту и крећу се у истом смеру са током информација и материјала
- Планирање је базирано на проценама произвођача
- Проблеми су прикривени
- Реакција на проблеме и промене је спора

Савременији, много ефикаснији и економичнији начин је систем повлачења (Pull). Односи се на повлачење само потребних количина предмета рада кроз производни процес према захтевима и потребама купца и по принципу ЈИТ. Особине овог принципа су:

- Произведени делови се крећу супротно од тока информација које стижу од купца
- Планирање производње је базирано на потрошњи
- Проблеми произилазе од ургенције купаца.

ЈИТ алат ради на принципу Pull. Предности ЈИТ:

- Смањење трошкова
- Побољшан квалитет
- Мањи простор
- Смањено кашњење
- Повећана продуктивност
- Већа флексибилност
- Већи капацитети [2].

Иако ова метода има веће примене у производној линији него у процесу одржавања, постоји неколико корисних својстава које служе да смање обим процеса одржавања. ЈИТ и Pull су системи који веома олакшавају континуални ток у производњи.

Циљ процеса производње је стварање континуалног тока тако да производња може да функционише пуним капацитетом. Под пуним капацитетом у операцијама одржавања се подразумева креирање оптималног тока одржавања тако да оно може да прати ток производње.

Што се тиче менаџмента рада, величина процеса одржавања је једнака укупном броју радних часова који су потребни за извршење процеса одржавања. Све мање од 100% искоришћења радних сати неће довести до остварења пуног капацитета одржавања. Постизање усаглашености је кључни показатељ (КПИ) за остварење радног процеса. Све мање од 100% усаглашености указује на проблематична подручја која би требало поправити [13].

Концепт Just In Time се итекако може применити у активностима одржавања. Као пример се може навести доступност резервних алата на месту где је дошло до отказа и где је потребно брзо заменити део. У пракси је веома битно да се отказ неких система отклони у што бржем периоду при чему је правовремен извор резервних делова неопходан. Брже отклањање отказа значи смањење времена које систем проведе у отказу и смањење времена поправке.

4.9. Poka Yoke (провера грешака)

Poka Yoke је још једна метода за онемогућавање грешака у производњи. Poka на јапанском језику, у слободнијем преводу значи грешка (у директном преводу би значила луда) а Yoke значи спречавање. Ове две речи у слободном преводу би значиле заштита од грешака. Poka Yoke су уређаји који не дозвољавају да дође до грешке од стране радника. Радници не воле досадне једноставне репетитивне послове али они морају да се ураде. Тада се користе Poka Yoke уређаји како не би дозволили да се управо у таквим процесима догоди грешка [9].

Ако би узели за пример да је на одређеном радном месту потребно заврнути десет затварања на неком производу, онда би Poka Yoke била посуда са десет запакованих затварања. Уколико остане неки завртањ у посуди значи да производ није правилно обрађен.

Ово је најједноставнији пример Poka Yoke методе. Постоје много компликованији Poka Yoke уређаји за компликованије операције као што су сонде за провере квалитета отказа или сензори за проверу дубине бушења рупе али сви уређаји су засновани на истом принципу – отклонити могућност грешке на производу и омогућити апсолутни квалитет. Обзиром да Lean инсистира на брзини одзива предузећа ка захтеву купца, Poka Yoke и Jidoka уређаји су једино логично решење јер контрола квалитета проверава производе по завршеној серији а тада је већ касно ако се установи да постоји грешка на производу (делу).

Poka Yoke уређаји најчешће не представљају велику инвестицију али зато у многоструку помажу да се минимизирају варијације производа.

