

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Сава З. Миљковић
Савремени концепти одржавања
техничких система
завршни рад

Крагујевац, 2015.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма:

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг одржавања

Број индекса: 100/2010

Сава З. Миљковић Савремени концепти одржавања ТЕХНИЧКИХ СИСТЕМА завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц др Иван Мачужић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да :

- Проучи литературу везану за савремене концепте одржавања техничких система
- На основу прикупљених и систематизованих података из препоручене и друге литературе ове области прикаже и да методолошки изложи најзначајније савремене концепте одржавања техничких система
- Укаже на избор концепта одржавања који има значајан утицај на експлоатациони век и продуктивност средстава за рад

Препоручена литература:

- [1] Тодоровић Ј., Инжењерство одржавања техничких система, Институт за истраживања и пројектовања у привреди, 2006
- [2] Пејак, П. : Будућност одржавања – Развој одржавања, Конференција YUMO '84, Љубљана, 1984
- [3] Рејец, Е.: Будућност одржавања – Развој средстава за рад (СР), Конференција YUMO '84, Љубљана, 1984.

Крагујевац, 2015

Ментор:
Доц др Иван Мачужић

САДРЖАЈ

УВОД

Abstract

Резиме рада

1. Развој средстава за рад.....	1
2. Развој концепција одржавања.....	2
2.1. Развој потреба за одржавањем и за менаџментом одржавања.....	2
2.2. Период 1945 - 1959.....	2
2.3. Период 1960 - 1969.....	4
2.4. Период од 1970 до данас.....	6
3. Концепције одржавања.....	9
3.1. Интегрална логистичка подршка - ILS.....	9
3.2. Теротехнологија.....	13
3.3. Тотално продуктивно одржавање.....	16
3.4. Одржавање усмерено на поузданост – <i>Reliability – centered Maintenance (RCM)</i>	25
3.5. Концепт одржавања у СИМ окружењу (<i>Computer Integrated Manufacturing – CIM</i>).....	31
3.6. Управљање одржавањем на светском нивоу (<i>World Class Maintenance Management – WCMM</i>).....	32
3.7. Предиктивно одржавање (<i>Predictive Maintenance</i>).....	34
3.8. Управљање одржавањем засновано на профиту (<i>Profit Centered Maintenance - PCM</i>).....	34
3.9. Одржавање оријентисано ка пословним резултатима (<i>Business Centered Maintenance – BCM</i>).....	39
3.10. Проактивно одржавање (<i>Proactive Maintenance - PaM</i>).....	40
3.11. Одржавање са минимумом ресурса (<i>LM – Lean Maintenance</i>).....	41
3.12. Аутономно одржавање.....	47
Закључак.....	49
Литература.....	51

Abstract

Generally speaking, technical system represents set of elements, its characteristics, and relation between elements that are connected in order to establish its functions. Maintenance of technical systems, that is to say working instruments, as function and part of production has very important place in production system of every company. Modern concepts of technical systems' maintenance which have significant influence on preservation of working instruments are thoroughly described in the paper.

Key words: technical system, work instrument, maintenance concepts

Резиме рада

Генерално посматрано, технички систем представља скуп елемената, његове карактеристике и однос између елемената повезаних у циљу остваривања функција истог. Одржавање техничких система, односно средстава за рад, као функција и део процеса производње заузима веома важно место у производном систему сваке компаније. У раду су темељно описани савремени концепти одржавања техничких система који битно утичу на очување средстава за рад.

Кључне речи : технички систем, средства за рад, концепти одржавања

УВОД

Одржавање техничких система (машина и уређаја), односно средстава за рад, као функција и део процеса производње заузима данас важно место у производном систему сваке компаније. На развој одржавања утицао је брз индустријски напредак, као и стални пораст аутоматизације и повезаности средстава за рад, затим нагли пораст фиксних трошкова у односу на променљиве. Одржавање се дефинише као стална контрола над свим средствима за рад, као и вршење одређених поправки и превентивних радњи, чији је циљ, стално, функционално оспособљавање и чување производне опреме, постројења и других машина и уређаја.

Појам одржавања долази уз сваки појам производње одређених добара. Током времена и употребе долази до старења материјала и средстава за рад, смањује се технолошка ефикасност, а долази и до евидентног технолошког застаревања. Средства се током времена троше и смањује им се радна способност. Средства за рад су подложна кваровима, ломовима и оштећењима, па се појављују прекиди у раду. То узрокује појаву трошкова због замене и поправки делова, али и трошкове због застоја у процесу производње.

Основни циљеви који треба да се постигну процесом одржавања су:

1. Минимизирање трошкова због застоја у раду услед непланираних кварова на средствима за рад.
2. Спречавање, односно успоравање застаревања средстава за рад, које настаје као последица лошег квалитета производа и шкарта.
3. Смањивање трошкова рада и материјала у производњи, који настају услед повећаних кварова и застоја у процесу рада.
4. Пружање организоване помоћи свуда где је потребно одржавање и управљање средствима за рад.

Циљеви одржавања средстава за рад у процесу производње могу се посебно сагледати са два основна аспекта:

а) Техничко-технолошки, који доприносе:

- иновацијама и усавршавању средстава за рад,
- одржавању радне способности средстава на потребном нивоу и повећању поузданости средстава у процесу рада,
- остваривању дужег радног века средстава за рад,
- постизању бољег квалитета производа,
- остваривању равномернијег и бржег одвијања текућег процеса у целини,
- остваривању и побољшању других техничко-технолошких својстава средстава за рад и радног процеса.

б) Економски који доприносе:

- рационалном коришћењу средстава за рад у производњи,
- повећању продуктивности рада у производњи,
- смањењу трошкова производње,
- повећању економичности трошења у самом процесу одржавања средстава за рад.

Циљеви одржавања у процесу производње упућују на широку област важности одржавања као процеса повезаног са производњом. Важност одржавања средстава за рад огледа се у следећем:

1. Важност одржавања са развојног аспекта (истраживања појаве великог броја застоја на средствима за рад, који расту и због великог раста броја система и аутоматизације производних процеса).
2. Важност одржавања са технолошког становишта (брзо застаривање средстава за рад услед брзог развоја техничког и технолошког процеса, затим застаривање услед трошења као технолошког процеса).
3. Значај одржавања са економског гледишта (појава трошкова услед коришћења средстава за рад).
4. Значај одржавања са социјалног аспекта (средства за рад у лошем и несигурном стању изазивају лоше стање, односе, па чак и незгоде како у самој радној организацији, тако у њеном окружењу).
5. Значај одржавања у погледу чувања расположивих ресурса у радној организацији.

Значај одржавања средстава за рад у компанијама је велики. Оно директно утиче на основне факторе производње и може врло повољно утицати (ако се добро спроводи) на постизање позитивних пословних резултата. Добро спроведено одржавање директно утиче на смањење трошкова производње и пословања. Застоји услед неисправности и нужног вршења ремонта, нарушавају технолошки процес производње, а исто тако утичу и на економику производње пропорционално са временом застоја и средствима уложеним за отклањање кварова. Због тога одржавање и ремонт захтева пре свега рационалну организацију одржавања и ремонта и добро опремљену средствима и људима.

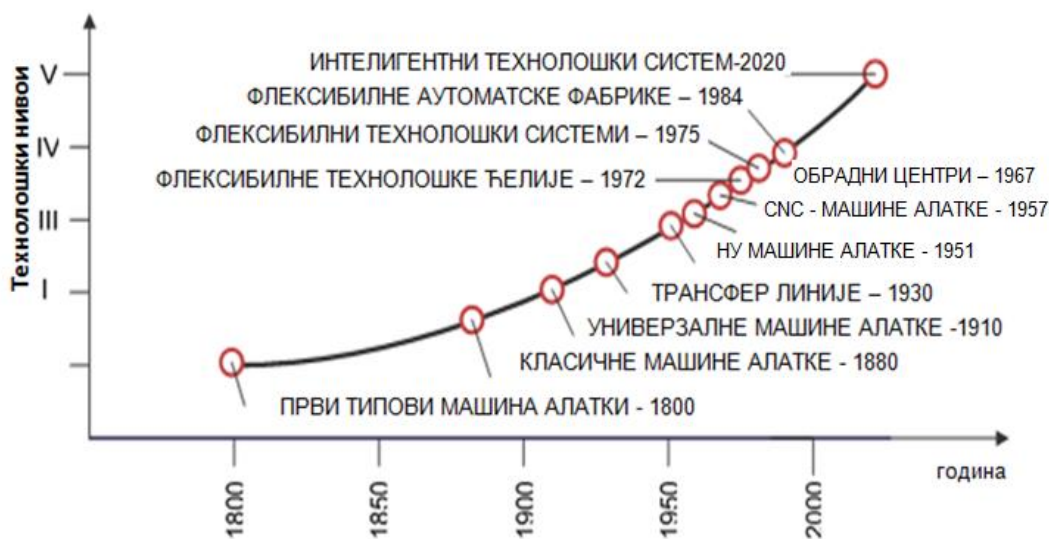
1. РАЗВОЈ СРЕДСТАВА ЗА РАД

Развој средстава за рад као и све већа повезаност фактора продуктивности и економичности производних процеса, условили су развој одржавања. У наставку су приказане основне карактеристике развоја средстава за рад, као и историјски развој менаџмента и концепција у одржавању, са детаљнијим приказом прилаза који и данас егзистирају у развијеним замљама, или су имали или и сада имају, утицај на развој система одржавања код нас.

Карактеристике будућих средстава за рад ће, дакле, бити:

- сложене структуре (*black box* - црна кутија),
- *on-line* коришћење података и информација потребних за одржавање,
- углавном стандардни (и расположиви) резервни делови (модуларно агрегатне структуре),
- висока погодност за одржавање и
- висока осетљивост за руковање / управљање.

На слици 1. је приказан досадашњи развој технолошких / обрадних система (јер је сада већ тешко говорити о алатним машинама). Сличан је развој других техничких система.



Слика 1. Развој технолошких / обрадних система

Посложњавање СРЕДСТАВА ЗА РАД и увођење микроелектронике, као једног од кључних елемената технолошког напретка, који је условио промене у многим областима живота и рада, **представља значајан фактор који утиче на развој одржавања.**

2. РАЗВОЈ КОНЦЕПЦИЈА ОДРЖАВАЊА

Од момента када је почео развој и изградња материјалних добара: кућа, бродова, пољопривредних оруђа и др., може се говорити о присутности потреба за одржавањем.

Материјална добра, у периоду пре индустријске револуције, су била једноставне конструкције, често предимензионисана, са дуготрајним периодом хабања (трошења) што је омогућавало предвиђање појаве отказа. Уопштено говорећи, материјална добра су била поседована, експлоатисана и одржавана као **појединачна** добра. Одржавање је, тада, било неопходно, али није постојала потреба за менаџментом одржавања.

У току индустријске револуције у фабрикама је инсталисано много различитих машина, са основним циљем обезбеђења планиране **производње**. У исто време, у употребу улазе међусобно замењиви делови (компоненте), што постаје општа пракса (пример Винчестер пушака на Светској изложби 1890. године у Паризу).

2.1. Развој потреба за одржавањем и за менаџментом одржавања

На почетку XX века долази до развоја великих и сложених фабрика, које настају у циљу задовољења потреба масовне производње. Технологије се посложњавају, а долази до промена социјалног и политичког окружења. Фабрике исказују повећане потребе за одржавањем, често са потребом ангажовања различитих струка, што изискује потребе развоја менаџмента у одржавању.

Након Другог светског рата, менаџмент одржавања се, чак и у великим компанијама, развија као помоћна служба на ниском организационом нивоу, у оквиру техничког сектора без, у већини случајева, високо образованих кадрова. Потребе за техничким експертизама су се решавале у оквиру одељења задужених за конструкцију и технологију, уз помоћ њиховог менаџерског кадра. У том периоду, уобичајена политика одржавања је: **пусти да ради док не откаже, а онда замени** (независно од рутинског подмазивања). Таква политика је била оправдана и задовољавала је потребе, из разлога што су фабрике биле предимензионисане (са значајном резервом у капацитету) и још увек не сувише комплексне. Менаџмент, који је преузео бригу о одржавању, је био оријентисан на производњу, тако да се према одржавању односило као према **нужном злу**. У Теорији менаџмента, на основу литературних извора који говоре о стању одржавања у индустрији тога доба, о одржавању се говорило као о **привеску** производњи.

2.2. Период 1945 - 1959

Значај одржавања за профитабилност компаније и њену сигурност постаје све очигледнији непосредно након Другог светског рата и током педесетих година. Ово се посебно односи на електране и железаре, код којих долази до значајног повишења прага рентабилности. Велики производни процеси подразумевају високе основне трошкове, као и потребу за високом расположивошћу, често у дужем временском периоду рада.

У том периоду се јављају нови прилази:

а) Превентивно одржавање

Основни напредак методологије менаџмента одржавања у том периоду је усвајање политике превентивног одржавања. Превентивно одржавање је дефинисано од стране *Mc Bradija* и *Kera* као "...проналажење и исправљање било ког стања, које може да изазове отказ машине, пре него што до отказа дође...". Исти аутори су приказали и типичне превентивне шеме одржавања, које се базирају на следећим елементима:

- периодичним прегледима машина, других добара и објеката, при чему је учестаност прегледа одређивана на бази искуства или, у случају нове опреме, на основу препорука произвођача (док се довољно искуства не прикупи) и
- извештавању о ломовима и отказима машина, али се они нису анализирали ради спровођења корективних (превентивно-накнадних) интервенција одржавања, којима би се спречило поновно отказивање, услед истог узрока.

Концепт **PERA** (**P**lanning and **E**ngineering for **R**epairs and **A**lterations) – систем превентивног одржавања, је заснован на сличним идејама прилагођеним потребама појединих индустрија у Великој Британији, а данас се користи у америчкој морнарици приликом одржавања носача авиона и подморница. Овај систем одржавања је имао доста успеха, пошто се базирао на једноставним рутинским прегледима: погледај, послушай, осети, омириши и сл. Ово је и један од основних разлога зашто се систем (додуше у модификованом и унапређеном облику), задржао до данашњих дана у америчкој морнарици.

Неке индустрије, као на пример: производња енергије, прилагодили су политику превентивног одржавања потребама детаљних прегледа у фиксним временским интервалима. Политика се заснивала на дијаграму *интензитета отказа* из Теорије поузданости, односно, на детаљном прегледу опреме, пре него што велики број саставних делова дође у фазу интензивног хабања или замора материјала. Велики број аутора превео је ову идеју у **Модел одлуке** усмерен ка одређивању оптималног нивоа превентивног одржавања. Многе компаније (изван авио индустрије) су прикупљале податке у времену, како о отказима тако и о трошковима одржавања, са циљем оптимизације периода превентивних интервенција. Главни менаџери производње, понекад на основу озбиљних разлога, а често на основу простог расуђивања или интуиције, су закључивали да политика превентивних замена након истека фиксног временског интервала (ресурса) није оправдана.

Индустријска пракса је несумљиво потврдила да је примена превентивног одржавања увек боља него примена доминантно корективног одржавања. Примена превентивног одржавања по обиму може бити недовољна или преобимна. Оптимални обим примене превентивног одржавања може да се утврди анализом трошкова одржавања, при чему је оптимални обим онај који има минималне трошкове одржавања. Само на први поглед је најбоље и најлакше превентивно не радити ништа, јер то привидно и најмање кошта. Код оптимално спроведеног превентивног одржавања, постигнут профит, односно уштеде вишеструко превазилазе уложена средства у увођење превентивног одржавања.

б) Планско одржавање

Поступак превентивног одржавања је уведен као део система **ПЛАНСКОГ ОДРЖАВАЊА**, у коме се интервенције одржавања (превентивне и накнадне) планирају пре него што дође до потребе за њиховим спровођењем.

PERA – (као систем превентивног одржавања, укључен у планско одржавање) плански систем одржавања се заснивао на једноставној ручно вођеној документацији (карте машина, термин план превентивних интервенција, карте отказа система, као историја о понашању система у времену експлоатације и радни налози) усмереној на покривање свих интервенција одржавања, које се изводе унутар појединих струковних група одржавалаца. У мањим фирмама планирање интервенција одржавања и њихово терминирање је децентрализовано и дислоцирано на ниво пословођа. Веће компаније, поготово оне са централизованим одржавањем, уводиле су поступке централног планирања и терминирања. Већи нагласак је дат на управљање резервним деловима и алатима, као делу планског одржавања.

ICI (*Institute of Chemical Industry*) је увео методе и технике мерења рада у одржавању, назване **Аналитичким проценама**. Технике су коришћене за одређивање стандардних времена појединих активности у одржавању пре њиховог извршења. Ово је омогућавало боље планирање интервенција одржавања и контролу ефикасности њиховог извршења. Техника је примењивана на времена извршења активности и захтевала је висок ниво сарадње одељења за планирање интервенција и извршилаца у одржавању. Велики број фирми су прошириле сопствени систем за управљање трошковима, који се односио на обухватање трошкова ресурса одржавања преко периодичних извештаја, радних налога (радних листа) и требовања. Релативно мало напора је било уложено у оцену и управљање ефективношћу функције одржавања. Изузетак је рад Луцка [LWS] који је предложио 16 индикатора, четири за сваки од следећих важнијих категорија: планирање, прерасподела послова, трошкови и продуктивност. Индикатори су коришћени да би се добили дијаграми за сваку од набројаних категорија, преко којих се лако уочавала величина која има највећи утицај на ефективност. Луцк [LWS] је изнео предности и значај покушаја мерења ефикасности одржавања и показао је, како је могуће квантификовати будуће циљеве у одржавању. По његовом мишљењу метод се могао користити као допуна **менаџменту према циљевима** (*Managementsby Objectives*).

2.3. Период 1960 - 1969

Значајно за овај период је даље снижавање директних трошкова одржавања, помоћу побољшања ефикасности рада. То је посебно обухватило примене технике изучавања рада у функцији одржавања.

