

1. Шта је Индустијско инжењерство

Појам Индустијско инжењерство је дефинисан од стране Америчког Института Индустијских Инжењера (АИИИ), још давне 1955. године и она гласи: Индустијско инжењерство се бави пројектовањем, усавршавањем и постављањем интегрисаних система машина, материјала и људи. Оно користи научна сазнања из области математике, физике и друштвених наука, повезујући их са савременим принципима инжењерске анализе, ради одреивања предвиђања и процене резултата добијених од ових система.

Индустијски инжењери дизајнирају, анализирају и управљају сложеним интегрисаним системима као што су производни системи, мреже ланца снабдевања и системи услуга. Ови системи се обично састоје од комбинације људи, информација, материјала и опреме. У таквим системима индустијски инжењери одређују како да оптимизују систем за максималну ефикасност, ефективност, безбедност или неки циљ од интереса за заинтересоване стране система. Индустијски инжењер користи знање из математике, физике, инжењеринга, менаџмента и бихевиоралних наука да би функционисао као решаваач проблема, иноватор, дизајнер, координатор и систем интегратор. Индустијски инжењери примењују своје вештине у изузетно широком спектру организација, укључујући производне индустрије, услужне индустрије и владине агенције.

Растућа организациона сложеност и нагласак на повећању ефикасности, ефикасности и продуктивности довели су до све веће потребе за анализом и дизајном индустијског инжењерства, што је резултирало повећаном потражњом за мастерима индустијског инжењерства. Ова повећана потражња препознаје свестраност савременог индустијског инжењера и спремност да одговори на изазове друштва које се брзо мења. Индустијско инжењерство је једна од највећих и најбрже растућих инжењерских професија у земљи и свету.

Док већина инжењерских дисциплина примењује знање и вештине у појединачним областима, индустијско инжењерство је применљиво у свакој индустрији. Примери коришћења индустијског инжењерства су очигледни у скраћењу трајања производног циклуса, побољшање продуктивности производних трака, дистрибуције производа на велика тржишта, производње јефтинијих и поузданијих делова итд..

Индустијско инжењерство се бави развојем, пројектовањем и усавршавањем интегрисаних машина, људи и материјала и оптималним коришћењем тих система.
--

1.1.Почеци индустијског инжењерства у свету и код нас

Рађање и развој Индустијског инжењерства везује се за Француску у време Наполеона, 1794. године када је основана "Политехничка Школа" (Ecole Polytechnique). Школа је 1928. године преименована у "Централну школу уметности и индустрије" (Ecole Centrale des Arts et Manufactures) и та година се може узети као година појаве индустијског инжењерства на универзитетима. Водеће индустијске земље као што су Велика Британија, Шпанија, Аустрија, Немачка, Швајцарска и САД у првој половини XIX века дају значајан допринос развоју Индустијског инжењерства.

Svenson (1960) наводи да је у европским земљама тада постојао притисак индустријских предузећа у виду растућих потреба за развојем довољног броја кадрова који могу да разумеју међузависности чинилаца у индустријској пракси, а на основама раније наведене биографије проф. Дешића је јасно евидентан његов напор, а и ванредно брз и правовремен успех не само у развоју кадрова, већ и несебично оснивање тада, а и сада, конкурентских институција у области (примери су ФОН, Саобраћајни факултет, више школе у области итд.).

Захваљујући пионирском доприносу и визионарству проф. Дешића, на Машинском факултету у Београду, још од педесетих година 20. века, појављују се научне дисциплине из области индустријског инжењерства. Тако се током школске године 1948-1949. по први пут одржава настава из предмета Научна организација рада. Током 1952. године успоставља се област научне организације рада и изванредним напорима проф. Дешића оснива се Катедра за научну организацију рада.

У циљу приближавања америчким плановима и програмима, који су се показали веома успешним, предмет Научна организација рада трансформисан је касније у предмете Организација и економика производње и Организација производње 2, а затим су уведени предмети Организација производње, Организација и припрема производње, Организација рада А и Б, Методе квантитативне анализе, Проучавање и мерење рада, Инжењерска економија, Ергономија, Одржавање машина и Проблеми организације производње [1]. Тада је усмерење носило назив Организација производње. Усмерење за Индустријско инжењерство, на Машинском факултету Универзитета у Београду, под овим називом формирано је 1991. године

Евидентно, проф. Дешић био је један од најистакнутијих научних радника времена у коме је живео и радио. Објавио је преко 200 чланака. У оквиру његових многобројних научно-стручних радова и најмање 12 књига посебно се истиче метода за утврђивање организационог нивоа, којом се анализирају сви утицајни фактори на резултате производње и пословања, познатија као „Комплексна аналитичка метода проф. Дешића“.

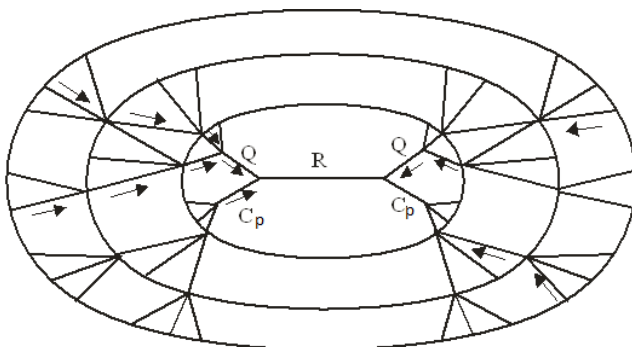
Проблематику организације производних потенцијала проф. Дешић је са успехом систематизовао у изузетно значајне књиге о комплексном пројектовању и изградњи производних капацитета и о интеграционим процесима у привреди, најчешће у издању Савеза машинских и електротехничких инжењера и техничара Југославије. Његова дела преведена су на више језика у Енглеској, Немачкој, Француској, Швајцарској и Пољској. Његове књиге налазе се у библиотекама САД-а, Холандије, Немачке, Словеније, Швајцарске и Канаде. Десет књига налази се у архивском каталогу библиотеке Америчког конгреса