Потребно је неколико корака у процесу развијања једног Poka Yoke уређаја:

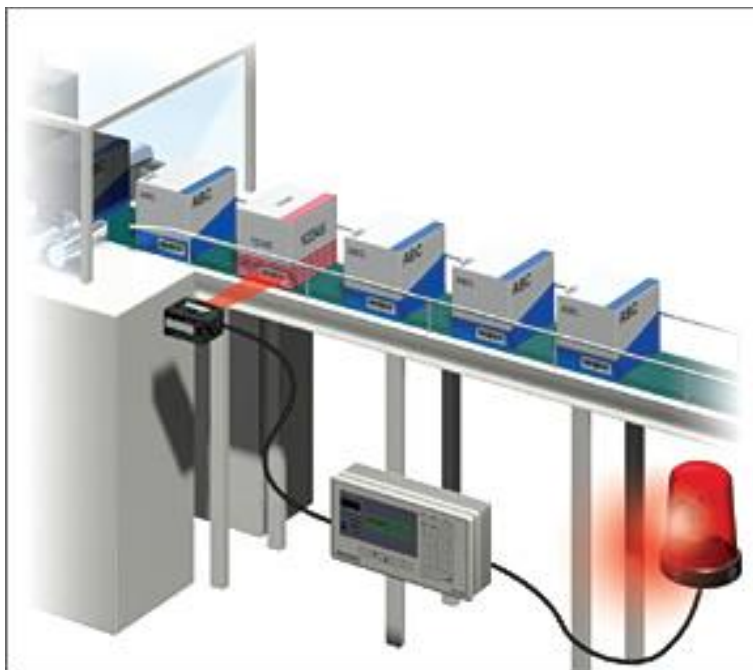
1. Описати грешку на производу, односно потенцијалну грешку и израчунати колико често се грешка појављује.
2. Одредити машину која генерише грешке на производу и машину где се те грешке могу открити. Најчешће то није иста машина.

3. Изаоловати машине и утврдити коренски разлог зашто долази до грешке у процесу обраде. Проблеми могу бити неадекватан алат, непрецизни мерачи, недостатак информација итд.

4. Када се утврди корен проблема потребно је конструисати Рока Јоке уређај. Не постоји систем како направити уређај али се треба придржавати правила конструкције што једноставнијег уређаја.

Радници се охрабрују да што активније учествују у пројектовању Рока Јоке уређаја, јер ти уређаји у многоме олакшавају рад раднику и смањују стрес јер смањују могућност грешке радника. У случају Рока Јоке уређаја задовољни су и менаџмент предузећа и радници. Менаџмент јер се смањује варијација у производњи и могућност производње лошег производа а радници јер су растерећени обавезе да проверавају производе, а новонастало време могу да искористе за рад на другим активностима или одмор. На слици 4.8. је приказана машина са Рока уоке уређајем [9].

Рока уоке метода се често користи у активностима одржавања. Као пример се може навести наношење мазива. Може се догодити да оператер услед замора помеша врсту мазива, заборави која количина је потребна за наношење или заборави да ли је уопште користио мазиво. Рока уоке је алат који треба да спречи појаву таквих грешака. Први случај се може спречити тако што се мазиво и етикета на машини коју је потребно подмазати обележе истом бојом. Коришћење мерица такође може помоћи да оператер не употреби погрешну количину и такође омогућава да увиди да ли је извршио подмазивање.



Слика 4.8. Машина са Рока Јоке уређајем [10]

4.10. Smed

Smed је акроним за Single Minute Exchange of a Die и означава технику смањења времена промене и подешавања алата на флексибилним машинама. То значи да сваки оператер мора бити обучен да аутономну измену изведе за што краћи временски период и на што лакши начин (слика 4.9.).

Smed се састоји из две врсте активности: интерних и екстерних. Интерне активности подразумевају да је машина заустављена а екстерне се изводе све док је машина у раду. Интерне активности у општем случају обухватају следеће активности: проналажење и подешавање алата за следећу серију, проверу функционалности, чишћење итд. Идеја екстерних активности је да се што више разних подешавања обави пре заустављања машине [12].

Неопходно је направити процедуре за Smed активности. У поступку настанка процедура, као и у ранијим случајевима, учествују радници и менаџмент.

Кључне предности које доноси метода Smed код припреме машина за рад су:

- Краћи циклус производње
- Смањење залиха
- Повећање коришћења капацитета
- Побољшање флексибилности
- Побољшање одговорности према купцу.

Примена smed принципа омогућава одржавању да повећа продуктивност и искоришћење радног времена.