а) Студија рада у одржавању

Примену методе студија рада као помоћи при изналажењу решења у одржавању предложио је Stewart [SHVM]. Он је модификовао класичне поступке студије рада презентујући их у облику скупа питања која олакшавају доношење одлуке при корективним (измене у конструкцији) интервенцијама одржавања. Питања се односе на три основна аспекта проблема:

- елиминисање функције (система, подсистема, склопа, дела),
- алтернативне могућности извршења функције и
- унапређење постојеће функције.

Мада је овај прилаз решавању проблема корективног одржавања постављен на здраве основе, постоји само мали број примера примене модела у пракси.

Чешће примењивана метода је Kampfraethova. Она се односила на унапређење методе замене осовинског склопа покретних јединица у челичанама. Рад је презентован у исто време када је и Туаск објавио методу за *soaking pit realine* (поновно постављање натапајућих јама). Оба аутора извештавају о важности уштедеу трошковима, применом ових метода. Повишење продуктивности је истраживано кроз побољшавање процеса планирања и управљања интервенцијама одржавања, као и употребом напреднијих поступака за мерење рада. Више поступака за мерење рада у одржавању, које су биле у употреби презентовао је и А. Келлу. Можда најчешће коришћена техника је **компаративне процене**, која се заснивала на подацима мерења рада из **Универзалног стандарда за одржавање**.

Када су први модели били представљени, постојао је значајан ентузијазам у погледу ових техника, пошто су омогућавале менаџерима да боље балансирају оптерећење извршилаца у смислу њиховог варирања у времену и њиховим стварним стањем радне снаге.

б) Људски фактори у одржавању (бихејвиоризам)

У периоду 50-тих до 60-тих година поново се у менаџменту јавља интерес за људски фактор. ICI развија даље прилаз менаџмента понашања (бихејвиоризам).

Поузданост се могла повисити кроз побољшања у области пројектовања послова, партиципације радника и филозофије менаџмента, у смеру:

- замена детаљних инструкција појашњавањем циљева,
- повишења активности при планирању, организовању, руковођењу и контролисању, као основним менаџерским процесима,
- проучавања организације рада и покушаја да се тако осмисли, да омогући више задовољавање људских потреба,
- замене контролних активности наглашавањем улоге менаџера, као помоћи и подршке развоју способности и
- постављање организације за изградњу основе ефективних радних тимова.

ц) Одржавање усмерено на поузданост (Reliability-centered MaintenanceRCM) [MJ]

Године 1960. су спроведена истраживања од стране FAA (*Federal Aviation Agency*) у САД са циљем да установе ефективност ремонта авиона у фиксним временским интервалима. Резултат истраживања су два открића:

- планирани ремонт је имао мале ефекте на укупну поузданост сложених компоненти, осим ако компонента има доминантан отказ услед хабања и
- постоје многе компоненте за које не постоје ефективни и ефикасни начини превентивног одржавања.

Ова истраживања су утицала на постављање концепта RCM, који је доживео даљи развој у периоду 60-тих до 70-тих година. Концепт RCM је детаљније приказан у овом поглављу.

д) Истраживање операција у одржавању

У 60-тим годинама је дошло до значајније примене метода и техника истраживања операција (*Operations research*) у одржавању.

Основна подручја примене су била статистичко/трошковно моделовање, симулациони модели, теорија одлучивања, линеарно програмирање за планирање превентивних активности одржавања, затим примена системског мишљења за постављање моделарелација између функције одржавања, производње и пројектовања. Међутим, ово последње је било врло сложено за математичко моделовање.

е) Поузданост и погодност за одржавање

Почетком 60-тих година, примена поузданости и погодности за одржавање је била усмерена на свемирску и нуклеарну индустрију. Неколико година касније је у Великој Британији формиран **SRS** (**Systems Reliability Service**), који је имао за циљ продубљивање ових истраживања и њихову примену на остале индустрије.

2.4. Период од 1970 до данас

а) Одржавање по стању (*Condition based Maintenance - CbM*)

Концепт CbM је развијен из прилаза **condition monitoring** (надзор стања) који је развио Collacot [CRA]. Овај концепт је дефинисан као *...извођење регуларних упоредних мерења погодних параметара који утичу на промену услова понашања компоненте, подсистема или система. Показатељ промене може бити екстраполиран и тада указује на могуће будуће трендове понашања...*.

Birchon је циљеве политике **condition monitoringa** навео као:

- минимизацију ризика појаве неочекиваних (изненадних) отказа,
- предвиђање већине активности одржавања у одређеном времену у циљу одржавања задатог нивоа поузданости и
- дијагностификовање стања посматране компоненте, подсклопа или склопа и прописивање активности одржавања које треба спровести да би се опрема задржала на задатом (потребном) нивоу поузданости.

б) Теротехнологија

Седамдесетих година, по налогу Британског Министарства за технологију, израђене су студије чији је основни циљ био анализа функције одржавања у индустрији Велике Британије. На основу резултата тих студија, Руководећи Комитет (*Steering Committee*—председник је био Др Denis Parks, председник УК *National Organization for Maintenance*) је публикувао закључке (1972. године) којима је утемељио принципе Теротехнологије. Основне појмове, карактеристике и поступак изградње детаљно је обрађен и британским националним стандардом (BS 3811 и др.).

Детаљнија разрада концепта Теротехнологије (*Terotechnology - TT*) је спроведено од 1972. до 1975. године. Овај концепт је детаљније описан у наставку овог поглавља.

ц) Интегрална логистичка подршка (*Integral Logistic Support - ILS*)

Концепт ILS је уско повезан са концептом Теротехнологије, а утемељивач је доктор Benjamin Blanchard. Овај концепт је, такође, детаљније описан у наставку овог поглавља.

д) *Тотално продуктивно одржавање* (*Total Productive Maintenance- TPM*)

Сама реч *тотално* у називу ове концепције сугерише свеобухватност, што и јесте основна њена карактеристика. Концепција посматра производни систем као целину, а такође посматра технолошке системе кроз цео њихов животни век и, као циљ поставља оптимизацију трошкова и искоришћења технолошких система на нивоу целог животног века.

Тотално продуктивно одржавање се најчешће дефинише као „одржавање које тотално укључује све чиниоце процеса“, тј. ТПО (енгл. Total Productive Maintenance – TPM) подразумева потпуну подршку радника и укључивање комплетног менаџмента.

Концепт TPM је развијен од стране Seiichi Nakajime (тада је био копредседник Јапанског института за одржавање постројења) током 70-тих и 80-тих година у Јапану. Детаљније је описан у наставку овог поглавља.

е) *Одржавање у СИМ окружењу* (*Computer Integrated Manufacturing -CIM*)

Концепт одржавања у СИМ окружењу је развијен озбиљније током 90-тих година прошлог века. Његов даљи развој се тек очекује. Детаљније је описан у наставку овог поглавља.

Са развојем технолошких (обрадних) система се, дакле, развијала теорија и пракса одржавања, односно концепти одржавања, на начин који је претходно описан илустративно приказан на слици 2.



Слика 2. Развој концепција одржавања

Стање и правци развоја средстава за рад указују на досадашњи развој и **будуће правце развоја** концепта одржавања, према [ПП], и то су:

- теротехнолошки захтеви,
- организација одржавања,
- дијагностика,

- технологија одржавања,
- супституција р/д и материјала,
- специјалне радионице,
- штедња енергије и
- заштита околине.

Поред наведених утицаја, на развој концепције одржавања средстава за рад утичу и [SM]:

- захтеви за поузданошћу,
- логистичка подршка (life cycle costs),
- ергономија,
- квалитет,
- економика,
- психологија,
- управљање процесима рада, и др.

ф) Сведска класа одржавања

(WCMM – World Class Maintenance Management [WT])

Terry Wireman, аутор књиге која је промовисала овај приступ управљању одржавањем, је дефинисао главне области функције одржавања, као и принципе које је неопходно поштовати уколико се тежи успешном одржавању. Ово има за последицу да овај концепт превазилази границе једног концепта и приближава се филозофији успешног одржавања, која, захваљујући дефинисаним принципима, нуди оквирна решења и за проблеме који ће тек да се појаве. Детаљнији опис WCMM је дат у наставку овог поглавља.

г) Предиктивно одржавање (Predictive Maintenance - PdM)

Термин предиктивно одржавање је новијег датума, а суштина предиктивног одржавања је праћење стања делова опреме помоћу дијагностичких метода, односно, CBM - Condition Based Maintenance.

х) Управљање одржавањем усмерено ка профиту целог предузећа (Profit Centered Maintenance – PCM)

Дуго је одржавање посматрано само као функција предузећа која троши новац, а тек недавно се појавило мишљење да је циљ одржавања идентичан циљу производње: максимални профит предузећа. Стога се од одржавања очекује да омогући производњи да ради са исправним машинама, машинама које омогућују производњу оном тачношћу за коју су и пројектоване, машинама које ће имати минимум застоја, које ће имати ниске трошкове експлоатације и одржавања итд.

и) Одржавање оријентисано на пословне резултате (Business Centered Maintenance – BCM)

Business Centered Maintenance је концепција одржавања која је настала крајем XX века. Аутор је Anthony Kelly [KA2, KA3]. Како је данас тешко развити неки револуционарно нов поступак, и овај концепт користи неке познате технике и концепције (на пример: RCM), али му је полазна основа специфична. Полазну тачку концепције представљају циљеви које је неко предузеће дефинисало. Дакле, најзад се прецизно дефинише да и предузеће и одржавање имају исте циљеве, те се тако у самом почетку елиминише сукоб на релацији производња – одржавање (одржавање је заинтересовано да заустави машину да би спровело неку интервенцију, а производња захтева да та машина настави са радом,

како би био остварен план производње и производња тада оптужује одржавање да ради против интереса предузећа). ВСМ концепција је детаљније приказана у наставку овог поглавља.

**ј) Проактивно одржавање
(Proactive Maintenance PaM)**

Проактивно одржавање је најновији тренд у одржавању, чије је зачетке могуће уочити почетком последње декаде XX века. Суштина овог приступа одржавању је спровођење анализе узрока настанка отказа све до проналажења основног узрока, који представља неку појаву за коју је немогуће пронаћи узрок на nižем нивоу декомпозиције. Након проналажења основног узрока отказа, следи поступак дефинисања активности која ће елиминисати настајање уочене појаве и на тај начин елиминисати појаву отказа. Више о овом приступу одржавању ће бити речено у наставку овог поглавља.

**к) Одржавање са минимумом потребних ресурс
(LM – Lean Maintenance)**

Циљ комплетне леан филозофије (примењује се и у производњи, пружању услуга...) је остваривати све боље и боље резултате са смањењем коришћених ресурса. Тако се од одржавања захтева да детаљно проучи све своје активности, производни процес и средства за производњу, како би било у стању да смањи све своје непотребне трошкове и да унапреди резултате свог рада. У наставку овог поглавља ће бити више речи о овој концепцији.

3. КОНЦЕПЦИЈЕ ОДРЖАВАЊА

У овом поглављу су приказане основне карактеристике следећих савремених концепција одржавања средстава за рад:

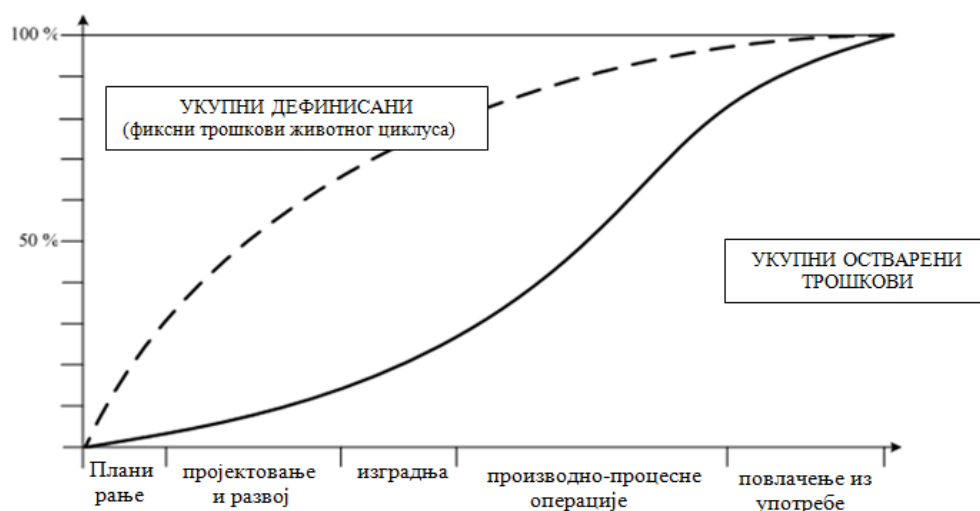
- Интегрална логистичка подршка (*Integral Logistic Support - ILS*),
- Теротехнологија (*Terotechnology - TT*),
- Тотално продуктивно одржавање (*Total Productive Maintenance TPM*),
- Одржавање усмерено на поузданост (*Reliability Centred Maintenance- RCM*),
- Концепт одржавања у CIM (*Computer Integrated Manufacturing CIM*) окружењу,
- Одржавање на светском нивоу (*World Class Maintenance Management- WCMM*) и
- Управљање одржавањем засновано на профиту (*Profit Centered Maintenance – PCM*),
- Предиктивно одржавање (*Predictive Maintenance - PdM*)
- Одржавање оријентисано на пословне резултате (*Business Centered Maintenance – BCM*)
- Проактивно одржавање (*Proactive Maintenance – PaM*)
- Одржавање са минимумом неопходних ресурса (*LM – Lean Maintenance*)

3.1. Интегрална логистичка подршка - ILS [BSB]

Интегрална логистичка подршка - ILS је управљачка функција која треба да обезбеди почетно планирање, постављање и управљање са циљем да се крајњем кориснику обезбеди средство за рад (систем) које ће бити технички и економски подржано

(потпомогнуто и обезбеђено свим потребним ресурсима) у току одређеног животног циклуса.

ILS је у уској вези са трошковима животног циклуса производа (*LCC - life cycle costs*), који представљају укупне трошкове производа (ресурса) у свим животним фазама, слика 3:



Слика 3. Трошкови производа у фазама животног циклуса

- истраживање и развој (систем анализа, развој и конструисање/пројектовање, израда и монтажа, испитивање / тестирање, оцена пројекта и израда одговарајуће документације),
- инвестирање у производњу и монтажу, обезбеђење логистичке подршке (развој опреме за тестирање, резервни делови, технички подаци, обука, итд.),
- постављање и одржавање - обезбеђење постављања, кадрови и подршка одржавању, резервни делови, одржавање опреме, руковање материјалом, транспорт, модификације, измене техничких података, итд. и
- отпис опреме.

Трошкови система/производа у животном веку (експлоатацији) расту све више услед:

- инфлације,
- сложености производа,
- промена производа и нових захтева,
- одржавања, итд.

Многи од ових трошкова нису *видљиви* одмах. Најчешће су уочљиви трошкови набавке, то јест инвестиције у производ (опрема, фабрика...), и најчешће се само и трошкови узимају у разматрање, док се остали трошкови занемарују тако да последица тога може бити *ефекат леденог брега* [BSB], слика 4, односно, менаџмент, који управља само на основу ових трошкова, ће се *насувати*.



Слика 4. Ефекат леденог брега

Елементи логистичке подршке су:

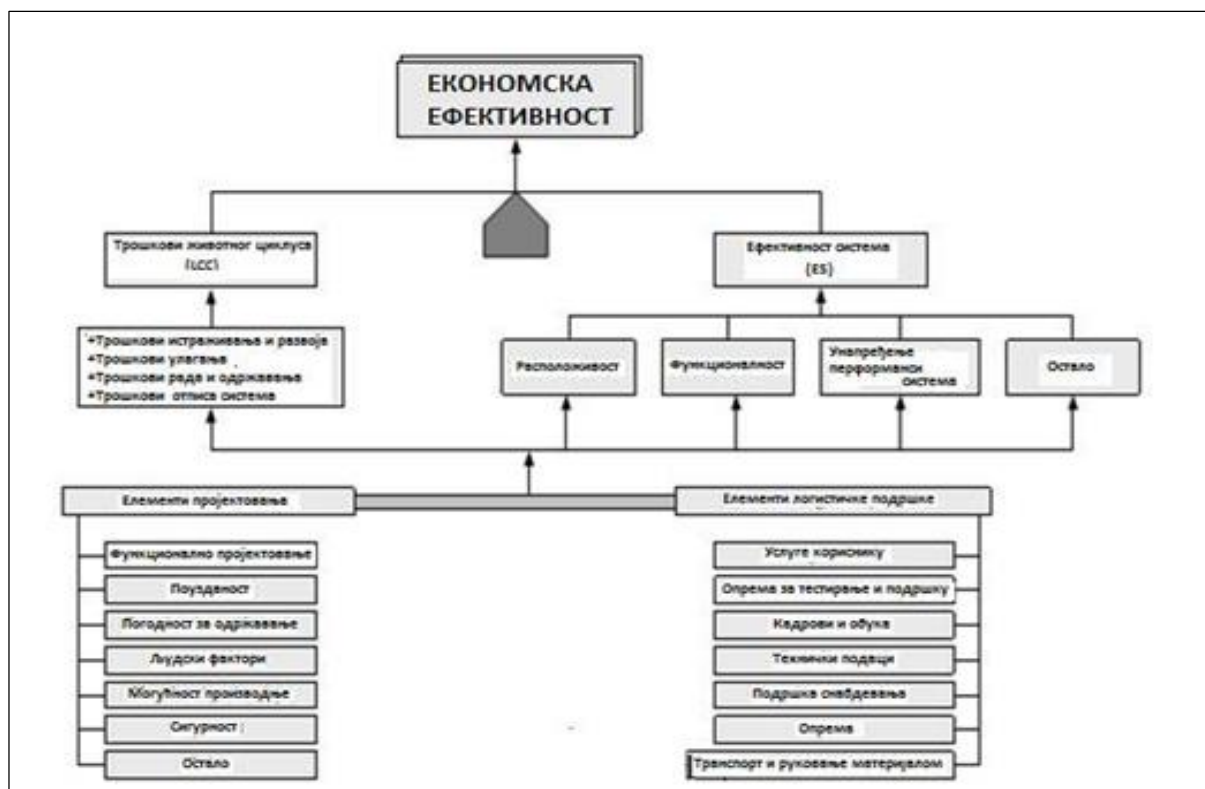
- опрема за испитивање и подршку су сви алати и прибори, опрема за перманентно праћење стања производне опреме, опрема за мерење и калибрацију, радни столови за потребе одржавања и опрема која треба да обезбеди подршку планираном и непланираном одржавању. Ово подразумева и уграђену и преносну опрему за испитивање производне опреме (машина и постројења),
- резервни делови су сви делови који се могу заменити (елементи, подсклопови, склопови, модули итд.), оправити или подесити (у довољним залихама), са циљем да се обезбеди (подржи) планирано и непланирано одржавање основне опреме и опреме за испитивања и подршку,
- кадрови и обука - персонал потребан за рад и одржавање основне и опреме за подршку у току животног века. Обука обухвата почетно стручно образовање и преобуку (дообуку) за потребе увођења нове опреме у производњу и опреме за подршку,
- технички подаци - цртежи, упутства, приручници, инструкције за модификације, спецификације (требовања), прегледе / инспекције, подешавања и упутства кориснику за постављање (инсталисање), провере, експлоатацију и одржавање опреме, који могу бити на папиру, микрофилму, CD-у или DVD-у.
- постављање и изградња - објекти, зграде, складишта, депои и др. За обезбеђење (подршку): производње и испитивања система/опреме, одржавање основне и опреме за подршку у току животног циклуса, складиштење р/д и чување података, смештај руковалаца и производних кадрова и обуку кадрова. Обезбеђење: енергије, топлоте, ваздуха, телефона, приступа Интернету итд.,
- транспорт и руковање материјалом - опрема и процеси за обезбеђење (подршку) паковању, чувању, складиштењу, руковању и транспорт у основне и остале опреме, персонала, техничких података, итд. и
- планирање одржавања - обухвата различите елементе логистичке подршке (опреме за испитивање/тестирање, р/д итд.).