Највећи допринос на овим просторима у области је “Комплексна аналитичка метода проф. Дешића” која се ослања на приступ Анрија Фајола. “Комплексна аналитичка метода проф. Дешића” путем нумеричког алгорита рашчлањује укупно пословање на различите функције, а затим спроводи оцењивање према процесним функцијама кроз евидентирање, обавештавање, усклађивање, организовање и извођење. Тачније, метода визионарски и на веома ефикасан начин:

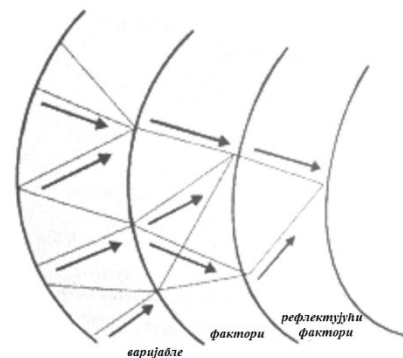
- (1) анализира елементе пословања и њихов распоред по пословним функцијама, односно, по организационим јединицама;
- (2) анализира распоред неопходних организационих потенцијала;
- (3) анализира структурну ангажованост организационих јединица;
- (4) пројектује мрежу информација неопходних за ефикасно функционисање организационог модела;

- (5) поставља модел организације;
- (6) проверава напрезања организације по разним основама, и
- (7) анализира уравнотежење организационих напрезања.

Проф. Дешић заправо поставља организацију производних процеса као комплексно тројство техничких, економских и организационих карактеристика и њихових сложених међусобних односа. Комплексни приступ проблемима производних процеса подразумева потпуно разумевање веза и у оквиру њих (техничка структура производа, технолошки ниво опреме, ниво организационог рада и услове под којима се процес обавља), као и њихове стално променљиве динамике. За анализу производних резултата, сходно идеји пионира у области проф. Дешића, најважнији су квалитет и квантитет производње, као и цена по јединици производа [10]. “Комплексна аналитичка метода проф. Дешића” заправо представља зачетак контингентне теорије организације и даје сложену интерпретацију утицаја 160 фактора који могу утицати на рационализацију и губитке [10]. Дешић истражује оптималне односе између фундаменталних елемената производње – планирану и реализовану количину производње, планиране и остварене трошкове по јединици производа, планиране и остварене основне трошкове производње по њиховим категоријама. То доводи до 9 типичних комбинација са 54 основне комбинације односа елемената за било који тип производње који показују стварно стање производних резултата [10]. Треба имати у виду да Дешић методу објављује 1953.г, а да Кас и Кап промовишу чињеницу да је организација отворен и рационалан систем 1966. г.,и да појам „контингентне теорије“ први употребљавају Lorens и Lorš тек 1967. г. проучавајући механизме диференцијације и интеграције [39], [6], [52], па тако и овде видимо пионирски подухват проф. Дешића у поставци контингентне/контекстуалне теорије. Према Дешићу, варијабле се деле на факторе, који се сврставају у три групе зависно од нивоа тачности потецијалног предвиђања њиховог дејства и потенцијалног регулисања, односно у две групе, зависно од граница система (спољни и унутрашњи). Даље, утицаји више фактора се спајају и дају сводне факторе, док сам резултат у основи дају два главна унутрашња фактора – количина производње (Q) и цена коштања (C_k), као на сликама 1 и 2.



Слика 1. Утицај фактора рационализације и губитака на пословни резултат као основа “Комплексне аналитичке методе проф. Дешића”



Слика 2. Рангирање утицаја према “Комплексној аналитичкој методи проф. Дешића”

Заправо, слика 1 као основа “Комплексне аналитичке методе проф. Дешића” нам показује нешто налик дијаграму рибље кости/узрочно-последичном дијаграму који је нешто касније, 1960 г. поставио Kaoru Işikava и то само једносмерно, док је код Дешића могућ обострани смер [33]. Ово је још један несумњиво велики допринос проф. Дешића, који је претходио данас нашироко

примењеној инвенцији Iškave. Затим, сходно слици 2, Дешић добија и математички, квантитативни интензитет веза кроз нелинеарни систем вишег реда.

Метода је одмах по успостављању са великим успехом најпре примењена у преко 100 предузећа широм Југославије, производне или непроизводне делатности и различите величине. Касније је преведена на више страних језика и са успехом примењивана како широм Југославије, тако и у Енглеској, Немачкој, Француској, Швајцарској и Пољској. Дешићев рад на узорку преко 100 предузећа такође треба истаћи, посебно имајући у виду да Džoran Vudvard пет година касније, 1958. године, математички доказује утицај технологије на организациону страну предузећа и такође показује да веза није линеарна и то по типовима производње, такође на узорку од 100 предузећа [56]. Каснији радови имају значајно мање узорке, на пример, Berns и Stoker 1961. године анализирају 20 предузећа [37], Lorens и Lorš 1967. само 10 предузећа [9], а Астон група 1970. године 52 предузећа [39].

Покушаји даљег усавршавања методе спроводе у периоду каснијих шездесетих година 20. века Ovsenik и Ivanko у другим југословенским републикама. Међутим, њихови доприноси се огледају у томе што Овсеник користи графичко-матрични облик приказивања организационих односа и ослања се на радове, док Ivanko унапређује начин приказивања у матрични облик и користи Kosiolov принцип [4], [7]. Атрактивност и важење методе и у данашње доба потврђују недавно објављени радови Šatena [49], [50] и других. Даљи развој методе иде у смеру адаптације теорије пројектовања организације мултиагентним системима (посебно великим мултиагентним системима) и примени Интернета ствари.