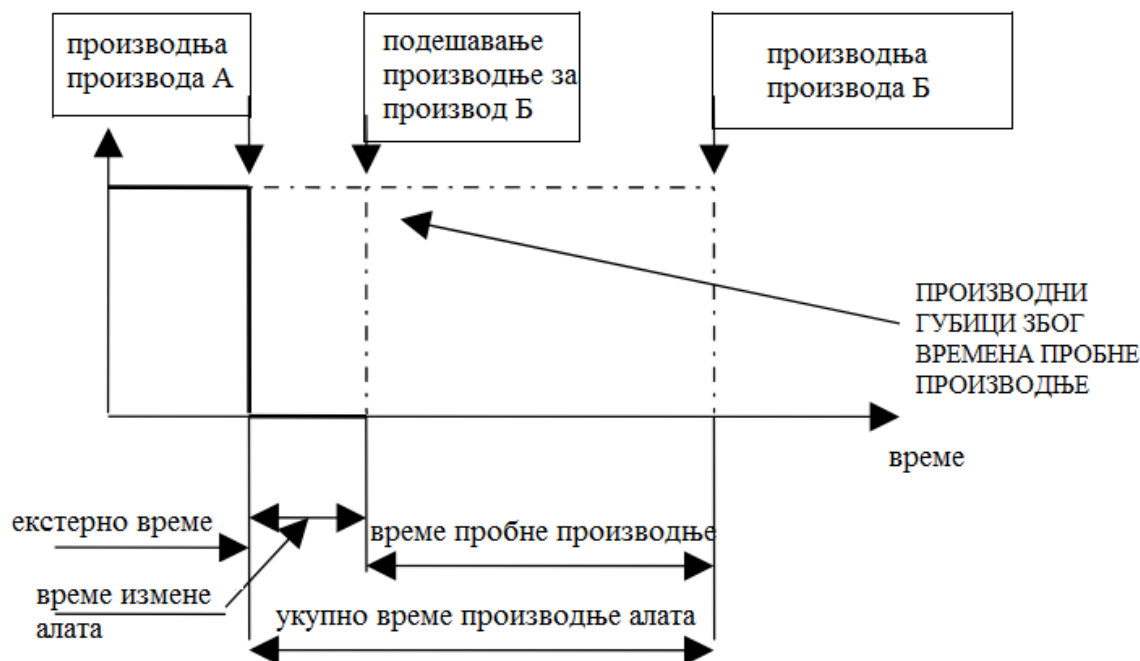
Да би се почело са процесом smed процеса, требало би применити превентивно одржавање или другу методу која испуњава један од следећих критеријума:

- Потребно је много времена да се обави
- Обавља се на више различитих делова опреме у фабрици
- Изводи се често
- Примењује се на уским грлима у производњи [20].

Циљ smeda је да смањи количину времена када је опрема у отказу а да притом буде у могућности да изврши неопходно одржавање. Ово подразумева следеће активности:

- Документовање „as is” процеса
- Преношење унутрашњег (статичког) посла на спољни (динамички)
- Трансформација унутрашњег у спољашњи посао
- Креирање плана пре превентивног одржавања
- Поједностављивање унутрашњег посла – стандардизација
- Верификовање квалитета превентивног одржавања
- Извршавање активности након превентивног одржавања.

Што је више могуће, одржавање би требало да се обави током радног времена. Одржавање би требало да се спроводи према дефинисаном распореду и преко оператера који су упознати са тим [20].



Слика 4.9. Smed [13]

4.11. Визуелни менаџмент

Визуелни менаџмент је техника која обезбеђује да сви радници у компанији путем информација представљених у визуелној форми могу да разумеју стање процеса (знаци, симболи, линије, облици, ознаке, боје, слике, дијаграми). На пример, велике комуникационе табле у производним халама представљају много ефикаснији начин комуникације него писани извештаји па се стога широко примењују у употреби. Може се рећи да је визуелни менаџмент процес креирања окружења у коме су ствари очигледне од самог момента уласка у окружење. Визуелна информација треба да буде релевантна, корисна и правовремена [14].

Неке од корисних примера визуелног менаџмента су:

- Андон табле
- Визуелне процедуре
- Осенчене табле за одлагање алата
- Ознаке на подовима и слично.