Фазе програма функције логистичке подршке приказане су у табели 1.

Табела 1. Фазе програма функције логистичке подршке

ФАЗЕ ПРОГРАМА	ФУНКЦИЈЕ ПРОГРАМА (ILP)
Концептуална фаза	Сценаријо мисије, студија издржљивости, концепција рада и одржавања, фактори ефективности и подршке, захтеви (услови) околине и логистичко планирање
Претходна фаза развоја (валидација)	Систем анализа, оптимизација, синтеза и дефинисање. Алокација логистичких захтева и развоја критеријума за подршку опреме. Прелиминарне анализе логистичке подршке
Фаза даљег пројектовања и развоја (потпуни развој)	Детаљно пројектовање опреме. Пројектовање веза логистичке подршке, предвиђања, коришћења пројектне подршке, анализа логистичке подршке, логистички прописи, пројектних извештаја, тестирање и оцена. Повратна веза и корективне активности.
Фаза производње / изградње	Производња, монтажа, тестирање, инспекција и развој оперативне (радне) опреме. Обезбеђење и оцена погодности и елемената логистичке подршке. Повратна веза и корективне акције.
Фаза коришћења (употребе)	Рад (функционисање) и одржавање опреме. Извођење специјалних тестова. Оцена погодности и логистичке подршке. Повратна веза и коришћење акције.
Фаза отписа и повлачења из употребе	Отпис опреме услед <i>замора</i> и високих трошкова експлоатације
Фаза рециклаже	Селекција и прерада елемената направљених од материјала које је могуће поново прерадити (првенствено папир стакло и метали), а у новије време се развијају и технологије за рециклажу пластике

Веза елемената пројектовања логистичке подршке и елемената економске ефективности настале уравнотежењем трошкова животног циклуса и ефективности производа, приказана је на слици 5. Интегрални системски прилаз, за разлику од теротехнолошког, покрива најшире подручје (поред опреме обухвата и производе, системе и програме).



Слика 5. Веза елемената пројектовања логистичке подршке и елемената економске ефективности

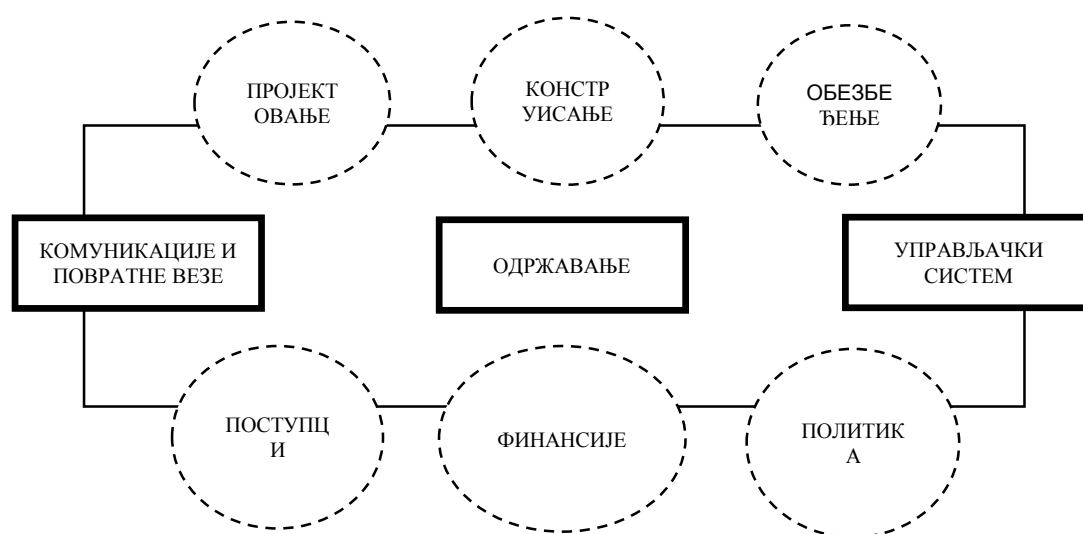
3.2. Теротехнологија

Теротехнологија је према BS 3811 (*British Standards*), комбинација руководних, финансијских, инжињерских и других активности, примењених на физичка добра ради постизања економичности трошкова њиховог радног века, односно животног циклуса, при чему се узима у обзир поузданост и могућност одржавања машина, погона, зграда, њихово инсталисање, пуштање у погон, одржавање, реконструкције и замена (отпис).

Теротехнолошки систем, слика 6, представља комбинацију управљачког система и комуникационих канала који обезбеђује подршку одржавању. Основна предност теротехнолошког прилаза је што обухвата:

- **конструисање:** опрема конструисана према захтевима поузданости и погодности за одржавање,
- **набавку:** примена најбољих начина куповине - обезбеђења свих ресурса и потреба
- **пројектовање:** обезбеђење да опрема има особине погодности за руковање и одржавање,
- **експлоатација:** примена техника које скраћују време у отказу и повишавају *бригу* о опреми,
- **финансије:** управљање трошковима, праћење трошкова и повратне везе и

- **кадрови:** избор и обука кадрова за рад (опслуживање) и одржавање опреме.



Слика 6. Теротехнолошки систем

Одржавање се дефинише као комбинација свих техничких и одговарајућих управљачких поступака, који имају циљ да се елемент задржи или врати у стање у коме може да врши пројектовану функцију, слика 7.

Планирано одржавање је организовано и спроведено с предумишљајем, уз контролу, управљање и документовање према унапред одређеном плану.

Непланирано одржавање се спроводи без икаквог предумишљаја или унапредодређеног плана.

Превентивно одржавање се спроводи у претходно одређеним интервалима или према прописаним критеријумима, са циљем да се смањи вероватноћа појаве отказа или обнови радна способност елемента / система.

Одржавање по стању - подстакнуто спознајом о стању неког елемента на основу периодичног или трајног посматрања (прегледи, инспекције/мониторинг).

Накнадно одржавање се спроводи након настанка отказа са циљем да се елемент врати у стање у коме може да извршава захтевану функцију.



Слика 7. Теротехнолошка подела интервенција одржавања

Теротехнолошка разматрања у животном циклусу обухватају:

ПРИПРЕМНА ФАЗА

- разматрање повратних информација (поступци и одржавање)
- планирање (политика рада и одржавања)
- техничка предвиђања
- планирање укупног века експлоатације
- LCC (трошкови животног циклуса)

ФАЗА ОДЛУЧИВАЊА

- директно учешће корисника (прошlost и будућност)
- припрема и провера листи снабдевања
- преглед профила и рангирање снабдевача
- спецификација система подршке
- преглед плана експлоатације и LCC

ФАЗА УГРАДЊЕ

- пројектовање
- студије (погодности за одржавање, поузданости, повратних веза одкорисника)
- планирање и управљање пројектом
- планирање подршке (информација, обука, резервни делови)
- информациони системи
- припрема документације (приручници, спецификације, програми обуке)
- планирање одржавања
- комисионирање (тестирање, рекламације, уверења)
- предаја (поступак, испитивање, коначни пријем)

ФАЗА КОРИШЋЕЊА

- поступци, одржавање, праћење стања,
- технички и трошковни извештаји,
- анализа извештаја
- повратне информације о поступцима одржавања, пројектовања и снабдевања,
- побољшање конструкције или поступака и ажурирање документације и
- преглед плана и експлоатације, анализа LCC

ФАЗА ИЗВЕШТАВАЊА

- технички и финансијски извештаји,
- одлуке о распореду и замени и
- повратне информације које се односе на пројекте који ће имати користи у будућности (приход).

3.3. Тотално продуктивно одржавање [БСБ]

Педесетих година у Јапану је уведено превентивно одржавање (на основу америчког искуства), које се развило у продуктивно одржавање. Крајем 60-тих се уводи тзв. тотално продуктивно одржавање, јер конвенционална екипа за одржавање није могла сама да одржава аутоматизована постројења. Због тога је руковалац опремом задужен за рутинско одржавање. Ово је произашло из већ развијене концепције Тоталног управљања квалитета (Total Quality Control - TQC) и кружокаквалитета у којима су учествовали сви запослени. Филозофија прилаза је да одржавање обезбеди од - *отказа* опреме, слично као код квалитета (*о - дефецит*).

Циљ концепта је да се откази и грешке, односно губици, сведу на нулу. На пример у једној фирми број изненадних отказа је пао са 1000 на 20 отказа/месечно, што је утицало на повишење степена искоришћења опреме за 50%, проценат отказа је смањен за 10 пута, рекламације купаца су смањене на четвртину, трошкови одржавања за 30%, залихе за половину, а продуктивност је повећана за 50%.

Основне карактеристике Тоталног продуктивног одржавања су:

- циљ ТРМ је максимизација искоришћења (учинка) опреме - средстава за рад
- формира се укупан систем РМ (Productive Maintenance – продуктивног одржавања) у току животног циклуса
- покрива сва одељења (планирање опреме, експлоатацију опреме, одржавање итд.)
- у ТРМ учествују сви запослени (од руководиоца до извршилаца у погону)
- унапређење РМ мотивисањем руководства (на пример активности *кружока* - малих група).

У табели 2. је приказана предност ТРМ у односу на концепте продуктивног и превентивног одржавања.

Табела 2. TPM, Продуктивно и превентивно одржавање

Карактеристике	TPM	Продуктивно одржавање	Превентивно одржавање
- праћење економичности (економска утакмица)	•	•	•
- тотални систем (MP-PM-MI)	•	•	
- аутономно одржавање које изводе руковооци малих група – <i>кружоци</i>)	•		

Легенда:

- MP – Maintenance prevention - превенција одржавања
- PM – Preventive maintenance - превентивно одржавање
- MI – Maintainability Improvement - унапређење погодности за одржавање

TPM има за циљ да максимализује учинак система (машина, постројења и људи) при минималним трошковима у току животног циклуса (LCC) елиминацијом такозваних *шест великих губитака* који смањују ефективност система:

- губици застоја / отказа
 - изненадни откази (неочекивани лом)
 - постављање и подешавање опреме (замена алата)
- губици ефикасности (брзине рада)
 - празни ходови и кратки застоји (рад сензора)
 - смањење стварне брзине рада (у односу на пројектовану)
- грешке у процесу
 - отклањање грешке у току радне операције и дорада
 - пад дохотка због губитака насталих између почетне и стабилне производње.

TPM утиче да се повиси укупна ефективност опреме (Overall Equipment Efficiency), повишењем параметара који представљају саставни део OEE:

$$OEE = O_r \cdot I_p \cdot K_p$$

где је:

O_r - расположивост,

I_p - коефицијент учинка,

K_p - учешће добрих производа у укупном броју

$$O_r = \frac{\text{расположиво време} - \text{време у отказу}}{\text{расположиво време}} = \frac{\text{време у раду}}{\text{расположиво време}}$$

$$I_p = \frac{\text{циклично време произведене колиине}}{\text{време у раду}} \times \frac{\text{идеално циклусно време}}{\text{стварно циклусно време}}$$

$$K_p = \frac{\text{количина обрађених производа} - \text{количина лоших производа}}{\text{количина обрађених производа}}$$

Овде је потребно напоменути да се приликом одређивања последње вредности, у обзир узимају само они израђени производи који су при првој коначној провери били задовољавајућег квалитета. Уколико је неки елемент послат на дораду и након тога прошао проверу, тај елемент су не убраја у добре елементе при одређивању коефицијента К!

У пракси су се искристалисале минималне прихватљиве вредности за ове величине. За расположивост, минимална вредност је 0,9. За коефицијент учинка, минимална вредност је 0,95, док је за учешће добрих производа у укупном броју произведених комада 0,99. Из ових (доњих) препоручених вредности, могуће је израчунати минималну вредност ОЕЕ:

$$OEE = O_r \cdot I_p \cdot K_p = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,84645$$

Овде је могућ неспоразум са руководством предузећа, пошто њима повишење вредности ОЕЕ са на пример 0,62 на 0,831 не значи ништа. Њима је ову вредност потребно представити кроз новчане износе. Нпр. уколико предузеће ради 24 х/дан, то износи 1440 минута. Ако је просечно, дневно, услед застоја изгубљено 245 минута, тада је расположивост:

$$O_r = \frac{1440 - 245}{1440} = \frac{1195}{1440} = 0,8297$$

Ако се током једног дана произведе 425 комада производа и ако стварни производни циклус једног производа износи 2 минута и 30 секунди (уместо оптималних 2 минута и 15 секунди), тада је:

$$I_p = \frac{2'30'' \cdot 425}{1195'} \cdot \frac{2'15''}{2'30''} = 0,889 \cdot 0,9 = 0,8$$

Ако се од произведених 425 комада, установи да је 28 комада неисправно, тада је:

$$K_p = \frac{425 - 28}{425} = \frac{397}{425} = 0,934$$

Из овог је могуће одредити ОЕЕ:

$$OEE = O_r \cdot I_k \cdot K_p = 0,8297 \cdot 0,8 \cdot 0,934 = 0,62$$

Уколико се након спроведених унапређења све ове величине побољшају (дневни застоји се смање на 117 минута, циклусно време смањи на 2 минута 20 секунди, дневно се произведе 544 комада производа од којих је 12 неисправно), могуће је добити следећу слику:

$$O_r = \frac{1440 - 117}{1440} = \frac{1323}{1440} = 0,91875$$

$$I_p = \frac{2'20'' \cdot 544}{1323'} \cdot \frac{2'15''}{2'20''} = 0,9594 \cdot 0,9643 = 0,925$$

$$K_p = \frac{544 - 12}{544} = \frac{532}{544} = 0,9779$$

$$OEE = O_r \cdot I_p \cdot K_p = 0,91875 \cdot 0,925 \cdot 0,9779 = 0,831$$

Разлику између $OEE_1 = 0,62$ и $OEE_2 = 0,831$ је *финансијски* могуће представити на два начина.

Ако је предузеће установило да машина на сваки произведени део *пренесе* део своје вредности у износу од на пример 1,62 €, тада је довољно упоредити само произведене количине, односно, *пренете* вредности:

$$OEE_1 = 0,62 \Rightarrow Q_1 = 397 \Rightarrow V_1 = 397 \cdot 1,62 = 643,14 \text{ € дневно,}$$

односно, под претпоставком да предузеће ради 220 дана годишње:

$$V_{g1} = 397 \cdot 1,62 \cdot 220 = 643,14 \cdot 220 = 141490 \text{ 8, €.}$$

За унапређену ситуацију:

$$OEE_2 = 0,831 \Rightarrow Q_2 = 532 \Rightarrow V_2 = 532 \cdot 1,62 = 861,84 \text{ € дневно}$$

$$V_{g2} = 532 \cdot 1,62 \cdot 220 = 861,84 \cdot 220 = 189604 \text{ 8, €}$$

Разлика на годишњем нивоу износи:

$$D = V_{g2} - V_{g1} = 189604 \text{ 8,} - 141490 \text{ 8,} = 48114 \text{ €.}$$

Сада предност повишења вредности ОЕЕ са 0,62 на 0,831 постаје *опипљива*, односно, врло очигледна.

Други начин *превођења* вредности ОЕЕ у новчану вредност се јавља у случају када предузеће одреди да је годишња амортизација машине нпр. 100.000 €. Тада је граница просте репродукције:

$$G_1 = \frac{100000}{397 \times 220} = 1,15 \text{ €}$$

У другом случају, та граница износи:

$$G_2 = \frac{100000}{532 \times 220} = 0,85 \text{ €}$$

Очигледно је да се захваљујући промени ОЕЕ са 0,62 на 0,831 ствара разлика у цени коштања производа од 0,30 €, што предузеће може да употреби за повишење свог

профита или за снижавање цене свог производа како би стекло предност на тржишту над конкуренцијом.

Приказана рачуница је поједностављена, пошто није узет у обзир рад свих радника који на било који начин опслужују машину и трошак материјала (шкарта и пробних комада), али јасно указује на начин како повишење вредности ОЕЕ треба представити руководству, које не мора да разуме неке техничке детаље који се јављају приликом дефинисања вредности ОЕЕ.

Циљеви TPM се могу постићи побољшањем радне атмосфере и искуства свих запослених, као и побољшањем коришћења опреме и обуком извршилаца одговорних за њу, слика 8.