Сумарно, најважније чињенице које треба имати у виду при помену имена нашег оснивача, учитеља:

- Одбранио је своју докторску дисертацију под називом “Оцењивање рационалности производње техничком анализом карактеристичних фактора” 07.03.1953. при САНУ, пред комисијом у саставу академик Милутин Миланковић, академик Антон Билимович, академик Владимир Фармаковски, дописни члан САНУ Слободан Добросављевић и проф. др Павле Станковић;
- Допrineо је развоју Техничке велике школе као проректор и развоју Машинског факултета као декан и продекан;
- Допrineо је развоју железница као генерални директор Југословенских државних железница и помоћник министра железнице, односно саобраћаја;
- Основао је и развијао многобројне факултете, више школе и институте, заговарајући приступ (који катедра коју је основао и даље негује) да нема конкуренције, већ само доброг развоја – заслужан је за формирање Саобраћајног факултета, иницијатор оснивања ФОН-а и Више техничке машинске школе, као и Центра за мултидисциплинарне студије, Југословенског друштва за механику и др;
- Давне 1949. г. увео је наставу из предмета Научна организација рада и основао Катедру за научну организацију рада пре равно 70 година на Машинском факултету у Београду;
- Објавио је преко 200 чланака и реферата и најмање 12 књига које су преведене у Енглеској, Француској, Швајцарској и Пољској;
- Добитник је Споменице за верност отаџбини – Албанске споменице, Ордена рада II реда и Бугарског ордена за грађанске заслуге III реда за успешно организоване подухвате на фронту Бугарске армије;
- Од 2019. године једна од београдских улица носи његово име;
- Дао је многобројне научне и стручне доприносе огромних размера, међу којима посебно треба нагласити да је проф. Дешић зачетник контингентне теорије

организације, креатор иновативне Комплексне аналитичке методе, која је озбиљно подигла ниво организације тадашњих југословенских индустријских предузећа, претеча инвенција Iškave, озбиљан критичар Тејлора и још много тога;

- Сахрањен је у Алеји заслужних грађана на Новом гробљу у Београду.

1.2. Индустријско инжењерство данас

Индустријско инжењерство данас у многome се разликује од индустријског инжењерства из времена његовог настанка. Велика динамика дешавања у области индустријског инжењерства захтева прилагођавање и флексибилност коју доносе нови изазови времена у којем послујемо и живимо. Данас се у оквиру Индустријског инжењерства на Машинском факултету шири обим теоријског сазнања, развијају се нове методе и технике које су све напредније, при чему се повећава коришћење компјутера и других техничких система у решавању проблема из ове области. Од студената се захтева познавање Информационих система и информационих технологија како би могли да управљају и одлучују у предузећима.

"Мисија Катедре за Индустријско инжењерство одређена је потребом шире друштвене заједнице за кадром овог профила, али и потребама студената за образовањем у складу са начелима академске изврсности, тимског рада и меусобног поштовања. Сходно томе наша мисија подразумева давање адекватног одговора на исказану потребу за образовањем индустријских инжењера који захваљујући стеченим аналитичким и организационим умећима јесу лидери у решавању инжењерских проблема у оквиру врло широког спектра занимања.

"Визија наше Катедре подразумева континуирани развој и унапређење у областима образовања, науке и сарадње са привредом са тежњом да будемо препознатљиви по квалитету, иновативности и интегритету."

Индустријски инжењери који завршавају Машински факултет имају јаку основу захваљујући синергији дисциплина машинског и индустријског инжењерства и способност рада у мултидисциплинарним тимовима, развијене вештине резоновања, комуникације и решавања проблема и мотивацију за континуран лични развој и образовање, па се тако запошљавају и брзо напредују у секторима индустрије, осигурања, државне управе...

Индустријски инжењери оспособљени су да:

- Формулишу, анализирају и решавају проблеме планирања, организовања и управљања у предузећу,
- Креирају и примењују решења за пројектовање организационих система,
- Примењују статистичке методе и методе операционих истраживања у академском и индустријском окружењу,
- Пројектују и примењују системе менаџмента квалитетом и одржавањем засноване на ризику,
- Пројектују машине, алате, производе и комплексне системе са ергономског аспекта,
- Пројектују логистичке системе и процесе,
- Примењују методе индустријског инжењерства у SQL програмском језику и пројектују базе знања у ЕС програму,
- Примењују методе индустријског менаџмента и оцене инвестиционих пројеката,
- Развијају методе ефективне комуникације и вештине управљања за појединачан или тимски рад у мултидисциплинарном окружењу.

2. Производња

Многе пословне операције се могу описати као претварање појединих улаза у излазе, али не могу се све пословне операције сматрати производњом. Физичка природа робе је од суштинског значаја за производњу, јер условљава покретање техничке, кадровске и економске организације рада. Нагласак на физичким материјалима и робама не подразумева да су дигиталне и аналогне информације или услужни процеси мање релевантни. То само указује да је услов производње да је роба физичка, и да процес производње подразумева трансформацију. Ево неколико примера и контрапримера шта јесте производња, а шта није:

- Вађење метала или ретких земаља из руда јесте производња, као и израда рударских машина и опреме. Ипак, само рударство, с друге стране, није производња. Ради се о извлачењу материјала из тла, где год да се нађу, што није исто што и трансформисати их. Рударство постоји дуже од производње и допринело је многим идејама које се користе у производњи. На пример, развијен је концепт да је посао менаџера да планира, организује, води и контролише од стране научника Анрија Фајола.
- Прављење 6 милиона меморијских чипова у фабрици месечно је производња, али израда прототипа новог чипа у фабричкој лабораторији није.
- Кување, паковање и замрзавање јела за продају супермаркетима јесте производња, али пословање ресторана није. У ресторанима је посао услуживање хране, а не производња. Кување obroка у домовима није производња јер чланови породице не плаћају.
- Штампане и корицење уџбеника за дистрибуцију преко књижара јесте производња. Припрема и продаја е-књига није, јер не укључује никакве материјале. Израда читача е-књига јесте производња.
- Реплицирање софтвера на CD-ове, њихово паковање и умотавање јесте производња, али продаја софтвера путем преузимања или као услуга није, зато што се ниједан материјал не трансформише.
- Вајари и сликари производе физичка добра, али њихова уметност није производња јер је сваки комад јединствен и намењен тако да се не може репродуковати.