Визуелно представљене информације су: очигледније, изазивају мању полемику него речи, јасније описују стање, лакше се памте, поједностављују сналажење у простору и тако даље.

Визуелни менаџмент је веома ефикасна метода која се широко примењује у активностима одржавања. Ова метода омогућава радницима да на лакши и ефикаснији начин идентификују стање система. На пример радник у погону може да са веће удаљености и са већом сигурношћу утврди стање система када су на мерним инструментима бојом означене како граничне тако и оптималне вредности уместо да је то приказано само словним или бројним ознакама (слика 4.10.).



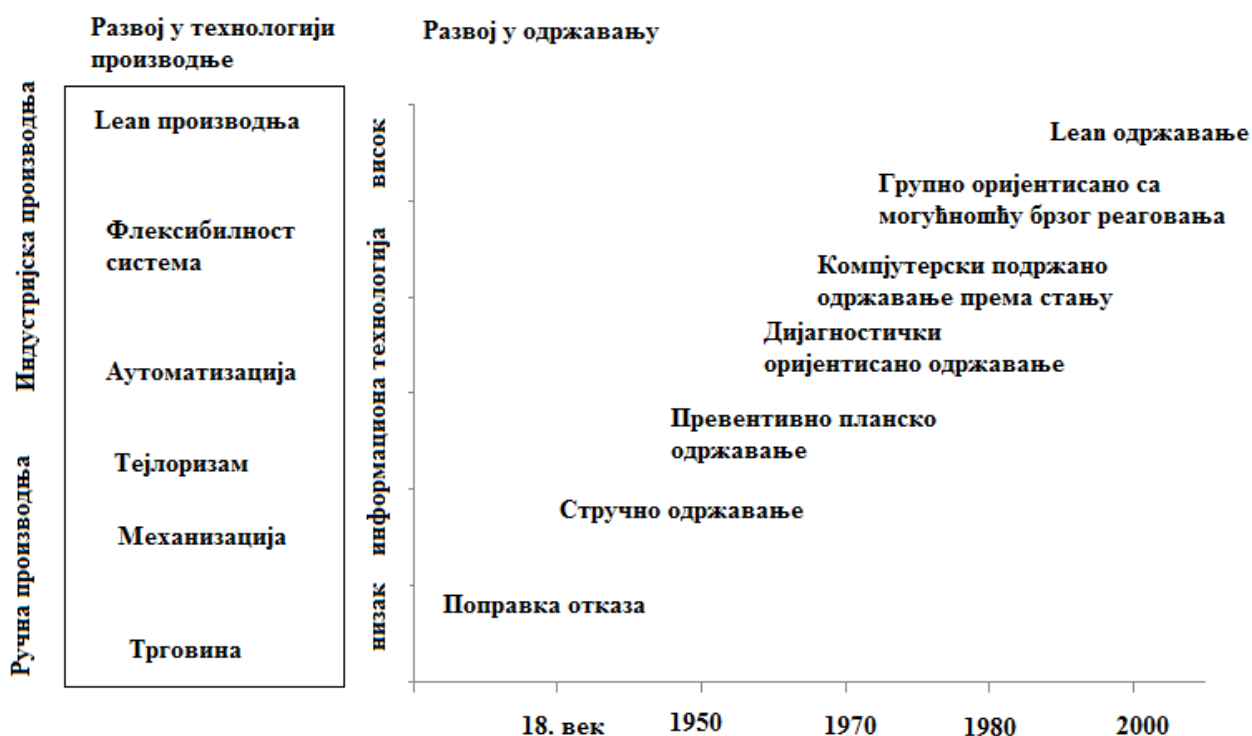
4.10. Визуелни менаџмент [14]

5. Идеја lean-а у одржавању и имплементација lean одржавања

5.1. Коришћење lean идеја за одржавање

Приступи који су првобитно развијени да би се створио ефикасан и продуктиван систем производње у аутомобилској индустрији, првоствено Тојоти, такође су ефикасни за споредне процесе. Компаније широм света, у многим различитим индустријама, које користе lean методе, су скорије кренуле да уочавају предности. Lean приступи се не користе више само у производњи већ такође и у другим областима компаније које производе производе и услуге за купце – у ланцу доставе, администрацији и иновативном процесу.