Слика 8. TPM - Начини повишења укупне ефективности опреме

Активности малих група у TPM се разликује од кружока квалитета.

Разлика између TPM и TQC се може сагледати из табеле 3. Може се закључити да су TPM и TQC идентични само по циљу: укупно усавршавање. Основу TPM чине пет активности, које представљају минимум при увођењу:

- побољшања ефективности сваког дела опреме:
 - избор модела опреме и формирање пројектног тима,
 - обављања активности индивидуалног усавршавања у циљу елиминисања *шест главних губитака* и
 - побољшања свеукупне ефективности опреме за сваки модел,
- аутономног одржавање које изводе оператори / послужιοци:
 - обављање активности аутономног одржавања у малим групама употребљавајући *step* метод (корачни метод) који ће бити описан касније,

- креирање планске припреме за одржавање у одељењима за одржавање:
 - стварање и примена система за терминирање одржавања,
 - система за обезбеђивање резервних делова, алата, и тако даље, у циљу стварања система одржавања по неком ресурсу (време, км, ком...) или одржавања заснованог на стању опреме (или одржавања заснованог на анализи и прогнози стања делова машине – PredictiveMaintenance - PdM) и побољшања ефективности рада на одржавању,
- обука за усавршавање оперативних знања и знања у вези са државањем:
 - обучавање оператора - руковаоца на опреми и
 - обучавање екипе за одржавање и
- припрема иницијалног управљања опремом:
 - стварање система који би гарантовао поузданост и искоришћење и одржавање погодности за одржавање, почевши од етапе конструисања и производње опреме, до обезбеђивања економичног експлоатационог века опреме, односно ниских трошкова животног циклуса – LCC

Табела 3. Упоредне карактеристике TQC и TPM

Категорија	Тотално управљање квалитетом TQC	Тотално продуктивно одржавање TPM
Општи циљ	укупно усавршавање (побољшани резултати и стварање пријатног радног места)	
Предмет управљања	Квалитет (излазне величине, последице)	Опрема (улазне величине, узроци)
Метод постизања циља	Примена управљачког система (систематизација и стандардизација) –софтверска орјентација-	Реализација исправности стања опреме и радног места – хардверска орјентација
Обука пресонала	Концентрисаност на технологију управљања технике)	Концентрисаност на технологију одржавања (инжињеринг одржавања, вештине одржавања)
Активности малих група	Добровољне активности кругова	Интегрални део организација радног места су активности малих група
Циљ	Квалитет PPM реда (О-шкарта)	Потпуна елиминација губитка и застоја (*О – отказа*)

Да би се могле применити пет активности нужно је обезбедити припремне кораке, табела 4.

Фазе увођења и примена (етапе 7 до 11) представљају пет активности које су *стуб* ТРМ, које почињу након лансирања (фаза 6).

Активности аутономног одржавања представљају *кључ* развоја и увођења ТРМ.

Развијен је тзв. *корачни* метод (*Step method*) за припрему аутономног одржавања. Опрема на којој неко ради, служи и као опрема за обуку за одржавање уз рад. Руковалац постепено стиче знања и вештине одржавања по етапама и код њега се *буди воља* за примену ТРМ. Коначни метод обухвата 7 корака, табела 5.

Обука и вежбање за развијање и увођење ТРМ су приказани у табели 6.

Табела 4: ТРМ – основни кораци при спровођењу

КАТЕГОРИЈА	ЕТАПА	ГЛАВНЕ ТАЧКЕ
Фаза иницијализације	1. Управа објављује одлуку о увођењу концепције ТРМ	Намера се објављује на интерном ТРМ састанку. Публикује се у билтен компаније.
	2. Едукација и кампања за увођење ТРМ	Извршиоци: практична обука свих нивоа. Сви запослени: предавања уз слајдове/презентације.
	3. Стварање организације које ће промовисати ТРМ	Комитети, специјалне групе, секретаријат
	4. Установљење основне политике и циљевима ТРМ	Показатељи и циљеви. Предвиђање ефективности.
	5. Форумулисање главног плана развоја ТРМ	Од припрема за увођење до фазе потпуне примене
Почетна фаза увођења	6. Лансирање ТРМ	Позитају се: потрошачи, компаније – филијале, кооперација.
Фаза припреме	7. Повишење ефикасности сваког дела опреме	Избор модела опреме. Формирање пројектног тима.
	8. Креирање припреме за аутономно одржавање	<i>Step</i> метод. Примена и потврда методе.
	9. Креирање планске припреме за одржавање у одељењу за одржавање	Периодично одржавање и предиктивно одржавање. Стварање и примена система за терминирање одржавања, за обезбеђење резервних делова, алата итд.
	10. Обука за усавршавање оперативних знања и знања у вези са одржавањем	Колективна едукација руководиоца. Обучавање за преношење знања члановима.
	11. припрема иницијалног управљања опремом	План превентивног одржавања. Иницијално одржавање LCC.
Фаза потпуне имплементације ТРМ	12. Савршена припрема и виши ниво ТРМ	Кандидовање за РМ награду. Тежња ка вишим циљевима.

Табела 5. TPM - садржај основних активности

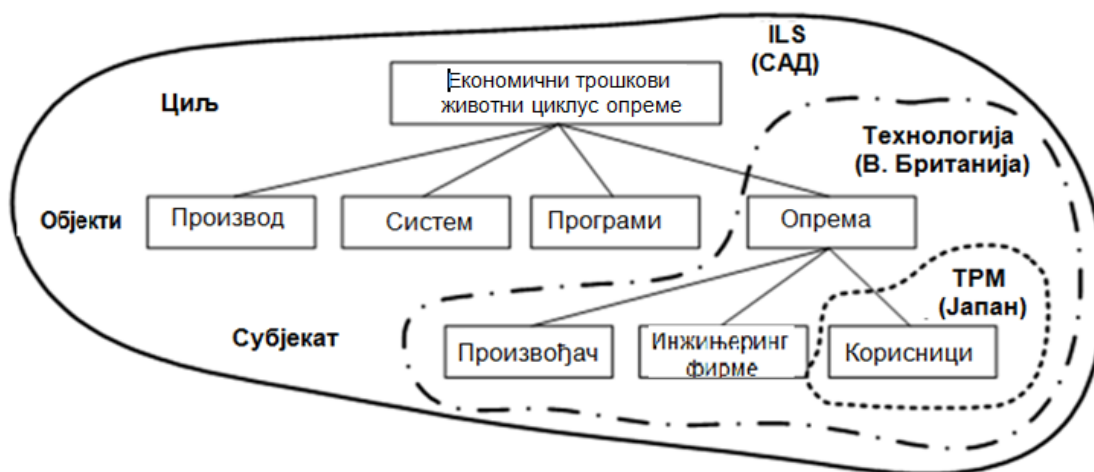
КОРАК	НАЗИВ	САДРЖАЈ АКТИВНОСТИ
1	Почетно чишћење у компанији	Комплетно чишћење прашине и прљавштине, концентришући се пре свега на опрему и подмазивање, подешавање делова машине, откривање и отклањање отказа опреме.
2	Мере против узрочника отказа	Спречити узрочнике прашине и прљавштине и њихово ширење, омогућити лакше чишћење и подмазивање тешко доступних места и смањити време потребно за чишћење и подмазивање.
3	Одређивање стандарда за чишћење и подмазивање	Одређивање таквих стандарда који ће обезбедити чишћење, подмазивање и подешавање делова машина у кратком временском периоду (неопходно је назначити оквирно радно време, под данима или периодично).
4	Свеукупна провера	Практично вежбање у проверама, откривању и отклањању мањих грешака на опреми.
5	Аутономна провера	Прављење и примена листи (образац) за аутономно проверавање.
6	Уредност и чистоћа	Стандардизовање различитих типова сваки при управљању радом и креирање комплетне систематизације управљања одржавањем: 1. стандарди за чишћење, проверу и подмазивање 2. стандарди за расподелу ресурса по радним местима 3. стандардизација података 4. стандардизација алата и пробора
7	Аутономно управљање	Развијање заједничке политике и циљева, побољшање поступка управљања: Развијање заједничке политике и циљева, побољшање поступка управљања: стално праћење MTEF (Mean Time Between Failure - средње време између отказа) средње време до појаве отказа MTTF (Mean Time To Failure – средње време до појаве отказа, односно, средње време у раду) анализа и унапређење опреме.

Табела 6. ТРМ - обука и вежбање за увођење
(План направљен од стране ЈРМ)

КУРС	ПОЛАЗНИЦИ	ТРАЈАЊЕ	ЦИЉ	ГЛАВНИ САДРЖАЈ	ПРЕДАВАЧИ
ТРМ курс за извршиоце	Извршиоци директорског или вишег ранга	Два дана (укључујући и вечерње часове)	Разумевање природе ТРМ и реализације улоге извршиоца на сваком кораку развојног програма ТРМ.	- важност ТРМ - 12 етапа развоја ТРМ - 5 чинилаца развоја ТРМ - улога извршиоца у развоју ТРМ	ЈРМ (JAPAN Institute of Plant Maintenance)
ТРМ курс за руководиоце	Руководиоци производње	Две теме од којих се свака обрађује три дана (укључујући и вечерње часове)	Разумевање природе ТРМ и савладавања специфичних метода промовисања пет чинилаца ТРМ, које су неопходне за особе које ће бити надлежне за промовисање ТРМ.	- Важност ТРМ, 12 етапа развоја ТРМ - Како повисити ефективност фабрике - Концепт и промовисање плана за нулти ниво отказа. - Промовисање и концепт аутономног одржавања - Концепт и промовисање планираног одржавања - Почетно одржавање фабрике - Концепт и промовисање квалитетног одржавања.	ЈРМ
ТРМ курс за инструкторе	Руководиоци производње који су завршили ТРМ курс за руководиоце	Три дана (укључујући и вечерње часове)	Класификација инструктора за ТРМ курс за руководиоце група у кући.	- Важност ТРМ курса за руководиоце група - Практична обука за горе поменути курс - Припрема за лично инструкторско вођење горе поменутог курса	ЈРМ
ТРМ курс за руковођење група	Техничко особље, супервизори и руководиоци малих група	Два дана (укључујући и вечерње часове)	Као руководиоци група, полазници треба да савладају специфичне методе примењивања ТРМ.	- Шта је ТРМ - Повећање ефективности опреме - Тежња ка нултом нивоу отказа - Како промовисати аутономно одржавање - ПМ анализа - Тежња ка идеалном искоришћењу опреме (0 отказа)	ТРМ инструктори из куће или ЈРМ

Поређењем концепата Тотално продуктивног одржавања, Интегралног логистичког прилаза и Теротехнолошког концепта могуће је закључити, слика 9, да:

- интегрална логистичка подршка - ILS покрива најшире подручје (производе, системе, програме, опрему),
- теротехнологија покрива само опрему (средства за рад) и спроводи сетаједно са произвођачима опреме, инжењеринг фирмама и корисницима опреме и
- TPM спроводе корисници средстава за рад.



Слика 9. Упоредни приказ: TPM - ILS - Теротехнологија

У данашње време, присутна је константна борба са конкуренцијом за опстанак на старим и присвајање нових тржишта. У таквим условима, ТПО за предузећа може представљати једину избор између успеха и потпуног неуспеха. У пракси је доказано да имплементација ТПО може имати јако позитивне резултате на пословање предузећа. Може се применити, не само у производним предузећима, већ и у грађевини, транспорту и других области индустрије. Једна од премиса ТПО јесте потпуно укључивање и ангажовање запослених. Зато је неопходно спровести обуку запослених и поставити темељ за увођење новог концепта, уз свестрану подршку и посвећеност менаџмента. Овакав прилаз је само један од услова за успешно и несметано увођење ТПО.

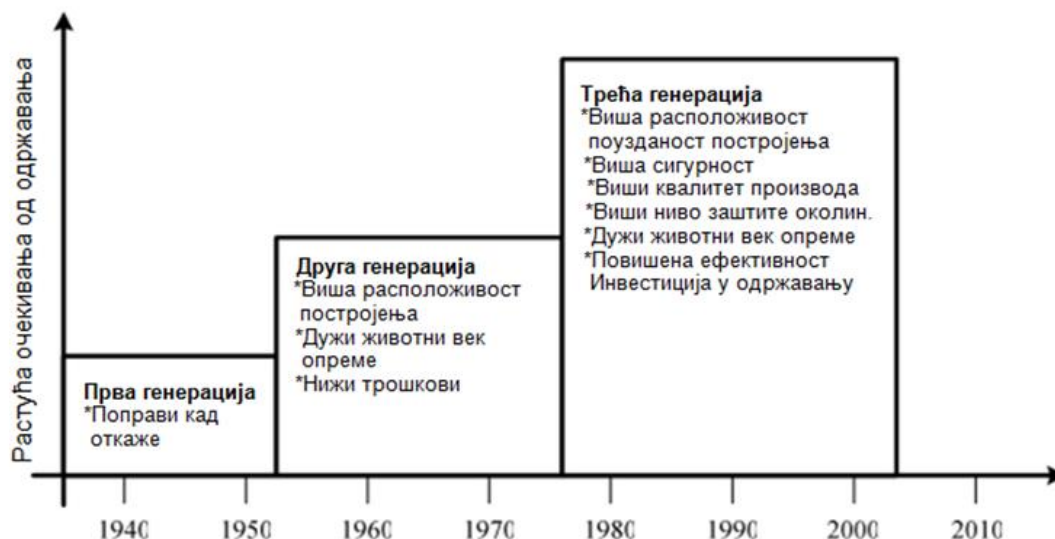
3.4. Одржавање усмерено на поузданост – *Reliability centered Maintenance (RCM) [MJ]*

Зачетци RCM се јављају половином XX века и током развоја основа RCM, прошло се кроз три фазе, слика 10.

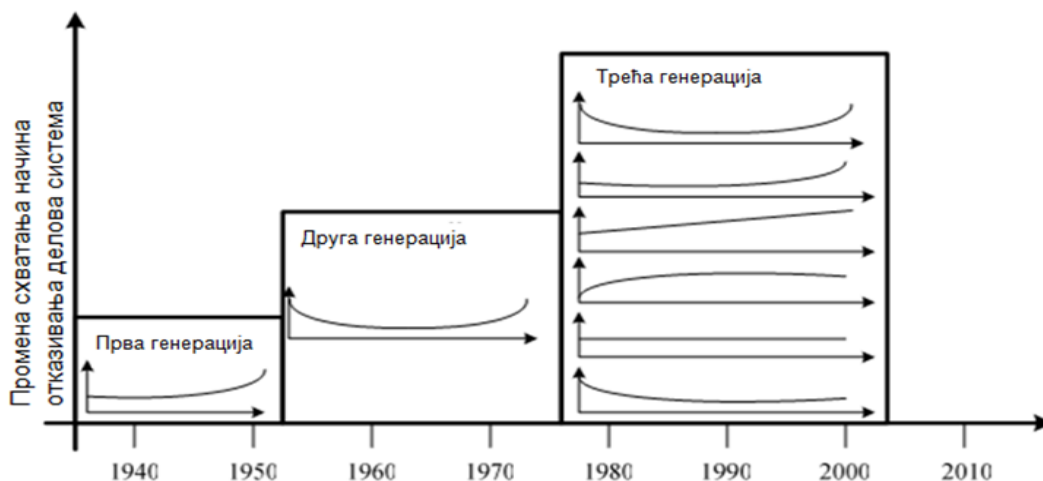
Прва фаза обухвата период до II Светског рата у коме индустрија није била високо механизована, тако да откази опреме нису били значајни. У тој фази менаџери нису давали посебан приоритет превенцији отказа. У исто време опрема је била предимензионисана, врло поуздана и била је лака за оправљање. Није било потребе за систематским одржавањем, осим чишћења, подмазивања и опслуживања. Потреба за обученошћу одржавалаца је била знатно нижа него у каснијим фазама.

Друга фаза је започела драматичним променама у II Светском рату, порастом захтева за различитим робама и наглим порастом механизације, односно све бројније и све сложеније машине изазивају све оштрије изражене појаве отказа. Рађа се идеја да се откази могу спречити превенцијом и јавља се концепт **превентивног** одржавања. У шездесетим се овај концепт огледа у примени превентивног одржавања у фиксним интервалима - одржавање по унапред утврђеном ресурсу: сати рада, пређени километри, циклуси функционисања, моторчасови итд. Трошкови одржавања расту рапидно у односу на остале експлоатационе трошкове, што доводи до развоја система планирања и управљања одржавањем.

Трећа фаза почиње средином 70-тих година и окарактерисана је порастом очекивања од одржавања и појавом нових истраживања и нових техника одржавања. Док се у претходној фази, од одржавања очекивало да снизи трошкове, повиси расположивост постројења и продужи животни век опреме, сада се од одржавања очекује да, поред ранијих очекивања, испуни и захтеве за повишењем сигурности опреме за руковаоцетом опремом, али и за околину, повишењем поузданости опреме, повишењем квалитета производа (снижавањем негативног утицаја неисправне – дотрајале опремена квалитет производа) и повишењем ефективности инвестиција у одржавање(снижавањем трошкова, а повишење ефекта који су последица спровођења интервенција одржавања). Током ове фазе развоја одржавања, спроведена су многобројна истраживања, чији је резултат био сазнање да нису сви елементи подложни раније прихваћеном типу промене интензитета отказа, познатом као *крива каде*, него постоји шест различитих типова те промене, што је приказано на слици 11.