Производња се обично понавља, али и не мора бити. На пример, бродоградитељи или произвођачи специјализованих машина могу производити само јединствене производе. У овим примерима, међутим, процеси су поновљиви. Произвођач може бити у могућности да направи потпуно прилагођени производ, али може тачно да га реплицира ако се укаже потреба. С друге стране, копије или репродукције уметничких дела никада нису тачне и обично нису имају исту вредност као оригинали.

Производња је поновљиви процес трансформације физичких материјала у физичка добра.

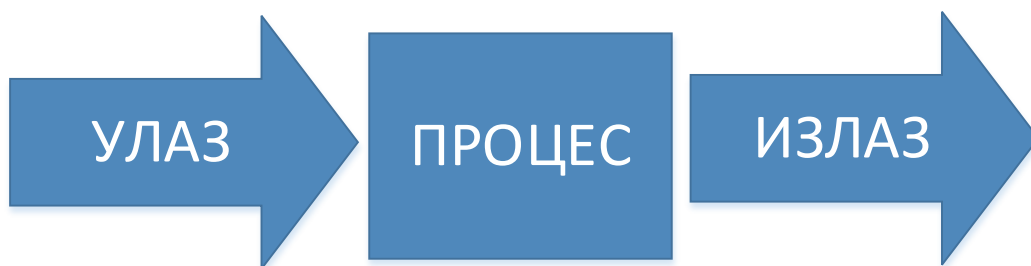
Производња се одвија у фабрикама или производним погонима који су опремљени машинама, алатима и информацијама које људи користе за трансформацију материјала или склапање делова у производе. Чак и најнапредније фабрике нису аутоматски системи без надзора, већ системи који засновани на интеракцији између људи и машина. Производња се најчешће обавља са циљем директног генерисања профита од продаје робе купцима. Однос производње и профита је, међутим, често индиректан. На пример, фирма која има интерну производњу, не подразумева директну продају спољним купцима. Посматрана фирма може производити компоненте које се користе за склапање на другим местима у компанији или за израду алата које компанија користи за

вршење услуга. Штавише, нека одбрамбена роба се производи у државним оружарницама без профита. Такве фабрике називају се „трошковни центари“, за које се издваја буџет за производњу производа, а мери се само њихова способности да испуне постављене циљеве.

Људи представљају центар производње. Временом, број и улоге људи у фабрици се мењају, али суштина остајем иста. На пример, Iwata Steel Works компаније Nippon Steel у Kitakyushu у Јапану данас производи исту количину челика са мање од 3.000 запослених, док је 1964. године било запослено више од 40.000 запослених. Посао 3.000 људи запослених данас се очигледно разликује од посла који је радило 40.000 запослених пре пет деценија. Побољшане методе рада, процеса, система управљања и информационе технологије допринели су наведеној транзицији. Упркос све већој аутоматизацији и дигитализацији, челичана је и даље систем човек-машина, односно евидентно је да технолошки напредак мења оно што људи раде, али не и потребу за њима.

2.1. Модел улаз-излаз

У фабрици постоји много процеса и много нивоа процеса. Да би смо разумели како фабрике раде, корисно је мапирати процесе на различитим нивоима користећи модел улаз-процес-излаз (ИПО – Input-Process-Output) (слика 3), где излаз из процеса представља улаз за један или више наредних процеса. ИПО модел може се користити за мапирање и разумевање операција на свим нивоима.



Слика 3. ИПО модел (улаз-процес-излаз)

На нивоу фабрике, ИПО модел можемо користити за описивање нпр. како челичана користи радну снагу, пећи, машине и енергију да претвори руду у челичне производе у топионици и кроз процес хлађења. Даље, целокупни фабрички процес се може поделити на неколико подпроцеса: набавка и логистика, производња гвожђа, производња челика, ливење и ваљање, у зависности од стварног челика. Сваки од ових процеса има своје улазе и излазе, а сваки процес се може додатно декомпоновати у више подпроцеса. ИПО модел подразумева секвенцу, а процес се може рашчланити на операције тако да излаз од сваке операције представља улаз у следећу. ИПО модели се користе за мапирање токова информација као и материјалних токова, са једном битном разликом у значењу стрелица тока. Код информационих токова присутне су репликативне операције, односно, након реализације процеса информације су и даље доступне за друге употребе у неограниченим количинама. Материјали, с друге стране, прелазе на следећи процес, више нису доступни, што значи да се количине морају обрачунати. Са друге, не претварају сви процеси у производњи улаз у физички излаз. Неки процеси уместо конверзије улата у излаз, утичу на промену стања у систему. На пример, операције поправке у одржавању користе упозорење о томе да

машина иде у „искључено“ стање, и резултат поправке је повратак у статус „спреман“. Други примери су процеси управљања техничким подацима или покретање машине. Иста разлика постоји у теорији управљања класична теорија управљања укључује повратну информацију где је процес црна кутија позната само по односу излаза и улаза. У савременим теоријама управљања, модел је обogaћен варијаблама стања. Произвођачи често шаљу старе машине у фабрике/компаније за ремонт или ревитализацију, где их растављају, мењају истрошене или компоненте у отказу, поново их састављају и тестирају. Модел улаз-процес-излаз је прикладан за фабрику за ремонт јер заправо постоји ток старих машина које долазе, ремонтују се и враћају у радно стање. Исти модел је прикладан и при одржавању на месту где машине раде, где се машине не померају, већ одржаваоци долазе.