Ово је омогућено великим развојем lean бизнис система који се знатно развио током неколико претходних година и наставља да се развија и пружа одговарајућа решења на различитим пољима. Једно од ових решења је lean одржавање. На слици 5.1. је приказан развој одржавања у току претходна два века [3].



Слика 5.1. Развој одржавања [3]

Могућности које lean менаџмент може да пружи одржавању, могу се уочити сагледавањем основних идеја ове стратегије:

Главни циљ је да се „створи вредност без губитка“. У првом кораку, отклањање губитка у процесу стварања вредности значи да се производи тачно оно што је потребно купцу – али такође само овај производ или само ова услуга и ништа више. Не само што купац има користи од високог нивоа оријентације према купцу, такође има и компанија јер више у производњи нема мањкова или вишкова [3].

Производња производа, који могу бити било који тип добара или услуга, би на основу тога требало да се одвија што лакше и без губитака. Циљ је да се фокусира на активности које додају вредност и да се створи континуиран процес рада.

Сви помоћни процеси, као што је ланац доставе, одржавање и администрација су оријентисани на систем производње који је развијен на овај начин.

Систем који се развио на овај начин никада се не може сматрати као добар у дужем периоду. Да би се реаговало на промене у основним условима, систем производње се стално развија и оптимизира кроз каизен, радионице за брзо побољшање или увођење континуираног процеса побољшања. На крају крајева, промена је једина константа или како у Тојоти кажу „проблем је кад нема проблема“.

5.2. Имплементација lean одржавања

Имплементацијом lean одржавања, која се изводи у четири корака, остварује се велики напредак, приликом чега се тежи постизању организације одржавања која је оријентисана према току вредности и постизању одржавању система без заустављања (zero time maintenance) [4].

Први корак: приоритизација система

За сваки подсистем у систему производње процењују се последице потенцијалног застоја. За ово се користе три критеријума: систем производње, ток вредности и купци. Тежина последица онда одређује којем систему се посвећује пажња. Овај систем класификације се користи да се дефинишу препоручене активности за стратегију одржавања. Најризичнијим системима се посвећује највише пажње. Они се детаљно проучавају тако да компонента специфичне стратегије одржавања може да се развије и оптимизира са концептом „одржавање без заустављања“. Са друге стране корективно одржавање се може применити за некритичне системе ниског приоритета.

Други корак: класификовање категорија оштећења

Да би се развила стратегија одржавања специфичних компоненти, компоненте система се разлажу у такозване категорије оштећења. Онда се врши процена како оштећење утиче на систем, да ли штета може да се предвиди и колико често долази до ње. На основу ове процене, појединачне компоненте су класификоване у категорије оштећења и тако се развија стратегија одржавања специфичних компоненти. Категорије оштећења такође се повезују са предложеним мерама за одржавање и са чувањем залиха резервних делова.

Трећи корак: развијање концепта

Када се развије систем одржавања специфичних компоненти прави се разлика између критичних и некритичних система. У зависности од класификације приоритета, саставља се прецизно координисан план деловања који укључује систем приоритета, приоритет категорије оштећења и време за отклањање грешака.

Да би последице грешака биле што мање, дефинише се максимално време отклањања грешака. Примењује се програм у осам тачака у циљу смањења тог времена до те мере да не прекорачује максимално време за поправке.

Код некритичних система уводи се аутономно одржавање: оператери на машини обављају неопходно одржавање током застоја.

Четврти корак: развијање организације

Када се мере и концепти за системе дефинишу онда из тога произилази организација. Да би се ово омогућило, потребно је да активности добију структуру и да се прорачунају капацитети. Појединачни резултати за различите системе се користе да би се израчунао потребан број запослених за централизован и децентрализован тим одржавања и број специјалиста на нивоу тима.

У табели 5.1. је приказана имплементација lean одржавања у четири корака.

Табела 5.1. Имплементација lean одржавања у четири корака.