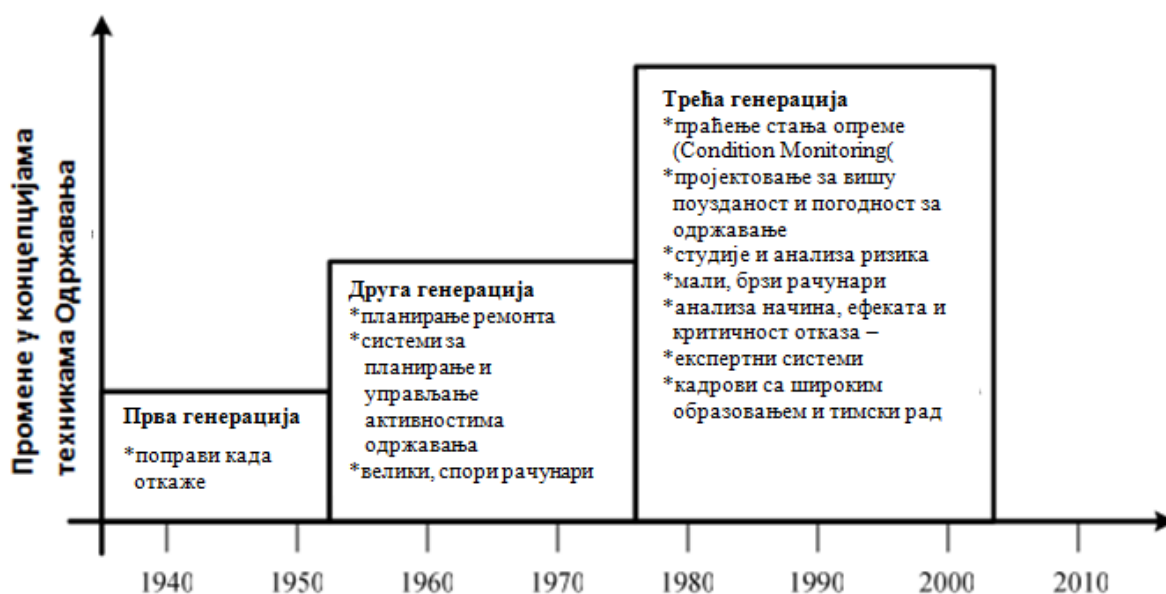


Слика 10. Пораст очекивања од одржавања



Слика 11. Промена схватања начина отказивања делова система

Промене у концепцијама и техникама, које су се јавиле током ове фазе, су биле многобројне и детаљније описивање свега новог би заузело пуно простора, тако да су те промене само приказане на слици 12.



Слика 12. Промене у концепцијама и техникама одржавања

Пре отпочињања опсежне РСМ анализе и дефинисања захтева који се постављају пред одржавање, неопходно је формирати детаљан каталог (регистар) технолошких система који су предмет одржавања, као и спровести детаљно упознавање са производним процесом. Након реализације ова два неопходна корака, за сваки од дефинисаних технолошких система је потребно поставити седам основних питања/захтева концепције РСМ и дати детаљне одговоре на свако од постављених питања. Тих седам питања су:

- Које су функције опреме битне у текућој експлоатацији?

- *Који се откази опреме могу појавити?*
- *Који су узроци појаве отказа?*
- *Шта се догађа када се појави отказ?*
- *Колики је значај сваког отказа?*
- *Шта се може урадити да се спречи појава отказа? и*
- *Шта треба урадити, ако не може да се пронађе погодна превентивна активност?*

У наставку су дати кратки описи активности које се крију иза наведених питања.

Које су функције опреме битне у текућој експлоатацији? Како је основни задатак одржавања да обезбеди да инсталисана опрема ради онако како је и пројектовано, неопходно је да одржавање зна шта се очекује од појединог технолошког система и да зна како изгледа “нормалан” режим рада и по којем стандарду је опрема пројектована. Стога је потребно да одржавање зна које су функције опреме битне за предвиђену експлоатацију опреме и због тога је неопходно да ово питање прво буде постављено и на њега детаљно и прецизно одговорено.

Који се откази опреме могу појавити? Након упознавања са функцијама опреме, логично је поставити ово, друго по реду, питање. Сваки могући начин престанка вршења планиране функције је потребно идентификовати, а то се чини помоћу два потпитања: 1 – како опрема може да неуспешно изврши своју функцију и 2 – шта може да узрокује неуспешно извршење функције опреме.

Који су узроци појаве отказа? Циљ постављања овог питања је идентификовање свих начина појаве отказа – неиспуњења предвиђене функције, како би било идентификовано шта је то што је потребно спречити. Приликом спровођења овог корака, потребно је анализу спровести са довољним нивоом детаљности, како би се избегла ситуација да се спроводе активности одржавања са циљем елиминације последица, а не узрока отказа. Са друге стране, потребно је уложити довољно пажње како би се избегло претерано залажење у детаље и непотребно трошење времена и енергије учесника анализе.

Шта се догађа када се појави отказ? Када се идентификује сваки начин појаве отказа, потребно је идентификовати последице појаве сваког од наведених начина појаве отказа: да ли долази до заустављања производње, да ли се процес производње наставља са производњом шкарта, да ли је угрожена околина, да ли је угрожено здравље радника...

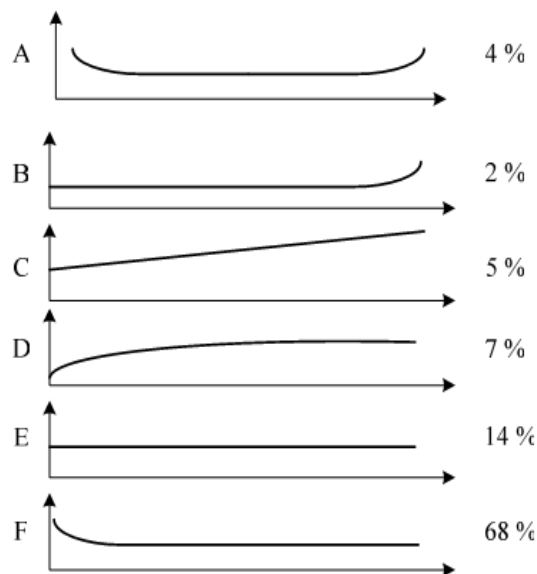
Колики је значај сваког отказа? Сваки отказ, за своју последицу, има одређену количину времена и новца, које је потребно утрошити да би тај отказ био отклоњен. Поред тога, откази могу имати и додатне последице по питању заустављања производње, производње шкарта, деградацију околине, повређивање радника, оштећење других делова система... Дакле, сваки отказ има неки временски и финансијски еквивалент и поред тога има и додатне последице које је некада могуће, а некада није могуће (или је то изузетно компликовано) изразити у временским и финансијским јединицама. Што су последице *скупље* (и временски и финансијски) то је јача потреба да се такав отказ спречи, односно да се пронађе нека превентивна активност која би елиминисала или одложила појаву отказа, или барем ублажила последице тог отказа. Да би био олакшан рад са овим појмовима, РЦМ је дефинисао четири могуће групе последица: скривене последице, последице по безбедност и околину, производне последице и не-производне последице. Скривене последице се јављају у случају неких сигурносних уређаја, чији отказ није очигледан, али када се јави потреба за укључивањем тих уређаја, последице појаве отказа могу бити катастрофалне. Откази са могућим последицама по безбедност (могућност повређивања људи или чак и смрти) и околину (могућност загађења

земљишта, воде или ваздуха или догоровног негативног деловања на климу – ефекат стаклене баште или уништавање Земљиног озонског омотача) су откази које је потребно озбиљно узети у обзир и учинити све што је могуће како би се они, ако је икако могуће, у потпуности елиминисали. Откази имају производне последице уколико њихова појава зауставља производњу, утиче на снижавање квалитета производа или нивоа услуге кориснику. Непроизводне последице имају откази чији је једини негативан утицај трошак који се оствари приликом отклањања тог отказа (нпр. отказ једне од многих сијалица).

Шта се може урадити да се спречи појава отказа? Раније се сматрало да се сви елементи, односно њихови откази, владају по *дијаграму каде*, који је приказан на слици 13 под ознаком “А”. Међутим, праћењем појава отказа код цивилних авиона, добијени су подаци који су представљени на истој слици, одакле је могуће видети да само 4 % делова има такав облик криве интензитета отказа. Облик криве интензитета отказа приказан под ознаком “Б” имају само додатних 2 % елемената. Како се превентивне замене спроводе у тренутку када долази до повећане вероватноће отказа услед интензивног хабања, то значи да само ова два облика криве интензитета отказа имају оправдање за примену превентивних замена (само код ова два облика постоји зона интензивног хабања, трошења, слабљења...), односно, код само 6% елемената је оправдано спровођење превентивних замена, све остале превентивне замене негативно утичу на поузданост система и на број отказа код тог система. Касније студије у индустријским условима су показале да између 77% и 92% отказа нису временски-зависни, односно, да у тим случајевима није препоручљиво спроводити превентивне замене. Ово је разлог зашто су многе фирме одустале од превентивних интервенција, пошто су (погрешно) закључиле да никакве превентивне замене немају оправдање. Из наведеног разматрања је очигледно да није могуће заменом *дотрајалог* дела елиминисати отказе. Стога РСМ разматра три начина планирања и терминирања активности одржавања:

- активности планиране / терминирање на основу стања елемента,
- активности обнављања (поправљања) делова, које су планиране / терминирање на основу неког ресурса (време рада, пређени километри, тона обрађене сировине...)
- активности замене делова планиране / терминирање на основу неког ресурса.

Последње две групе активности се разликују само по акцији која се спроводи, док се планирање врши на идентичан начин и ове активности су исте оне које су биле спровођене на основу предвиђања појаве отказа помоћу *дијаграма каде*. Новину представљају активности које спадају у прву групу. То су активности које су планиране на основу стварног стања елемента. Уколико је елемент исправан, односно не показује знаке развијања процеса који ће довести до отказа, тај елемент се оставља да и даље врши своју функцију. Уколико се неком дијагностичком методом установи да је отпочео процес настанка отказа, могуће је *предвидети* колико времена ће проћи док тај елемент не откаже и планирати одговарајућу активност одржавања пре тог термина.



Слика 13. Облика дијаграма интензитета отказа

Шта треба урадити, ако не може да се пронађе погодна превентивна активност? Постоје случајеви када није могуће пронаћи одговарајућу активност која ће спречити појаву отказа и тада је потребно спровести економску анализу: да ли је економски исплативо пустити да елемент откаже и затим га заменити или је потребно урадити нешто да би отказ имао, што је могуће, блаже последице. РЦМ је дефинисао четири групе последица отказа и у зависности од групе којој припадају последице неког отказа, тражи се могућност деловања на наки отказ, односно његове узроке и последице. Уколико се ради о скривеном отказу, потребно је дефинисати активности откривања отказа (ове активности су широко у употреби у војсци, али се користе и у функцијама против-пожарне заштите). Ако се ради о отказу са последицама по безбедност радника или околине, корисно је спроводити само оне активности које умањују или елиминишу последице отказа. Уколико таква активност не постоји, посматрани елемент је потребно поново пројектовати или је потребно променити цео процес у којем учествује тај елемент. Код отказа који имају последице само по питању производње, препоручљиво је вршити превентивне интервенције само када су укупни трошкови тих превентивних интервенција нижи од трошкова који настају отказом тог елемента. Идентична је ситуација и са отказима који немају директног утицаја на производњу. У оба случаја, ако није могуће пронаћи такву превентивну активност која ће снизити укупне трошкове, потребно је пустити да тај елемент откаже и након тога га мењати. Изузетак је ситуација када су трошкови који настају услед отказа изузетно високи и тада се препоручује спровођење реконструкције елемента или целог система.

Користи од примене концепта РСМ се могу описати као:

- виша сигурност и заштита околине,
- побољшање експлоатационих перформанси (излази, квалитет производа и услуге кориснику),
- повишена економска ефективност (смањење трошкова одржавања),
- продужење животног века скупљих делова опреме,

- проширење базе података о одржавању,
- повишена мотивација радне снаге у одржавању и
- бољи тимски рад.

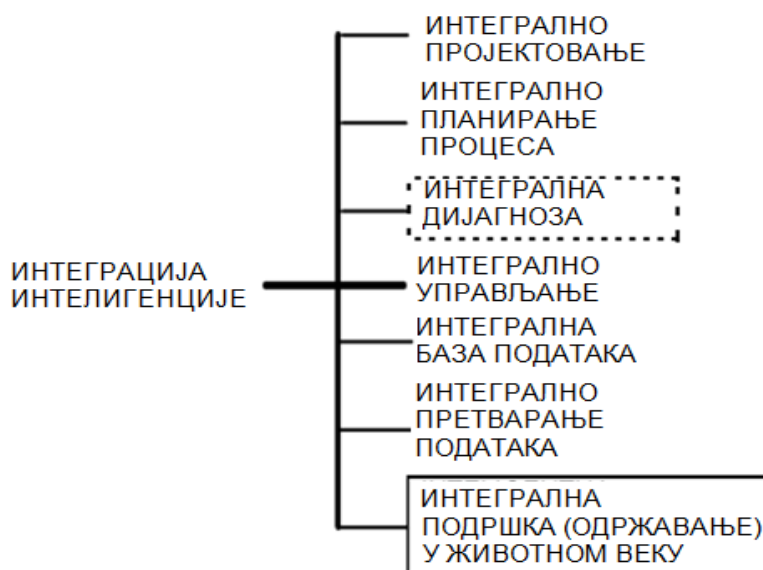
Схватајући значај и могућности PCM-a, International Society of Automotive Engineers (SAE) је оformио Технички комитет који је 1999. године уобличио стандард JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Овај стандард треба да помогне сваком ко жели да имплементира RCM, пошто дефинише смернице и појашњава многе детаље и активности који се спроводе приликом имплементације.

3.5. Концепт одржавања у CIM окружењу (Computer Integrated Manufacturing - CIM)

У развоју технолошких система актуелан је такозвани CIM концепт, који се заснива на интеграцији пословних и инжењерских активности, на бази софтверске и хардверске подршке. Модул одржавања у CIM окружењу се развија као модул Рачунароминтегрисано управљање одржавањем (*Computer Integrated Maintenance Management - CИММ*). Овај модул ће се у будућности заснивати на примени модела знања и машинског учења. Основна карактеристика развоја технолошких система је потпуна интеграција, машинска вештачка интелигенција (*Artificial Inteligency - AI*) и експертни системи (*Expert Systems - ES*) и софистицирана комуникација (*Sophisticated Communication - SC*). Развој интелигентних CIM система (ICIMS) се заснива на:

- новим знањима и схватањима мисаоних процеса пројектаната и планера,
- овладавању нових технологија као што су AI, паралелно и дистрибуирано процесирање, мехатроника, неуронске мреже, мултимедијски системи и комуникације и
- развоју и примени нових технологија (микро и нано технологије).

Глобална структура интегралног CIM концепта је приказана на слици 14.



Слика 14. Глобална структура интегралног CIM концепта

Посебно је значајан сегмент интегралне дијагнозе понашања елемената, подсклопова или склопова технолошког система у циљу дефинисања мера подршке, односно активности одржавања система у животном веку. Овај сегмент је заснован на примени експертних система за дијагностику. Експертни системи се могу поделити у три групе:

- консултантски ES за претраживање базе знања (KB – *Knowledge Base*) и презентација релевантних чињеница кориснику,
- ES за генерисање одлука, са системом закључивања и објашњења процеса резоновања при аквизицији знања и
- ES са учењем у постојећој бази знања.

Сви језици и алати за изградњу експертних система за одржавање се могу класификовати у шест група:

- метод правила (IF-THEN),
- метод фрејмова и семантичких мрежа,
- процедурални метод програмирања ES,
- објектно оријентисан метод програмирања ES,
- метод програмирања ES заснован на логичким релацијама, оријентисан је ка циљу и метод оријентисан ка приступу који користи моделе (*деамонс*) за нове процедуре обраде, када се мењају подаци или се врши читавање нових података.

Наведени експертни системи ће преко интелигентне дијагнозе генерисати интелигентно одржавање технолошких система.

3.6. Управљање одржавањем на светском нивоу (*World Class Maintenance Management - WCMM*)

У последњих неколико година све више се говори о светској класи квалитета производа, светској класи производње и светској класи одржавања, односно управљања одржавањем (*World Class Maintenance Management*).

Светску класу производње Wireman [WT] дефинише као *конкурентску способност било где у свету, способност суочавања и побеђивања било ког конкурента, било где у свету, ценом производа, квалитетом и испоруком на време.*

Ово је могуће постићи квалитетом (светска класа квалитета производа), ставовима према конкуренцији и аутоматизацијом технологија. Аналогно, светска класа одржавања подразумева управљање одржавањем опреме која даје светски квалитет производа, које има јасан став о превентивном одржавању и примењује предности савремених технологија у одржавању опреме у циљу минимизације времена отказа, застоја и трошкова одржавања.

КВАЛИТЕТ - значи да одржавање опреме мора бити део програма унапређења система обезбеђења квалитета производа, јер само *квалитетно* одржавана опрема може, поред осталог, обезбедити висок квалитет производа (светске класе). То значи да у програму одржавања опреме мора да буде заступљено превентивно/предиктивно одржавање и одржавањепо-стању (*Condition based Maintenance*) које обезбеђује виши квалитет производа.

СТАВОВИ - компанија мора бити наклоњена превентивном одржавању (свим видовима превентивног одржавања), планирању активности одржавања и мора водити рачуна о залихама. Циљ компаније мора да буде одржавање опреме у функционалном стању и

производња високог квалитета. Резултат је дугорочна експлоатација опреме (продужење животног века опреме) и висок квалитет производа. Такође се морају променити ставови према раду, материјалу, алатима, снабдевању и осталим ресурсима (штедна енергије, кооперација итд.).

Планирање одржавања је најважнији део напора компаније да перманентно унапређује организацију одржавања.

Ставови се могу резимирати кроз следеће користи: унапређење квалитета, повишење степена искоришћења опреме (поузданости и готовости) и снижење трошкова одржавања (рада, материјала, енергије) и губитака у производњи.

АУТОМАТИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОГИЈА - значи способност компаније да искористи све предности савремених технологија у одржавању опреме да одржи трошкове одржавања на оптималном нивоу. Примери коришћења аутоматизованих технологија су анализа вибрација опреме, ИС скенирање (инфрацрвена термографија), софтверски производи итд.