2.2. Концепт 2Е: Ефективност и ефикасност

Основни концепт у производњи је „2Е“ : Ефективност се односи на „шта“ и ефикасност "како". Бити ефикасан значи радити праве ствари. Ефективан процес производи предвиђени исход. Дакле, он се мери током излазне фазе ИПО модела. Што се тиче ефикасности, није битно како је производ произведен, све док испуњава услове захтев купца или следећи процес у наставку. На пример, ако наручите једну стандардну оловку, а фабрика користи 1.000 стабала да направи само једну оловку, била би ефикасна, али неефикасна. А савршено ефикасна фабрика не би користила више дрвета и угљеника него што заправо улази у вашу оловку.

Ефективност значи радити праве ствари, ефикасност чинити ствари како треба.

Ефикасност се мери током свих фаза процеса ИПО модела. Ефикасност представља је однос уложеног рада и излаза производних процеса. На пример, ако сва се топлота која се даје парној машини претвара у механичку енергију, њена ефикасност би била 100%; у супротном била би 0%. Исто тако, ако су сви ресурси који су обезбеђени производном процесу претворили директно у продате производе, ефикасност производних процеса била би 100%. Савршено ефикасна и ефикасна фабрика је визија и циљ којем тежимо, ипак „оптималне“ фабрике не постоје. Пословање фабрика увек може бити побољшано, све док увођење нове технологија не унапреди процес рада на виши ниво. Значајно је нагласити да ефикасност увек треба да има приоритет над ефикасношћу. Бити ефикасан у чињењу погрешних ствари је највећа грешка коју треба избећи.

Пример мерења ефикасности и ефикасности дат је за радне налоге за одржавање у једној организацији, слика 4. У овом примеру дате су мерне величине или критеријуми за оцену ефикасности и ефикасности процеса а то су:

- Број и обим активности одржавања ван плана одржавања,
- Број отказа опреме и инфраструктуре,
- Трајање интервенција одржавања,
- Трошкови одржавања,
- Број, обим и значај неусаглашености које се односе на процес.

Осим наведених критеријума за оцену ефикасности и ефективности, у датом примеру, извршена је систематизација радних налога која раздваја активности редовног одржавања и накнадног одржавања, тако да се могу засебно мерити подпроцеси према датим критеријумима.



Слика 4. Карта процеса одржавања опреме и инфраструктуре (Радловачки, Камберовић, и др., 2008)

Збирни показатељ ефективности и ефикасности читавог процеса може се добити из оцена ефективности и ефикасности његових подпроцеса. Како сви подпроцеси немају једнак утицај на ефикасност и ефективност читавог процеса, неопходно је да се успостави методологија по којој би се оцењивала јачина утицаја подпроцеса.

За процену ефикасности и ефективности процеса или читавог система користе се показатељи ОЕЕ – укупне ефикасности опреме и ООЕ – укупне ефикасности производних операција.

- Укупна ефикасност опреме ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness)** представља концепт са основном идејом да се идентификују основни узрочници губитака продуктивности и да се потом предузму одговарајуће мере. Овај концепт превасходно се односи на производну опрему, а рачуна се по следећој формули:

$$OEE = A \times P \times Q = \text{Расположивост} \times \text{Учинак (Перформансе)} \times \text{Квалитет}$$

где су скраћенице почетна слова следећих енглеских речи: A – Availability, P – Performance, Q – Quality.

Расположивост узима у обзир све догађаје који заустављају планирану производњу довољно дуго, где има смисла пратити разлог прекида (обично неколико минута). Распоживост се израчунава као однос времена рада и планираног времена производње:

$$\text{Расположивост} = \frac{\text{време рада}}{\text{планирано време производње}}$$

Време рада се рачуна као планирано време производње минус време заустављања, где се у време рачунају непланирани застоји (нпр. кварова) и планирани застоји (нпр. промене).

$$\text{Време рада} = \text{Планирано време производње} - \text{Време заустављања}$$

Перформансе узимају у обзир све што узрокује да производни процес тече мањом брзином рада од максимално могуће брзине рада. Перформансе се разунају као однос нето времена рада и времена рада. Израчунава се као:

$$\text{Перформансе} = (\text{идеално време циклуса} \times \text{укупан број делова}) / \text{време рада}$$

Идеално време циклуса је најбрже време циклуса које посматрани производни процес може да постигне у оптималним околностима. Стога, када се помножи са укупним бројем циклуса, резултат представља нето време рада (најбрже могуће време за производњу Келова). Перформансе никада не би требало да буду веће од 100%.

Квалитет узима у обзир произведене делове који не испуњавају стандарде квалитета, укључујући делове којима је потребна дорада. Квалитет се израчунава на следећи начин:

$$\text{Квалитет} = \text{добар број делова} / \text{укупан број делова}$$

Ако у OEE једначину заменимо горе наведене формуле добићемо следеће

$$\text{OEE} = \text{Расположивост} \times \text{Перформансе} \times \text{Квалитет}$$

$$\text{OEE} = (\text{Добар број делова} \times \text{Идеално време циклуса}) / \text{Планирано време производње}$$

- **Концепт OOE односи се на укупну ефикасност производних операција** која се такође рачуна по истој формули:

$$\text{OOE} = A \times P \times Q = \text{Расположивост} \times \text{Учинак (Перформансе)} \times \text{Квалитет}$$

Обе су метрике које се користе у производњи и управљању операцијама, али мере различите аспекте ефикасности:

1. Укупна ефикасност опреме (OEE) :