Lean одржавање у четири корака			
Приоритизација система	Класификовање категорија оштећења	Развијање концепта	Развијање организације
- Анализирање система ради класификовања у приоритетне категорије према следећим критеријумима: - ефекат на систем производње - Позиција у току вредности - Ефекат на купца - Класификовање система у приоритетне категорије - Израчунавање тоталног фактора приоритета и процена система	- Анализа ради класификовања категорија оштећења: - Анализа система - Анализа функције - Анализа грешака - Класификовање категорије оштећења према следећим критеријумима: - Ефекат на оперативни систем - Предвидљивост отказа - Учесталост оштећења	- Стратегијске методе - Одржавања упоредно са отказом - Смањења времена одржавања - Концепти одржавања за критичне системе подразумевају: - Приоритет система - Приоритет категорије оштећења - Право време отклањања грешака - Концепти одржавања за некритичне системе: - Аутономно одржавање	- Организовање оперативног одржавања - Структура одржавања - План одржавања - Одређивање потреба капацитета на нивоу система и на нивоу јединице

5.3. Смањење времена застоја – надгледање трошкова

Смањењем времена одржавања, систем *lean* одржавања се држи важног принципа *lean* производње: овде је циљ да се смањи време покретања, пошто оно не додаје вредност али је такође потребно да се обезбеди висок ниво флексибилности система производње. Само флексибилни систем производње може да реагује на промену захтева купаца и да произведе различите типове производа [4].

Детаљна анализа отказа компоненти сваког система се обавља како би се утврдили разлози, елиминисали откази и развила стратегија одржавања ради спречавања тих отказа.

Ова идеја одржавања система, дизајнирана да се смањи застој, такође је сагласна са ТРМ-ом. Иако овакав концепт смањује застој, он такође знатно увећава трошкове, у неким случајевима непотребно, пошто сви системи и њихове компоненте имају исти приоритет. Стога, ресурси се не користе а да не долази до губитака, и онда ово није *lean* [3].

Тако да *lean* одржавање иде у другом правцу и тражи системе који су важни за ток вредности. Када се систем приоритета развија на бази тока вредности, пажња се усмерава на компоненте које би могле да доведу до отказа. Стратегије одржавања компоненти се развијају баш у сврху спречавања оваквих отказа. Оваква процедура води до тога да ресурси буду концентрисани на компоненте које прекидају систем производње и такође смањују ресурсе за системе и њихове компоненте које нису релевантне за ток вредности.

На крају крајева није потребно одржавање система који захтева много времена и труда ако су на пример сувишни или ако постоји могућност да се користи други систем у случају отказа а да то нема никакав ефекат на ток вредности.

Ово се догађа код приступа са периодичним и превентивним одржавањем или такође код метода ТРМ-а, који обично све обухватају – и стога су непотребни и неекономични за многе ствари. Процедура *lean* одржавања се разликује од ових приступа. Нуди стратегију која дефинише приоритете на другачији начин, излаже опције и пружа специфичне активности за специфичне инциденте [3].

Стално упослење запослених

Приликом примене *lean* система одржавања потребно је упослити запослене од почетка. Тако се остварује корист од њихове експертизе. Запослени од којих се тражи и којима је дозвољено да допринесу су више мотивисани јер осећају одговорност за своје радно место и за своје задатке.

5.4. Повећање конкурентности

Повећањем конкурентности се остварују ефекти lean одржавања на различите начине:

Одржавање система без заустављања

Одржавање се у великој мери организује тако да системи уског грла не морају више да престају са функционисањем због одржавања. Време одржавања се тиме знатно смањује [4].

Повећање ОЕЕ (Укупна ефективност опреме)