Рачунаром подржан систем управљања одржавањем (*Computerised Maintenance Management System - CMMS*) обухвата подсистеме:

- подаци о опреми (карактеристике, стање, историја понашања итд.),
- превентивно одржавање,
- радни налози,
- залихе,
- снабдевање,
- кадрови,
- извештавање и
- обим активности где је укључена примена рачунара.

Информације добијене из CMMS помажу менаџменту да ефикасно управља процесима одржавања.

Концепције приказане у овом делу указују на разлике, не само у приказу избора поступака одржавања, него и у обухватности и осталих функција које се односе на средства за рад, а не само одржавање.

Аутор даје упитник који служи организацијама да оцене своје место у свету по питању сопственог одржавања (упитник је дат у прилогу бр. 1). Упитник се састоји од 8 група питања и то:

1. Организација одржавања
2. Програми обуке у одржавању
3. Радни налози одржавања
4. Планирање и терминирање активности одржавања
5. Превентивно одржавање
6. Складиштење и набавка у одржавању
7. Извештавање у одржавању
8. Аутоматизација рада у одржавању

Свака од наведених области садржи по 10 питања са (углавном) већ понуђеним одговорима. Свако од питања носи максимално 4 поена, што чини 40 поена по области, односно, укупно 320 поена. Аутор је светску класу одржавања дефинисао као оно одржавање које је налази у горњих 10 %, односно оно одржавање које освоји од 288 до 320 поена на овом тесту. Уколико предузеће освоји од 256 до 288 поена, аутор сугерише

да се анализирају оне области у којима су изгубљени поени, пошто је организација врло близу светске класе. За 224 до 256 освојених поена, аутор препоручује озбиљнију анализу свих области где су изгубљени поени, док за мање од 224 освојена поена, аутор препоручује озбиљну анализу циљеви и приоритета у одржавању пошто сматра да такво одржавање нема задовољавајуће *темеље*.

3.7. Предиктивно одржавање (Predictive Maintenance)

Као што је раније речено, предиктивно одржавање је, у суштини, одржавање по стању (CBM – *Condition Based Maintenance*). Идеја предиктивног одржавања је да се открије деградациони процес који води отказу и да се пронађе начин да се прати напредовање тог процеса, односно, напредовање *губљења* радне способности дела. Упознавањем овог процеса и бројчане вредности физичке величине која служи као индикатор напредовања процеса (ово је најчешће температура, бука или вибрације), могуће је дефинисати тренутак (граничну вредност физичке величине) када се *проглашава* да је наступио отказ. Често, ова гранична вредност не значи и престанак способности да систем обавља своју функцију, али услед могућности настанка отказа који може причинити додатну штету, производња се, у погодном тренутку, прекида и спроводи се интервенција отклањања отказа. На овај начин се максимално искоришћава животни век посматраног дела (не врши се превентивна замена која одбацује део животног века), елиминише се изненађење који отказ најчешће причињава, што има за последицу да је одржавање у потпуности припремљено за интервенцију замене дела.

Негативна страна предиктивног одржавања је потреба поседовања опреме за техничку дијагностику, која је по правилу скупа, као и кадрова који су обучени за употребу тих уређаја и за препознавање могућности за примену техничке дијагностике. Поред овог, приликом примене поступака техничке дијагностике, некада је потребно зауставити производни процес како би се извршило мерење (насупротив ових *off-line* активности, постоје и *on-line* активности које не захтевају заустављање производног процеса, већ се мерење може спровести док се производња одвија непрекинуто). Ово има за последицу да је неопходно установити такве термине прегледа који ће гарантовати правовремено детектовање предотказног стања, уз минималне трошкове (минималан број прегледа и минимални трошкови изгубљене производње).

3.8. Управљање одржавањем засновано на профиту (*Profit Centered Maintenance – PCM*)

У литератури постоји више сличних превода овог термина (PCM): Управљање одржавањем засновано на профиту, Одржавање усмерено ка профиту предузећа, Профитно оријентисано одржавање. Ни један од наведених превода се није у потпуности одомаћио, али пошто је суштина сваког од наведених превода јасна, било који превод да се користи, неће изазвати забуну, тако да ће у наставку подједнако бити коришћени све наведени преводи, без покушаја фаворизовања било којег. Одувек је одржавање третирано као функција која само троши новац. Напредак представља схватање да одржавање доприноси профитабилности предузећа готово исто као и производна функција. Борба за опстанак на тржишту је условила даљи развој схватања улоге одржавања у профитабилности предузећа, тако да се родила нова идеја:

Одржавање оријентисано ка профиту. По овом схватању, од одржавања се више не очекује да оствари свој задатак уз минимум трошкова, него да врати, максимално могућу

количину, уложених средстава, па чак и више. Стари начин схватања одржавања је инсистирао на минималним трошковима одржавања, мада је очигледно да најниже трошкове одржавања има оно предузеће које уопште нема одржавања, а такво *одржавање* има погубне последице по профитабилност предузећа.

Очигледно је да ова нова филозофија захтева потпуну посвећеност руководећег кадра овој идеји, као и нов начин размишљања свих запослених у одржавању и један прилично дуг временски период прилагођавања новом начину рада:

- усмеравање административних кадрова одржавања према новим циљевима одржавања,
- инвестирање у одржавање са циљем елиминисања узрока настајања отказа или снижавање интензитета отказа и трошкова које откази узрокују и
- додељивања овлашћења запосленима (и производним кадровима и кадровима запосленим на пословима одржавања) да приступају потребним информацијама и користе информације који се односе на поступке одржавања и обука тих кадрова у коришћењу таквих информација, како би их знали максимално искористити.

Две основне карактеристике управљања одржавањем засновано на профиту предузећа су:

- користи RCM и RCFA (*Root Cause Failure Analysis* – Анализа Основног Узрока Отказа)
- доминирају интервенције одржавања по стању, њих надопуњују превентивне интервенције, а врло ретко се јављају откази и одговарајуће хитне интервенције (на слици 15. је приказан алгоритам за избор врсте активности одржавања).

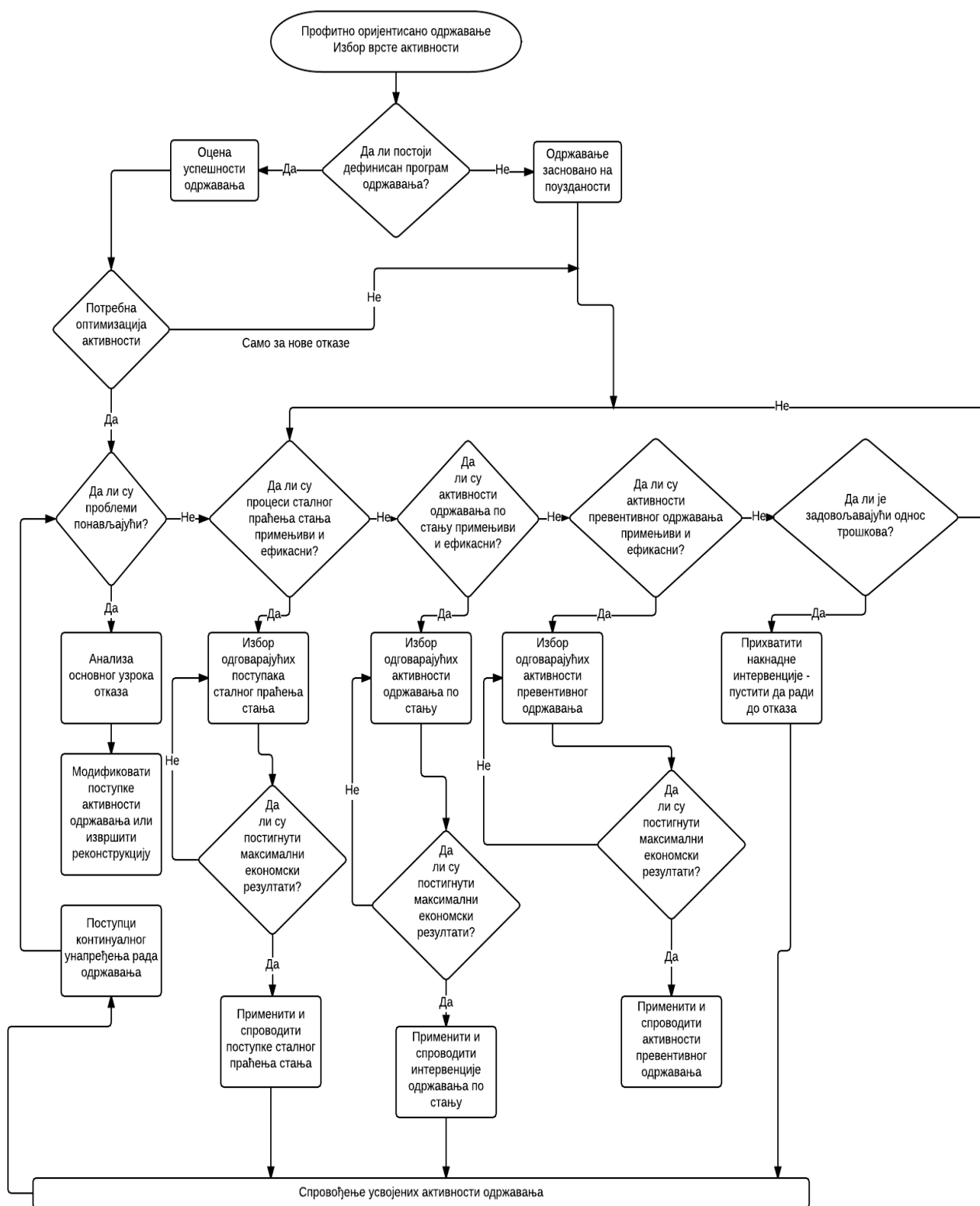
Основне полуге помоћу којих РСМ остварује своје циљеве су:

- инсистирање на максималној вредности, а не на минималним трошковима,
- оптимизација активности одржавања, чиме се жели постићи оптимално учешће активности одржавања по стању, превентивних активности и активности које се спроводе након појаве отказа (активности за које је економска рачуница показала да је најисплативије спроводити их као накнадне),
- снижавање потребе за спровођењем активности одржавања, као главни механизам снижавања трошкова одржавања,
- реинжењеринг административног дела одржавања, како би биле елиминисане активности које не доприносе стварању нове вредности, односно, профитабилности и
- обучавање и опремање запослених на пословима одржавања, како би могли ефикасно користити информациони систем одржавања и из њега извући максималну корист за себе и предузеће.

Важно је напоменути да је прелазак на РСМ процес није тренутан, већ мора да траје неко време и може да буде јако опасно ако се покуша неким пречицама доћи до нечега што подсећа на РСМ. У том случају је, најчешће, жртва те брзине, нико други до будућност РСМ -а. Уколико руководство и извршиоци одржавања сакупе довољно стрпљења и знања, временом ће своје одржавање довести до облика који се назива зрело и добро постављено одржавање усмерено ка профитабилности предузећа, а знак да су стигли до циља биће, не одржавање које стално јури и успешно отклања отказе, него одржавање које нема горућих, великих проблема (На слици 16. је приказан ток оцене успешности одржавања заснованог на профиту, као и све области које је потребно обухватити том

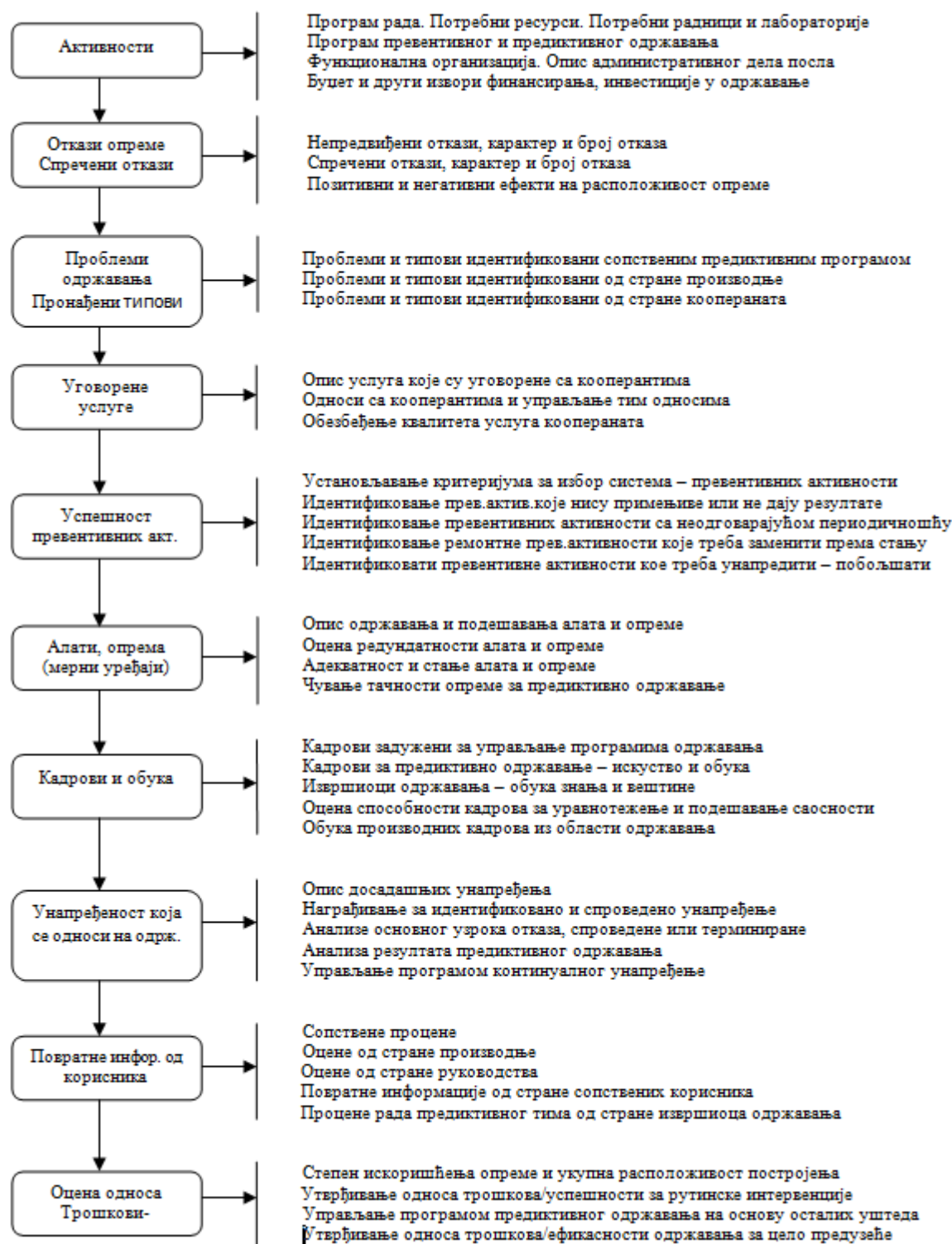
оценом). Успешан програм рада РСМ -а пружа огромне користи предузећу и те користи се угледају у следећим елементима:

- остваривање већег прихода предузећа услед повећања обима производње,
- елиминисање / смањење изгубљене производње,
- смањење обима, интензитета и трошкова одржавања (овде је укључено и избегавање одржавањем-индуковане штете, прековремени рад извршилаца одржавања и хитне набавке резервних делова по високим ценама),
- трошкове лоше спецификације, неисправног крајњег производа, замене крајњег производа у гарантном року и поправке које су резултат механичких проблема,



Слика 15. Поступак избора врсте активности у Профитно оријентисаном одржавању

ОЦЕНА УСПЕШНОСТИ ОДРЖАВАЊА



Слика 16. Ток и области оцене успешности одржавања

- уштеда услед снижених трошкова рада насталих путем нижег утрошка електричне енергије као последица повишене ефикасности електромотора,
- елиминисање губитака услед цурења компримованог ваздуха, паре, топле воде итд.,
- снижавање трошкова услед елиминисања потребе плаћања пенала и казни као последица неочекиваних отказа сопствених производа и
- смањење броја и снижење трошкова везаних за проблеме који настају услед лоше спроведене интервенције одржавања.

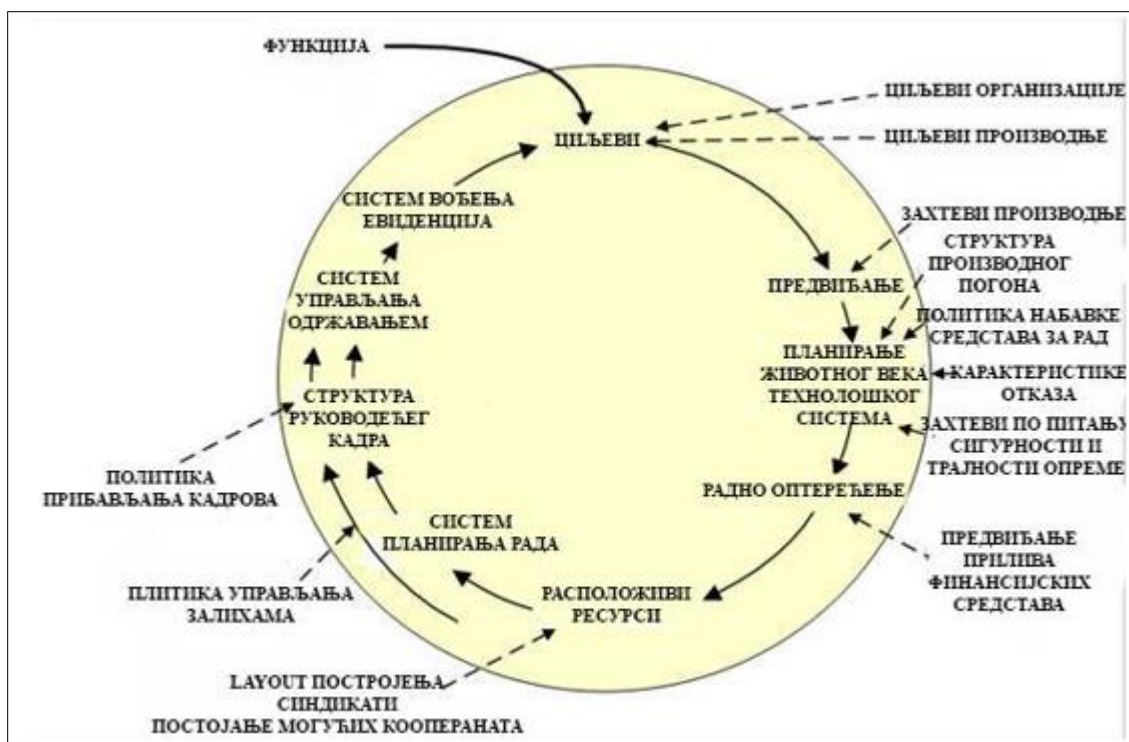
3.9 Одржавање оријентисано ка пословним резултатима (*Business Centered Maintenance – BCM*) [KA2, KA3]

На слици 17. је шематски приказан поступак дефинисања стратегије одржавања у складу са BCM концепцијом. Са дијаграма је могуће уочити да је полазна тачка у дефинисању стратегије одржавања, циљ организације, као целине, и циљ производње.