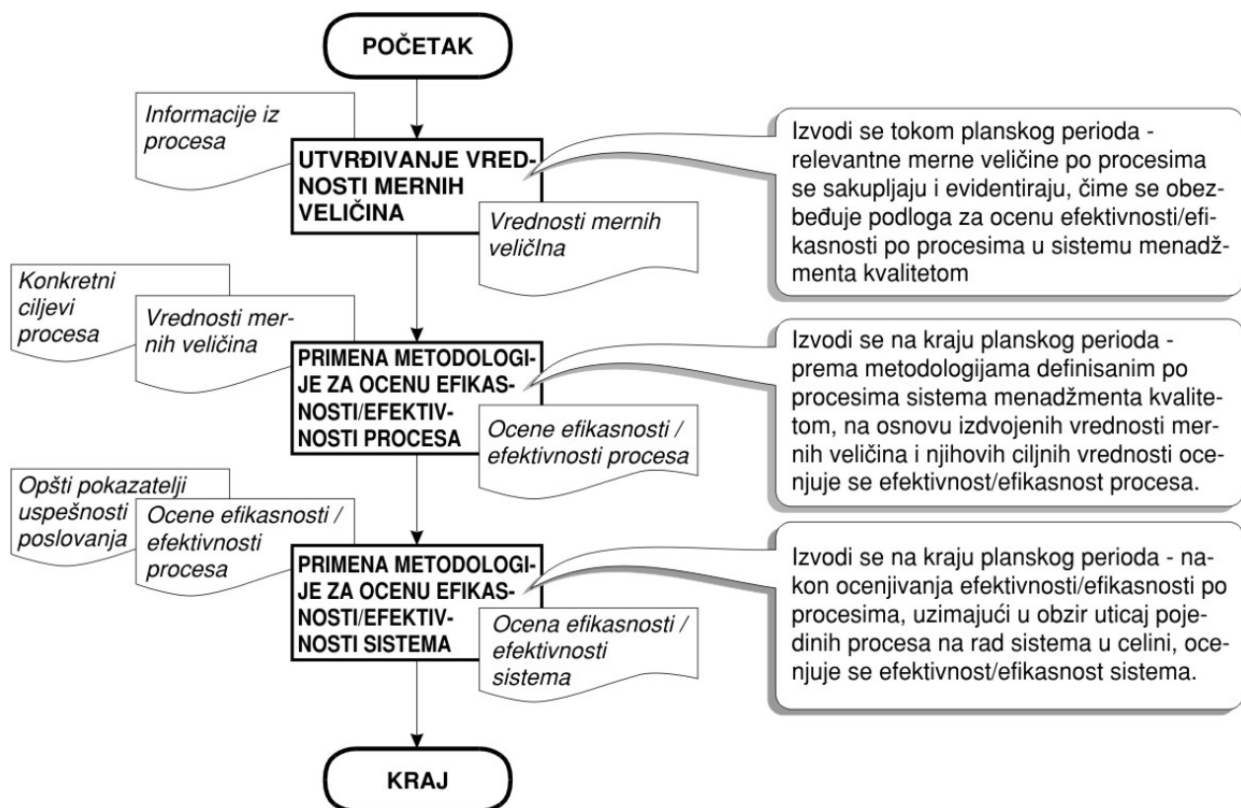
- OEE је мера колико се ефикасно користи производна операција, посебно фокусирајући се на ефикасност опреме.
- Узима у обзир три фактора: доступност, перформансе и квалитет.
- Доступност мери проценат времена током којег је опрема доступна за производњу.
- Перформансе мере брзину којом опрема ради у поређењу са њеном оптималном брзином.
- Квалитет мери проценат производа доброг квалитета које производи опрема.
- OEE се израчунава множењем процената доступности, перформанси и квалитета.

2. Укупна ефикасност операција (OOE) :

- ООЕ је шира метрика која процењује укупну ефикасност операција у оквиру производног погона.
- Док се ООЕ фокусира првенствено на ефикасност опреме, ООЕ узима у обзир факторе изван опреме, као што су ефикасност радне снаге, ефикасност процеса и укупна искоришћеност постројења.
- ООЕ пружа свеобухватнији поглед на ефективност целокупне производне операције, узимајући у обзир све аспекте производње.
- ООЕ може укључити додатне факторе као што су продуктивност радне снаге, ефикасност руковања материјалом и укупни ток процеса.

Укратко, ООЕ се фокусира на ефикасност опреме у оквиру производне операције, док ООЕ пружа холистички поглед узимајући у обзир све аспекте ефикасности операција, укључујући опрему, радну снагу и процесе.

На слици 5 изложен је пример дијаграма тока општег модела оцене ефикасности и ефективности система управљања квалитетом. У овом примеру приказано је да процес рада има дефинисане циљеве по процесима, дефинисан начина праћења величина за мерење ефикасности и ефективности циљева, затим процес који прати начин реализације рада процеса и спроводи мерење ефективности и ефикасности процеса, и на самом крају процес у којем се оцењује ефективност и ефикасност процеса у целисти на основу ефективности и ефикасности његових подпроцеса.



Слика 5. Дијаграм тока општег модела ефективности/ефикасности система (Радловачки, Камберовић, и др., 2008)

Дијаграми тока процеса често користе симболе специфичне за тип процеса који се приказује. Иако се симболи могу разликовати у зависности од методологије или алата који се користи, неки уобичајени симболи укључују:

1. **Почетак/Завршни процес:** Представљен кругом или елипсом, означавајући почетак или крај тока процеса.
2. **Тачка одлучивања:** Представљена је дијамантом, што указује на тачку у току процеса у којој се одлука доноси на основу одређених услова.
3. **Активност/задатак:** Представљен правоугаоником, који приказује одређену радњу или задатак унутар процеса.
4. **Улаз/Излаз:** Представљен стрелицама, који означавају ток података у процес или из њега.

Ови симболи се користе за визуелно представљање тока активности и података унутар одређеног процеса или подпроцеса.