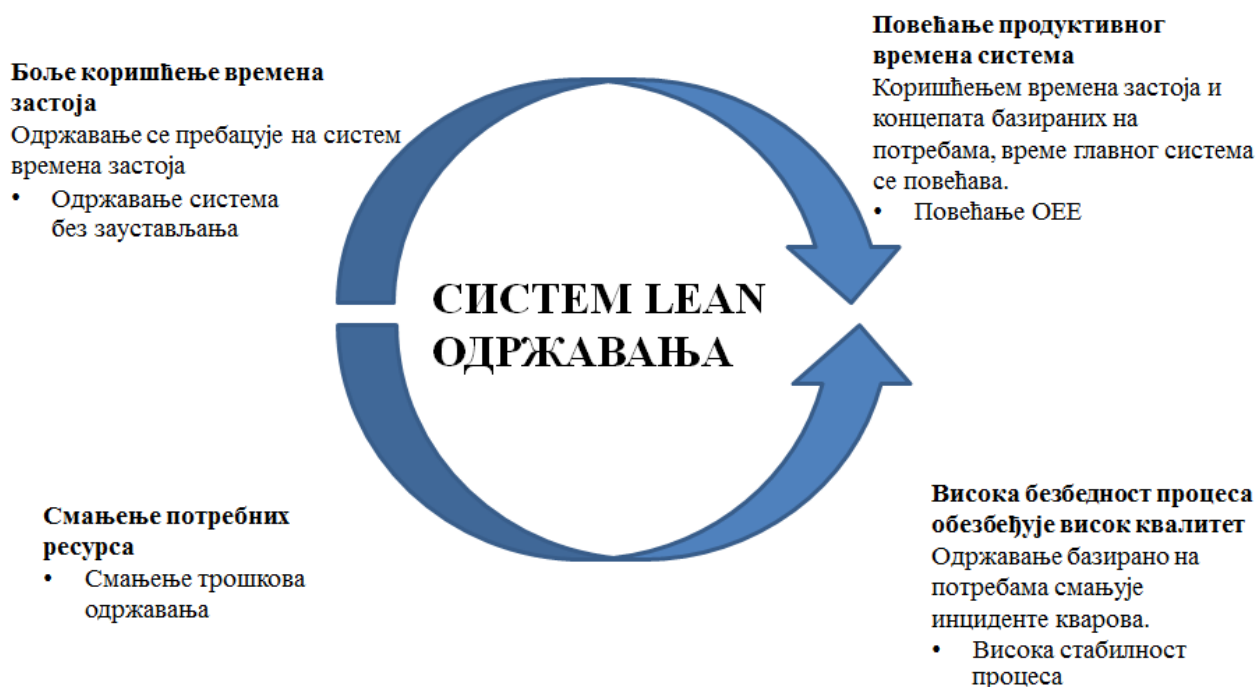
Развијање стратегије одржавања специфичних компоненти смањује време одржавања. ОЕЕ се такође побољшава са померањем времена одржавања на време припреме линије или машина за производњу другог производа и на друге застоје.

Смањивање цене и повећање обима излазног производа

Мере lean одржавања система омогућавају да се развије прилагодљиво ефикасно одржавање. Ово омогућава да се истовремено уштеди и да се повећа обим излазних производа.

Већа стабилност процеса

Са стратегијом одржавања специфичних компоненти која је развијена на основу режима отказа и ефектне анализе (Failure Modes and Effect Analyses – FMEA) систем одржавања обезбеђује висок степен стабилности процеса и стога виши квалитет производа (слика 5.3.). Са lean одржавањем систему је омогућено да поуздано функционише, чиме се повећава конкурентност целе компаније [3].



Слика 5.3. Ефекти lean одржавања [3]

6. Закључак

Главни циљеви lean одржавања су да се кроз примену дефинисаних алата односно метода оствари уштеда у времену и смање дефекти који могу узроковати застој рада система. Уштеђено време се може искористити за даље побољшање система. Смањење трошкова и побољшање производње су директна последица lean одржавања. Lean одржавање представља скуп активности које би требало да обезбеде континуирано оперативно стање система којим би се омогућило стварање вредности без губитка.

На основу претходно изложеног, може се рећи да lean одржавање:

1. Представља проактивну операцију одржавања
2. користи планиране активности одржавања кроз TPM праксу
3. користи стратегије одржавања развијене кроз примену RCM логике доношења одлука које се примењују од стране тимова користећи:
 - 5S
 - недељна каизен побољшања
 - Аутономно одржавање заједно са вишестручним одржавањем које обављају техничари
4. Обезбеђује делове и материјале на време (JIT)
5. Је подржано од стране инжењерске групе која обавља:
 - Анализу суштинског отказа
 - Анализу ефективности процедуре одржавања
 - Анализу предвиђања одржавања
 - Ток и анализу стања праћења резултата

Lean одржавање представља неизоставну функцију lean концепта, која битно утиче на обим и квалитет производње. Не постоји тачно дефинисан редослед lean активности или свеобухватна листа lean активности које се примењују у одржавању.