Дакле, почетак дефинисања стратегије је на највишем могућем нивоу. Како процес дефинисања стратегије напредује, тако се силази на све нижи и нижи ниво, да би се процес завршио са дефинисањем потребних евиденција, њиховим садржајем и начином вођења. Услед овог смера кретања активности, поступак је окарактерисан као TD (*top-down* – од врха према доле) поступак.

Спровођењем овог поступка, спроведена је анализа и технолошких система и кадрова и могућих отказа, односно, свих потребних елемената за дефинисање неопходних активности које је потребно спроводити у оквиру одржавања, како би се омогућило остваривање циљева целе организације, а производње посебно. Након овог дела потребно је спровести дефинисање активности одржавања за сваки конкретан део (за који је претходна анализа показала да је потребно посветити му пажњу), што подразумева одређивање врсте интервенције (превентивна, интервенција одржавања по стању или накнадна), неопходне кадрове, алате, делове, потребна времена, финансијска средства итд. Обједињавањем ових елемената за цео технолошки систем, производну линију, погон, организациону целину, могуће је доћи до укупних вредности за целу организацију на нивоу једног одређеног временског (планског) периода, на пример једне године.

Овај други део поступка је кренуо од једног основног елемента, да би се преко технолошког система и организационе хијерархије дошло до целе организације и периода од једне године. Овакав прилаз се назива BU (*bottom – up*, од доле према врху), тако да се цео поступак дефинисања стратегије одржавања у BCM декларише као TDBU (*top – down – bottom – up*) поступак.



Слика 17. Поступак дефинисања стратегије одржавања БЦМ концепције

3.10. Проактивно одржавање (*Proactive Maintenance PaM*)

Проактивно одржавање (енгл. 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.

Основни циљ проактивног одржавања је проналажење деградационог механизма који води до отказа неког елемента. За разлику од предиктивног одржавања, односно, одржавања по стању, проактивно одржавање се не своди на константовање у којој фази је елемент који ће отказати (колики му је преостали, корисни, животно век) него се труди да открије механизам који води до отказа, да га ублажи или у потпуности елиминира, како би се животно век елемента максимално продужио. Дакле, циљ је максимално одложити или чак и потпуно елиминисати појаву отказа.

Проактивно одржавање захтева, поред опреме, која није ни мало јефтина, и кадрове који су обучени за спровођење поступака одређивања механизма који воде до отказа (*RCFA* – *Root Cause Failure Analysis*, анализа основног узрока отказа, *BA* – *Barrier Analysis*, анализа препрека, *CA* – *Change Analysis*, анализа промена, *MORT* – *Management Oversight Risk Tree analysis*, анализа стабла ризика који су последица људских грешака).

Након обезбеђивања основних предуслова за увођење проактивног одржавања, први корак је детаљно упознавање са производним процесом и технолошким параметрима производње који одговарају нормалном, исправном функционисању опреме. Следећи корак је установљивање степена критичности опреме, као и степена критичности делова опреме који су подложни отказима. Затим следи анализа отказа (претходних отказа тих елемената или отказа таквих елемената у другим, сличним системима или, ако не постоје

такви подаци, *откривање* начина отказа тих елемената дедуктивним путем). После овог корака је потребно дефинисати активности које могу одложити или елиминисати отказе (отклонити или ублажити узрочнике отказа) и дефинисати приоритете спровођења тих активности. Након овога следи дисциплиновано и доследно спровођење изабраних активности.

Увођење начина рада у складу са принципима проактивног одржавања, организацији доноси уштеду од 5 до 10 % у односу на предиктивно одржавање, преко 20 % у односу на превентивно одржавање, а чак до 40 % у односу на накнадно одржавање.

3.11. Одржавање са минимумом ресурса (*LM – Lean Maintenance*)

У *Webster*-овом речнику, термин *lean* се преводи као мршав, без масноће, жгољав, танак, економичан, сиромашан (постоје и други термини, али су они непримењиви на овај случај, као термини ослонити се, отклон и слично). Ово значи да се термин *lean maintenance* може превести као *танко одржавање, мршаво одржавање, економично одржавање* (које одржавање се не труди да буде економично?), *жгољаво одржавање*. Ни један од наведених термина нити звучи лепо, нити осликава суштину концепције, тако да ће у овом тексту, док се не дефинише добар превод, бити коришћен термин *одржавање са минимумом ресурса* или оригинални – енглески назив.

Одржавање са минимумом ресурса је очекивана степеница развоја одржавања у условима производње са минимумом ресурса (*Lean manufacturing – Toyota Way of Production*), која представља унапређење *Just-In-Time* концепта производње.

Основни циљ LM је готово потпуно елиминисање отказа (приближно 100% време У РАДУ), уз снижавање трошкова одржавања за око 50%, а понекад је тај проценат и већи. Ово се постиже константним надзором производних погона и анализом извршених мерења и прикупљених података. На основу овог се пројектују поступци који елиминишу (заустављају) иницијалну појаву који води ка отказу. Све ово постаје много јасније ако се погледа једна од многобројних дефиниција LM (дефиницију је дао *Ricky Smith* из *Life Cycle Engineering, Charleston, Sacramento USA*):

LM представља проактивне активности одржавања, које обухватају активности које су планиране и терминирани у складу са TPM, користећи стратегије одржавања развијене на основама RCM, које спроводе тимови аутономног одржавања заједно са специјалистима различитих области одржавања, на основу самоиницијативно дефинисаних потреба и циљева, уз употребу 5 S процеса, недељних *Kaizen* акција за унапређење, користећи CMMS (*Computerized Maintenance Management Sistem* – систем рачунаром подржаног управљања одржавањем) или EAM (*Enterprise Asset Management* – рачунаром подржан систем за управљење опремом током целог њеног животног века, на нивоу целог предузећа).

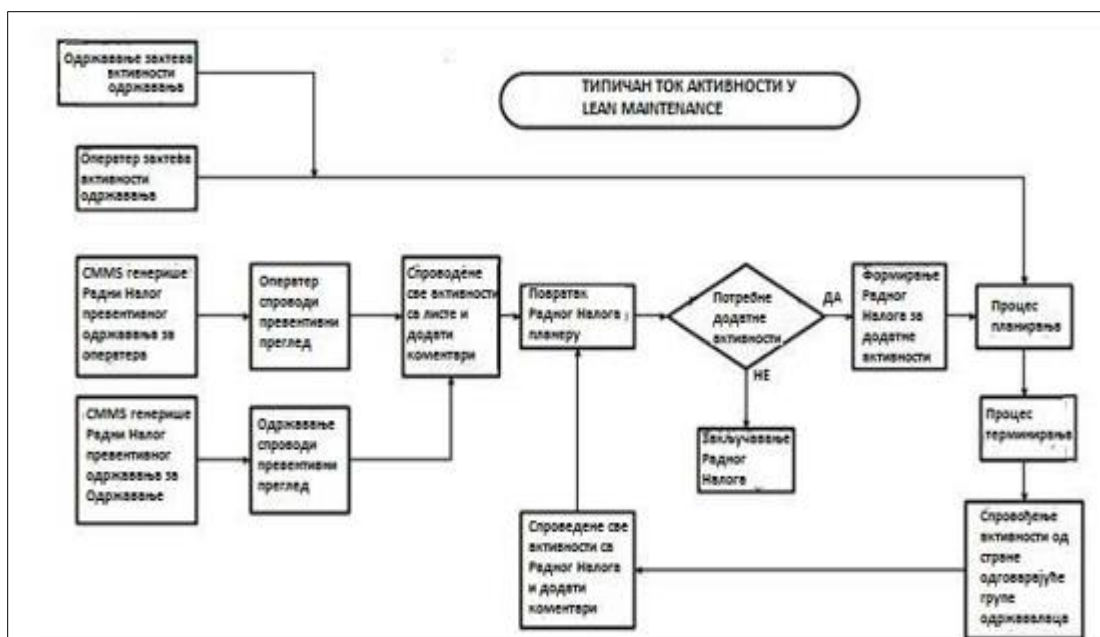
Ове активности су подржане дистрибуираним складиштем резервних делова који обезбеђују резервне делове у складу са *Just-In-Time* концептом, а који управљају резервним деловима уз помоћ тима инжењера који су експерти у области одржавања и поузданости и оспособљени за RCFA (*Root Cause Failure Analysis* – анализа основног узрока отказа), анализу отказалих делова, анализу ефективности и ефикасности поступака одржавања, анализу предиктивног одржавања и анализу и одређивање тренда резултата добијених путем CBM (*Condition Based Maintenance* – одржавање по стању). Ова дефиниција јесте сложена, али је очигледно да је аутор уложио огроман труд да обухвати све елементе LM, што је неизоставно довело до ове сложености.

LM сврстава све отказе у три групе:

- оперативни откази (откази који настају услед грешке оператера на машини или услед погрешно дефинисане технологије производње),
- откази индуковани активностима одржавања (погрешно дефинисане превентивне интервенције, погрешно спроведене интервенције) и
- откази услед хроничних проблема у функционисању машина (трење, хабање, замор материјала, односно откази условљени топлотом, вибрацијама, оксидацијом, пробојем изолације, корозија, продор нечистоће у било коју радну течност, продор воде, киселине или агресивног средства за чишћење...).

Из ове поделе је очигледно да се одржавање мора сконцентрисати на активности које елиминишу сваку од наведених група отказа, а то су: обука производних радника, обука и опремање извршилаца у одржавању и анализа средстава за рад са циљем елиминисања хроничних проблема.

У пракси је чест пример да се користи DMAIC модел из 6 σ прилаза. DMAIC је скраћеница настала од енглеских речи *Define* (дефиниши проблем), *Measure* (измери вредност), *Analyse* (анализирај све расположиве податке), *Improve* (имплементирај / унапреди поступке за елиминисање проблема) и *Control* (контролиши спровођење имплементiranог решења). Применом овог модела у пракси, остварено је елиминисање од 70 до 92 % отказа. DMAIC модел, примењен на одржавање, у општем случају може изгледати као што је то приказано на слици 18.



Слика 18. Типичан ток активности у LM-у

Комплетна *lean* филозофија значајну пажњу посвећује трошковима / утрошцима отказу (ово је у *lean* филозофији дефинисано као све оно што не додаје вредност производу или услузи), тако да је један од циљева LM и снижавање / елиминисање трошкова (ово се не чини на рачун квалитета интервенција одржавања или на рачун интензитета отказа). Дефинисано је 7 трошкова које треба елиминисати:

- чекање,
- непотребан транспорт,
- прекомерне залихе,
- понављајуће поправке / неисправности,
- непотребне активности / послови,
- непотребно кретање / тражење (делова, алата, докумената) и
- непотребна производња (непотребних или застарелих делова, делова за непотребне залихе).

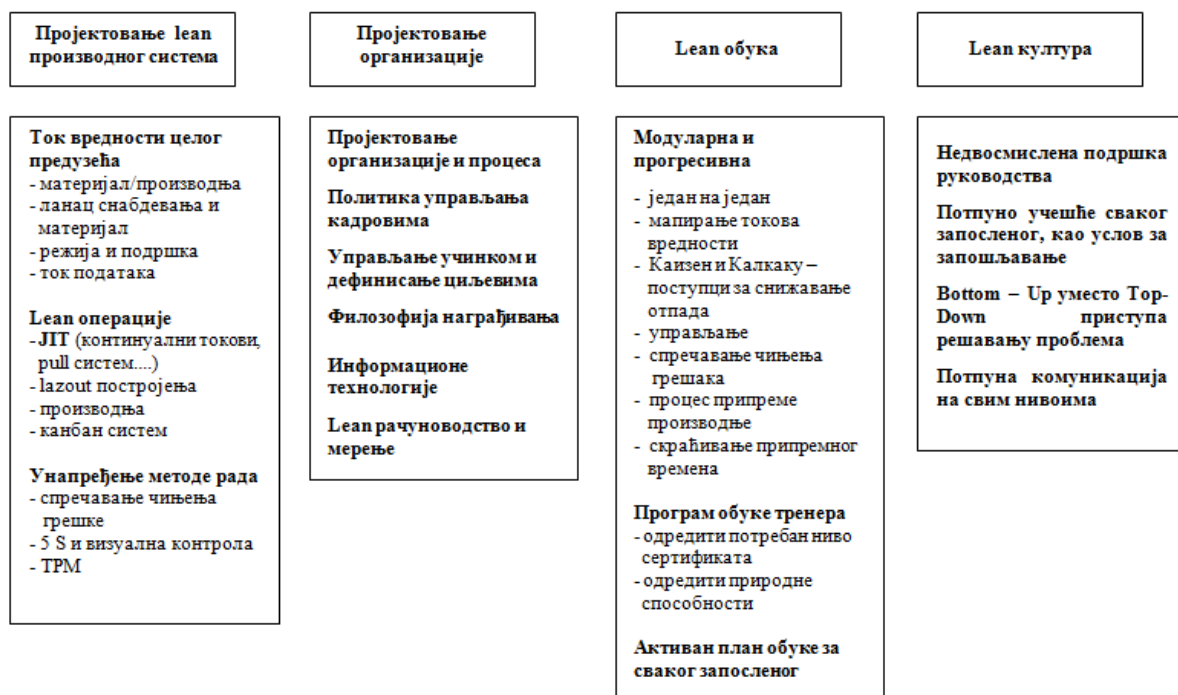
Алати за остваривање LM:

- 5 S (*Sort* – сортирати, средити, *Simplify* - поједноставити, *Scrub* – рибати, чистити, *Standardize* - стандардизовати, *Sustain* - подржати)
- визуална контрола,
- дизајн производних ћелија и токова материјала,
- *pull-system*,
- брзе промене,
- елиминисање 7 смртоносних трошкова,
- *Kaizen* (континуално унапређење – изворно значење речи каизен је *бесконачне транспортне траке*),
- *Jidoka* (квалитет од самог почетка, од *извора*),
- *Just-In-Time*,
- TPM и поступци у случају појаве грешке.

Принципи LM се заснивају и усклађују са принципима *Lean Manufacturing (Toyota Way of Production)*, којих има 13:

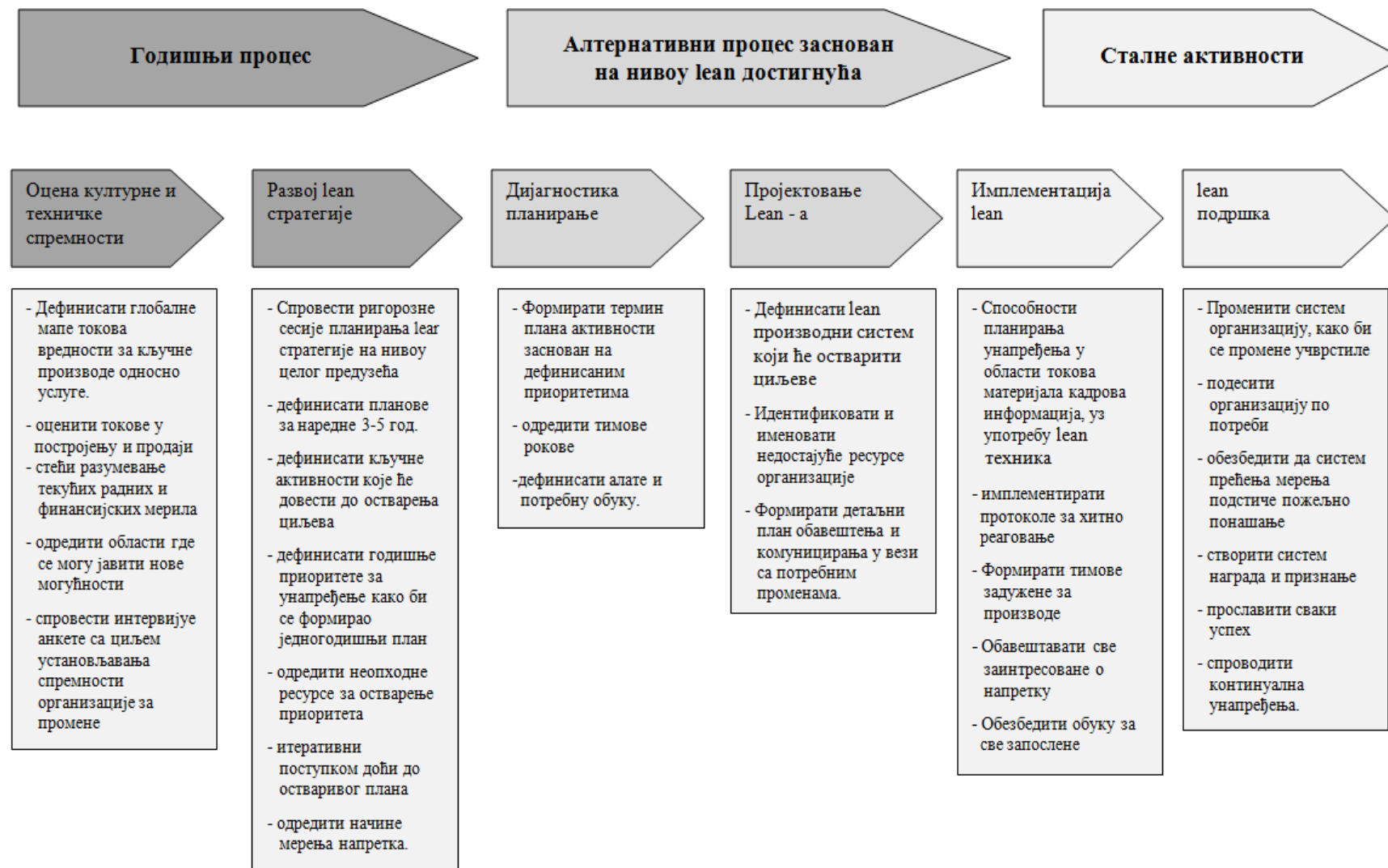
- *benchmarking*,
- ћелије (флексибилне технолошке ћелије),
- 5 S (*Sort* – сортирати, средити, *Simplify* - поједноставити, *Scrub* – рибати, чистити, *Standardize* - стандардизовати, *Sustain* - подржати; постоји и друго тумачење шта све ових 5 S значе: *Sort* – сортирати, средити, елиминисати непотребно, *Streighten* – организовати, ускладити, *Scrub* – рибати, чистити све, *Standardize* – стандардизовати све поступке које обухватају прва три "S", *Spred* – проширити стечена искуства на све погоне и области),
- *Hoshin* планирање (систематично постављати питања Где, Када, Како, Ко и исто тако систематично одговарати на та питања),
- Just-In-Time,
- Kaizen и Kaikaku – континуално, инкрементално унапређење,
- 7 трошкова – било шта што троши средства, а не ствара вредност,
- Канбан (један по један посао),
- PDCA (*Plan* – планирај, *Do* – уради, *Study* - проучи, *Act* – делуј)
- припремно време,
- Рока-Јоке или Вока-Јоке (систем рада који штити од чињења грешке, односно спречава запослене да учине грешку),
- QFD (*Quality Function Deployment*) и вредности (дефинисане онако како их виде купци – потрошачи – VoC – *Voice of Customer*).