2.3. Концепт 4М

Други основни концепт за разумевање производних процеса јесте концепт четири М (4М). Приликом решавања проблема на тактичком нивоу, често се истражују узроци проблема применом концепта 4М који потиче о првих слова речи: човек, машине, методе и материјали (Man, Machine, Methods, and Materials). Данас, ознака 4М представља: „људски фактор, машине, методе и материјали”, јер жене не треба подвести под ознаку „мушкарац”. Сва четири М морају бити присутна истовремено како би се производња несметано одвијала. На пример, посматрајмо процес заваривања у фабрици производње издувних цеви. Производња се не може реализовати уколико недостаје један од следећих улаза, нпр.:

- Човек: Заваривач или човек који контролише или програмира робота за заваривање,
- Машина: Алат за заваривање, заштитна опрема,
- Материјали: челичне цеви, електроде за заваривање, енергија,
- Метода: Упутство за заваривање или know-how, план производње.

Чак и у потпуно аутоматизованим процесима, где радници нису физички присутни, неки људи ће бити индиректно укључени, као програмери или доносиоци одлука. Метода се може уградити у програме које користе машине или бити описана у процедурама и упутствима за рад. Иако концепт четири М може изгледати тривијалан, у пракси то заиста није. У релативним производним условима, неопходно је координисати на хиљаде различитих производних процеса како би сва 4М истовремено функционисала за сваки појединачни производни процес.

3. Организација фабрике

Фабрика представља заједницу људи који се морају организовати.
--

Људи треба да преузму различите улоге и послове ради испуњења циљева фабрике, а то је да се оствари приход производећи производе за тржиште. Различита производна одељења раде различите послове унутар исте фабрике. Комуникационе баријере и начин размишљања утичу на смањење производних перформанси. Стога, начин организовања запослених у фабрици треба користити као значајну предност којом предузеће надмашује конкуренте.

3.1. Организационе шеме

Организација фабрике се често представља путем приказа организационе шеме, познате и под називом органиграм.

Организациона шема је визуелни приказ организационе структуре. Не постоји стандард како нацртати организациону шему, осим устаљено правила цртања одељења по редоследу њиховог ранга. Одељења се повезују пуним линијама (хоризонталним на истом нивоу, вертикалним на различитим нивоима), док се испрекиданим линијама представљају индиректни односи.

Ограничења организационих шема односи се на то што се фокусирају искључиво на извештавање менаџмента односима, односно не могу да прикажу рутинску размену информација широм света организација – чак и када се додају испрекидане линије између одељења са формалним структурама извештавања. Организационе шеме, не открива динамику производње, где су различити делови организације раде у привременим структурама као што су пројектни тимови. Операције фабрике се не поклапају увек њену званичну организациону шему, пошто појединци, кроз моћ стручности или харизме, врше више утицај него што би њихов положај на графикону сугерисао. Такође, организационе шеме не приказу важне структуре моћи као што су раднички савети и синдикално представништво. Међутим, организациони графикони су корисни аналитички алати за разумевање функција, односа и величина одељења.

На слици 6, дат је приказ типичне организационе шеме која се може видети у фабрикама са преко 1000 запослених. Као што је то и уобичајено у пракси, недостаје кључна информација о броју запослених у сваком правоугаонику.



Слика 6. Типична организациона шема у великој фабрици

Организациона шема на слици 6 садржи одељење под називом Операције и низ других одељења која су директно одговорна директору фабрике. У зависности од производне оријентације фабрике, не морају сва одељења бити заступљена. На пример, даље, продаја и маркетинг, истраживање и развој, набавка и ИТ одељења могу имати седиште у другом граду. Људски ресурси и рачуноводство као и Финансије се најчешће воде ван фабричке организације, и у организационој шеми се представљају као одељења, иако најчешће садрже мало људи који обављају ове задатаке. У фабрикама могу постојати одељења за подршку административним пословима, одељења за израду инвестиционих пројекта и пројекта унапређења, или за праћење прописа о здрављу, безбедности и животној средини (ХСЕ). Неке фабрике могу имати посебно складиште у којем се складишти и управља готовим производима. У мањим фабрикама, ова функција се може лоцирати и њоме управљати заједно са залихама сировина у оквиру одељења Логистика. У појединим фабрикама магацин се може налазити ван фабрике и да не припада контроли управе фабрике, већ ланацу снабдевања регионалног седишта. Одељење ланца снабдевања подразумева реализацију задатака екстерне логистике и међународну испоруку.

3.2. Оператива

Одељење Оперативе по садржају варира од фабрике до фабрике. На примеру на слици 6, одељење Оперативе садржи следеће функције:

- На основу предвиђања и поруџбина примљених од продаје спроводи се планирање и припрема планова производње,
- Производе се делови или производи према плановима.
- Рукује се материјалима и осигурава да Производња има материјале који су јој потребни у сваком тренутку.
- Инжењеринг је одговоран за пројектовање, изградњу и ажурирање фабричког распореда, машина, линија и информационалних система.
- Одељење за Квалитет је одговорно за методе које се користе како би се осигурало да производи испуњавају очекивања купаца.
- Одељење за Одржавање је одговорно за одржавање машина и алата у радном стању и за поправке изван онога што оператери могу сами да ураде.
- Одељење за Складиште је одговорно за складиштење и отпрему готових производа.

Без обзира на начин организације фабрике, готово увек постоје тензије међу различитим интересним групама и/или органоizacionим целинама. На пример, ново руководство погона или менаџери средњег организационог нивоа често имају нове идеје како да „боље“ организују погон, дакле појам реорганизације је скоро уобичајен у фабрикама. Други пример је функција руковања материјалима која директно извештава директора фабрике и удаљенија је од производње, као на слици 6. У овом и сличним случајевима, руководиоца одељења руковања материјалима обично следи циљеве учинка за своје одељење који могу бити контрапродуктивни за фабрику у целини, као што је ангажовање руковоаца материјалом. Уместо тога, овај руководиоца треба да се побрине да производња има потребне материјале.