Концепт и примена lean принципа се односи на целокупни пословни процес и циљ му је да се повећа вредност организације кроз елиминацију отпада. Функција одржавања је да повећа вредност кроз активности, што захтева већу интеграцију менаџмента у целом процесу. На основу истраживања и перспективе менаџмента, функцији одржавања би потпомогло да се lean приступ споји са циљевима бизниса. Због тога што повећава профит, постоји потреба да се повећа ефикасност одржавања. Ови елементи су фундаменталне карактеристике lean концепта и примењују се коришћењем TPM и других приступа за побољшање активности одржавања. Додата потреба менаџмента да мери побољшања кроз примену ових и других техника захтева стратегију примене генеричке lean праксе и праћење и мерење перформанси.

Да би обезбедиле светски ниво перформанси, стратегије одржавања би требало да повежу стратегије производње као што су lean и агилна производња. Одабир ефикасне стратегије одржавања омогућава висок степен коришћења, поузданости и доступности производних постројења поготову у континуираном процесу производње. Поред тога, ефикасне стратегије одржавања смањују отпад материјала, резервне делове и опрему.

Ефекти lean одржавања су се развили кроз:

- Фокусирање на капацитете приоритетних система
- Укључивање запослених у производњи у инспекцију, услуживање и мање поправке
- Стратегије одржавања специфичних компоненти
- Промену са превентивног на корективно одржавање за ниско приоритетне системе
- Стратегије инвентарисања према стратегији оштећења
- Смањење времена отклањања отказа и повећање продуктивности одржавања
- Елиминисање губитака
- Организацију одржавања оријентисану на ток вредности
- Нула време одржавања [3].

Литература

- [1] Петар Тодоровић, Основи одржавања, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац, 2016.
- [2] Ricky Smith, Bruce Hawking, Lean Maintenance, Elsevire Science, USA, 2004.
- [3] Bodo Wiegand, Ralf Landmaack, Thomas Baumgarten, Lean Maintenance System, Lean Management Institut, Aachen, 2007.
- [4] Sherif Mostafa, Jantanee Dumrak, Hassan soltan, A framework for lean manufacturing implementation, 2013.
- [5] Sherif Mostafa, Jantanee Dumrak, Hassan soltan, Lean Maintenance Roadmap, Elsevier, 2015.
- [6] <http://www.lean-fabrika.cz/pl/szkolenie/ankiety/metoda-5s>, фебруар 2018.
- [7] <http://www.cimlss.rs/kanban/>, фебруар 2018.
- [8] <https://ceopedia.org/index.php/Jidoka>, фебруар 2018.
- [9] <http://www.cimlss.rs/poke-yoke/>, фебруар 2018.
- [10] <http://www.produlog.nl/Ontwerptechnieken/Jidoka>, фебруар 2018.
- [11] <http://www.cimlss.rs/mapiranje-toka-vrednosti/>, фебруар 2018.
- [12] <http://www.cimlss.rs/smed/>, фебруар 2018.
- [13] Shigeo Shingo, Нова јапанска производна филозофија, Прометеј, Нови Сад, 1995.
- [14] <http://www.mcb.rs/blog/vizuelni-menadzment/>, фебруар 2018.
- [15] <http://www.kvalitet.org.rs/2-uncategorised/1066-dijagram-uzroka-i-posledice>, фебруар 2018.
- [16] Иван Мачужић, Марко Ђапан, Lean концепт у управљању производњом, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац 2016.
- [17] <https://en.wikipedia.org/wiki/Automation>, фебруар 2018.
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/Poka-yoke>, фебруар 2018.
- [19] <https://www.solufy.com/blog/7-wastes-of-enterprise-maintenance-departments>, март 2018.
- [20] <https://www.efficientplantmag.com/2009/11/applying-smed-to-maintenance/>, март 2018.