Карактеристика леан приступа је да је тешко идентификовати неки *револуционарни* корак који је заслужан за успех овог приступа. Приступ углавном обухвата поступке и активности који су познати у теорији, односно у неким другим приступима (пример ТРМ указује да је могуће и у потпуности преузети неки концепт), тако да велики успех овог приступа пре треба приписати доследности примене свих елемената приступа и синергетском деловању тих елемената, него неком конкретном елементу. Али, и поред ове констатације, могуће је идентификовати елементе који представљају језгро овог приступа, што је приказано на слици 19.



Слика 19. Кључни елементи LM приступа

Сама чињеница да није могуће идентификовати конкретне елементе који су заслужни за успех lean приступа, говори да је најважнији елемент нешто што је неопипљиво, нешто на чега је јако тешко уперити прст, дакле нешто невидљиво (или тешко видљиво), нешто што представља *везивно ткиво* приступа, а то је култура. Култура је онај елемент који обједињује све активности леан приступа у складну целину и који је заслужан за чињеницу да сваки радник даје свој максимум (и у вршењу свог посла и у тражењу могућих унапређења у свим областима са којима долази у додир). До овог закључка је могуће доћи и на основу слике 20 која обухвата кључне кораке у LM имплементацији.



Слика 20. Кључни кораци у имплементацији lean приступа

3.12 Аутономно одржавање

Када предузећа почну да спороводе потпуно продуктивно одржавање, углавном почну спровођењем аутономног одржавања. Ово је разумљиво као да је АМ један од кључних значајних карактеристика ТПМ-а и такође једна од најважнијих активности, ако се правилно разуме. Да би се АМ правилно разумео, мора се посматрати као једна побољшана активности у оквиру ТПМ, пре него као да тимови продукције раде на одржавању активности. Приликом еволуције ТПМ-а у Јапану, АМ је настао из 5С активности тимова продукције, тако сто су они пронашли да ако желе да се баве препрекама које су везане за квалитет, доставу и посебно за цену учинка, они морају да побољшају услове опреме, пре свега усвајањем начела 5С и QЦ кругова. АМ није био резултат жеље смањивања трошкова одржавања или жеља одсека за одржавање да задатке предају продукцији, пре је био резултат одсека за продукцију који желе да контролишу и побољшају своју опрему. Учинак опреме се мери корисћењем ОЕЕ (Генерални учинак опреме), који је постао норма индустрије, заснован на приступачности, учинку и квалитету производње опреме. Ова три фактора су даље подељена на губици-кварови, пребацивања, ситни застоји и губитак брзине, обично су највећи доприноси. Од ових ТПМ идентификује највеће узроке кварова, ситних застоја и губитка брзине као убрзано пропадање опреме-70% (95% у једној Француској анкети!) губитка опреме је настало приликом погоршања опреме које се може спречити, и овде настаје аутономно одржавање. Аутономно одржавање просто речено је обнова и превенција убрзаног пропадања и има огроман позитиван утицај на ОЕЕ. То је корак по корак процес побољшања, пре него рад тимова продукције на задацима одржавања. Док посетиоци ТМП освајање награда фабрике могу бити импресионирани стандардима за одржавање оператора изложеним на радном месту, све ово су све последице или крајње тачке АМ-а, и да би достигли ове крајње тачке, предузећа морају да прате процес корак по корак постављен од стране Јапанског института фабрике одржавања.

Седам корака аутономног одржавања прате три фазе. На индустријском форуму, једна придружена агенција ЈИПМ, је такође легитимисала нулти корак-разумевање функције опреме и сигурносни ризици. Прва фаза обухвата прва три корака првобитно чишћење, елиминација извора загађености и неприступачна подручја, и привремено чишћење и стандарди инспекције. Да би се спровео први корак, првобитно чишћење, тимови производње, одржавања и инжењерског кадра искључују и закључавају опрему и онда спроводе дубинско чишћење и проверу, тражећи било који знак пропадања. Менаџмент је такође често укључен у овим пилот вежбама-један менаџер фабрике је рекао да је он заиста разумео АМ само тако сто је учествовао у АМ радионици. "Дјаво је у детаљима."-само идентификовањем и враћањем свих знакова пропадања можемо бити сигурни да је учинак опреме у потпуности обновљен. Ово отвара још једну важну тачку-АМ захтева одређене ресурсе, а правило је да би питања која су постављена током почетних вежби требало да буду потписана у року од девет недеља, тако да је савет да се посматра једна машина дубински, пре него покушавати да се АМ спроведе свеобухватно. Предност овога је та да омогућава фабрици да брзо открије обим опреме погоршања и ресурс који је потребан да то елиминише. Други корак представља елиминисање извора загађености и неприступачна подручја-када је опрема једном повраћена морамо да осигурамо да не пропадне опет контролисањем свих загађености који су довели до пропадања и побољшањем приступа чишћењу и одржавању. То је део када стављамо тимове на изазов да креативно размишљају и да пронађу корен проблема загађености, контролишући их од самог почетка. Други корак је важан зато што ако не контролишемо загађеност можемо остати закључани у бескрајном циклусу чишћења и обнове. Ово даље води до

трећег корака, успоставити привремено чишћење и стандарде подмазивања. Поред стања опреме, ови стандарди су највећим делом видљиви докази аутономног одржавања. Почев од тренутне документације, АМ тим прати подмазивање и редослед провере, бележући било који проблем са доступношћу, проток подмазивања и тако даље и развијају свој лични стандард назначавајући да предмети буду очишћени, проверени или подмазани, методе које ће бити коришћене, фреквенцију и одговорности. Неке техничке провере можда могу још увек да буду одговорност одржавања а не производње и ово је забележено у документацији.

Такође, овај корак обухвата визуелни менаџмент опреме и процеса провере-означавање мерила и призор стакла, чак и визуелну нумерацију смера провере како би се спречио недостатак контроле. Последњи исход корака 1-3 требало би да буде обновљен и побољшан део опреме са визуелно оствареним стандардом за чишћење, проверу и подмазивање. Ово је оно што видимо у ТПМ фабрикама добијања награде, али се то не дешава без значајног напора и обраћања велике пажње. Друга и трећа фаза, 4-7 корак, уједињује прва три корака побољшавајући вештине производње и знање и развијање аутономије тима, тако да тим производње развије право својине над својом опремом, научи да поставља своје личне циљеве у складу са политиком предузећа и спроведе своје личне активности ради побољшања. Ово илуструје двоструко гледиште АМ-а, повраћај опреме али такође и развој људи и рад у малим групама. Ово може представљати изазов у поступку индустрије где имамо огромну базу опреме и мали број људи на ротирајућим сменама и рад 24/7. Фокусирање АМ активности је чак важније овде и сврставање опреме се често користи да идентификује најбитнију опрему за АМ. Опет, препоручени приступ је спровести АМ активности и научити од пилота пре покушаја представљања АМ-а целој фабрици. Најчешће грешке које предузећа праве у спровђењу аутономног одржавања су те да крећу од крајње тачке - привремени стандард - без корак по корак процеса обновне и побољшања и такође почињање са огромним извршењем пре учења о условима опреме и захтевима ресурса кроз спровођење активности. Док је ЈИПМ корак по корак, процес може изгледати превише перспективан неким, то је испробана и тестирана методологија која представља најсигурнији начин достављања траженог резултата-са АМ-ом не постојеће пречице.

ЗАКЉУЧАК

Иако је незахвално давати било какве прогнозе развоја одржавања за период дужи од пет година, због изузетно брзог - готово неконтролисаног развоја средстава за рад (машина, уређаја, алата, средстава, опреме итд.), у овом поглављу ће бити наведене могуће смернице развоја:

- опреме, односно технолошких система
- концепција одржавања.

У наредних 15-так година могући су следећи правци развоја средстава за рад, односно опреме:

- даља аутоматизација функције управљања средствима (алатне машине без послужилаца, возила без возача, тенкови без посаде, беспилотне летелице, подморнице и бродови без посаде, даљински управљани системи на земљи, мору и у ваздуху)
- роботизација свих нехуманих послова, односно замена човека машином на пословима у загађеним околинама, монотоним радним задацима, заморним пословима итд.
- развој меморијских јединица (на пример: CD, DVD, flash меморије са више ГБ и ТБ), што би утицало на развој елемената *памћења* у системима вештачке интелигенције друге и треће генерације (ES II, ES III)
- развој примене неуронских мрежа у рачунаром интегрисаним *интелигентним* системима
- развој опреме за истраживања Свемира (удаљених планета и других соларних система)
- развој опреме за истраживање нових извора енергије (алтернативне енергије)
- развој нових технологија производње вештачке хране развој опреме за медицину и фармацеутику (нови вештачки људски органи, роботи за микрохирургију срца, крвних судова и нерава, лекови итд.)
- развој опреме за помоћ при *стварању* уметничких дела (сликарство, вајарство, музика итд.)
- развој опреме и технологије за унапређење људског памћења (средства и техника за повишење степена искоришћења људског мозга са 1,0 до 2,0 на 5,0%).

Развојни правци одржавања и даље неће адекватно пратити правце развоја опреме, односно средстава за рад.

Правац развоја опреме VI генерације се односи на могућност рачунаром подржане ауто дијагностике (функција и поузданости, одн. расположивости), аутоматске индикације вероватноће појаве отказа, аутоматског креирања карти активности одржавања, тј. исписивања листе операција одржавања које треба спровести – аутоматско дефинисање технологије отклањања отказа са on-line обезбеђењем извршилаца и резервних делова). VII правац развоја опреме, указује на могућност примене вештачке интелигенције (AI), односно експертних система II и III генерације заснованих на коришћењу *неуронских* мрежа у *интелигентним* системима управљања одржавањем (Intelligent Maintenance Systems - IMS).

VIII правац развоја се односи на предвиђања тзв. *самообнављања* опреме, могућност аутоматизоване *самозамене* делова система применом потпуне интеграције дијагностике, програмирања и извођења замене делова система. Циљ је *потпуно аутоматизовано одржавање* - Total Automatized Maintenance (TAM).

IX правац развоја опреме се односи на предвиђања *клонирања* делова опреме, односно *самоумножавања* критичних делова одбацивањем *оболевих* делова и замена *здравим* без икаквог удела човека у тој активности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bond, H.T.: Selecting Profit Centered Maintenance Tasks, The Proceedings of The Vibration Institute's 19th Annual Meeting, pgs 69-75, USA
- [2] Bazovsky, I.: Reliability Theory and Practice, Prentice Hall, 1961.
- [3] Bond, H.T., Mitchell, S. J.: Beyond Reliability to Profitability, Proceedings of the EPRI Fossil Plant Maintenance Conference, July 29 - August 1, 1996, Baltimore, MD., USA
- [4] Blanshard, S.B.: Logistics Engineering and management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.
- [5] Corder, A.S.: Maintenance Management Tehniques, McGraw Hill, 1975.
- [6] Connoly, D.W., Heighinton, D.L.: Steel Works Case Stady, Maintenance and Terotechnology, Proc. Conf. ISI, 1972.
- [7] Collacot, R.A.: Mechanical Fault Diagnosis And Condition Monitoring, Chapman and Hall, London, 1977.
- [8] Drucker, P.: Management - Tasks, Responsibilities, Practices, Heinemann, London, 1974.
- [9] FAA: Indasty Reliability Program, Federal Aviation Agency, Novembar 7, 1961.
- [10] Gerry Trodd, Millar Western, "A Discussion About Proactive Maintenance with Gerry Trodd, Millar Western". Practicing Oil Analysis Magazine. July 2000
- [11] Jardine, A.K.S. (Ed.): Operational Research in Maintenance, Manchester University Press., 1970.
- [12] Jardine, A.K.S.: Maintenance, Replacement and Reliability, Pitman, London, 1973.
- [13] Jefferson, T.: Letter to John Jay, May 30th, 1785, in History of modern Development, W.F. Durfel, Journal of Franklin Institute, CXXXVII, No.2, Feb 1984.
- [14] Kelly, A.: Maintenance Planning and Control, Butterworths, 1984.
- [15] Kelly, A.: Maintenance Organization and Systems, Butterworths, 1997.
- [16] Kelly, A.: Maintenance Strategy, Butterworths, 1999.
- [17] Kelly, A.: Maintenance and its Management, Conference Communication, Surrey – England, 1991.
- [18] Kampfraeth, A.A.: Workstudy in a Maintenance Environment, Organisation of Maintenance, Proc. Conf. ISI, 1968.
- [19] Kelly, A., Eastburn, K.A.: Modern Approach to Plant Engineering, Proc.IEE, Vol 129, Pt.A, No.2, Marth 1982. [KH] Kelly, A., Harris, M.J.: Management of Industrial Maintenance, NewnesButterworths, 1978.

- [20] Levitt, J.: The Handbook of Maintenance Management, Industrial Press Inc., New York, USA, 1997.
- [21] Liker, J, Meier D.: The Toyota Way Fieldbook, McGraw Hill, 2006.
- [22] Liker, J.K.: The Toyota Way, McGraw Hill, 2004.
- [23] Lees, A.G.: Factors in Motivation, Organisation of Maintenance, Proc.Conf. ISI, 1968.
- [24] Luck, W.S.: Now You Can Really Measure Maintenance Performance, Factory Management and Maintenance, Vol.114, No.1., 1956.
- [25] Moubray., J.: RCM- Reliability - Centred Maintenance, Industrial Press Inc., New York, 1992.
- [26] Moubley., K.: Root Cause Failure Analysis, Butterworth – Heinemann, Reed Elsevier, 1999.
- [27] Mann, L.: Maintenance Management, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, Toronto, 1982.
- [28] Mitchell, S. J.: Implementing Profit Centered Maintenance, P/PM Technology, December 1994, USA
- [29] Nakajima., S.: TPM Development program - Implementing Total Productive Maintenance, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, Norwalk, Connecticut, 1989.
- [30] Parkes, D.: Maintenance, Can it be an Exact Science?, Operational Research in Maintenance, (Ed. A.K.S. Jardine), U.M.P., 1970.
- [31] Пејак, П. : Будућност одржавања – Развој одржавања, Конференција YUMO '84, Љубљана, 1984.
- [32] Рејец, Е.: Будућност одржавања – Развој средстава за рад (СР), Конференција YUMO '84, Љубљана, 1984.
- [33] Riddell, H.S.: Life - Cycle Costing in the Chemical Industry, Terotechnica, Vol.2, No.1, January 1981.
- [34] Stewart, H.V.M.: Guide the Efficiency of Maintenance Performance, Business Books, London, 1963.
- [35] Sekine K., Arai K.: TPM for the Lean Factory, Productivity Press, Portland, Oregon, USA, 1998.
- [36] Станковић, Д., Кецојевић, С., Бекер, И., Бркић, М.: Управљање одржавањем, Факултет техничких наука, Институт за индустријске системе Нови Сад, 1994.
- [37] Станковић, Д., Кецојевић, С., Рејец, Е., Балдин. А., Личен, Х., Мајсторовић, В., Wilson, A.: IIS – пролећни семинар: Савремена концепција одржавања, Факултет техничких наука – Институт за индустријске системае – Нови Сад, Нови Сад, 1989.

- [38] Станковић, Д., Мајсторовић, В.: Будућност одржавања – Развој знања за одржавање, Конференција YUMO '84, Љубљана, 1984.
- [39] Suzuki, T.: TPM in Process Industries, Productivity Press, New York, 1994.
- [40] Toffler, A.: Treći talas, Jugoslavija- Prosveta, Beograd, 1983.
- [41] Tyack, J.L., Bright, R.S., Davies, G.: Method Study of Soaking Pit Relines, Organisation of Maintenance, Proc.Conf. ISI, 1968.
- [42] Thompson, G.: Engineering Design and Terotechnology, Terotechnica, Vol.2, No.1, 1981.
- [43] Wilson, B.R.: Engineering Resource Planning, Maintenance Management International, Vol.3, No. 2, 1982.
- [44] Wireman, T.: World Class Maintenance Management, Industrial Press Inc., New York, 1990.
- [45] Wolf, T.R.: Improving the Efficiency of Maintenance Stores. In. Com. Tec. Ltd, Course Notes, June 1967.