У оквиру инжењеринга, постоје улоге које дефинитивно нису део оперативе. Развој производа, на пример, често се чак и не ради на производном месту, већ у централи компаније. Пројектовање производне линије и увођење нових производа се обично раде у фабрици, али не као део оперативе. Оперативни менаџери, међутим, воле да имају контролу над инжењерима за

побољшавања постојећих производних процеса, усклађивања редоследа задатака, или решавања конкретних производних проблема. Уколико инжењери који обављају овај посао не пријављују проблеме Оперативи, менаџер оперативе треба да провери њихову доступност сваки пут када му затребају а то му обично украђује гломазна или неодговарајућа организациона структура. Инжењерима, с друге стране, може бити фрустрирајуће да раде у линијској организацији која не разуме техничке изазове са којима се они суочавају, као и њихову потребу буду у току са новим развојем у својој области и перспективама развоја њихове каријере. Ове врста проблема су превазиђене код матричне организације у којој инжењери који раде за Оперативу и са Менаџером инжењеринга.

3.3. Производно одељење

У оквиру фабрике одељење производње егзистира засебно и оно је једино које производи производе. Највећи утицај на перформансе фабрике имају одељења која се налазе при дну графика на слици 6, где оператери и вође тимова комуницирају са менаџерима прве линије.

Менаџери прве линије имају различите титуле у различитим компанијама, које се временом мењају. "Пословођа" раног 20. века постао је „супервизор“ до 1980-их, а затим мање директиван „Координатор подручја“ или „Координатор групе“. Код свих ових назива заједничко је то да је су они прва степенница менаџерске лествице – често попуњена или од стране дипломираних студената као прво радно место и од стране виших оператера који су унапређени на ову позицију.

Структура средњег нивоа производње одређена је производним процесима и физичким распоредом фабрике. Ако процес укључује машинску обраду и монтажу, са свим алатним машинама у једној хали, док се све монтажне линије налазе у другој хали, тада треба поставити Генералног супервизора за машинску обраду и Генералног супервизора за монтажу. Ако су, пак, организовани по производима, онда ће постојати Генерални надзорник за одређени производ или фамилију производа. Ако постоје ресурси које се не могу раздвојити по фамилији производа, онда се формира одељење заједничких услуга са сопственим менаџером. Поента је направити јасне границе са недвосмисленом области одговорности.

3.3.1. Однос првог менаџера и оператера у Тојоти

Менаџери прве линије у већини постројења имају испод себе у структури између 40 и 100 оператера које треба да надгледају, и немају времена да раде било шта друго што није директно повезано тиме. Док је а широко распрострањено уверење да је слаб однос менаџера прве линије према оператерима, у Тојотиним фабрикама се другачије ради.

У Тојотиним фабрикама аутомобила, менаџери прве линије имају 4 до 6 тимова са по 4 до 6 оператера, односно најмање 16, а највише 36 оператера, тј. у просеку мало испод 18 оператера. Оператери су организовани у тимове од 4 до 6 људи са вођом тима. Вође тимова су оператери са производним задацима који одузимају 40% до 60% времена расположивог по јединици у свакој операцији, познато као време такта. Преостало време, вође тима користе за одржавање темпа производње, обучавање других оператера, проверу да ли су материјали и алати доступни, вођење евиденције, координацију промена, и сл. Поред испуњавања производних циљева, менаџери прве линије треба да посвете део свог времена вођењу пројеката унапређења и организовању стручног усавршавања својих подређених (што укључује и сертификавање њихове квалификације), као и да организују два пута годишње проверу напретка оператера.

У пракси је показано да фабрика може боље ради уколико менаџери прве линије имају мање подређених оператера, на пример 15 до 25, што омогућава да њихове одговорности не би биле ограничене у испуњавању производњих циљева. Поред тога, они би водили пројекте унапређења и водили професионални развој својих оператера. Менаџере прве линије треба посматрати као део менаџмента и стога оно требају бити у свакодневном, рутинском контакту са оператерима производње.



Слика 7. Оператери који завршавају четвртомилионити Yaris у Тојотиној фабрици у Onnaing, Француска, 2020. (Извор / Toyota)

3.4. Оператери

Иако оператери раде најважнији посао у производњи, јаз између оператера и менаџмента постоји и изражава се на разне начине. На пример, зависно од индустрије и географског подручја, није неуобичајено да различите категорије запослених носе различиту радну одећу. На пример, запослени у радњи могу да носе плаво радно одело, вођа тима можда светлоплаво или сиво, менаџер области бело, а техничари/одржаваоци црвено радно одело. Руководиоци вишег нивоа и канцеларијски радници обично носе своју одећу. Различите радне униформе представљају последицу одлуке да се различито облаче запослени на различитим радним местима. У фабрикама које захтевају висок ниво чистоће, као што је индустрија полупроводника, фина електроника, фармацевтска индустрија, индустрија прераде хране, уобичајено је да се носи бели комбинезон. Мање чисте индустрије или фабрике где се ради у условима високе температуре, захтевају робуснији заштитни комбинезон. Међутим, употреба боја за разликовање категорија послова је и стратешки избор. Још једна разлика између оператера у погону и канцеларијских радника, јесте да је уобичајено да се оператери плаћају по сату – улазак и одлазак – и примају плату за прековремени рад ако се од њих тражи да остану дуже од њихове смене. Руководиоци и особље вишег нивоа су „ослобођени“, што значи да примају плату и не мери им се радно време. Штавише, менаџери имају могућност промоције у компанији, док оператери имају мало или је немају уопште – осим ако постану менаџери. Такође, важно је нагласити да нису сви оператери ангажовани по истом типу уговора. Неки оператери су ангажовани за стално, док су други привремено.

Свака производња која је сезонског карактера или циклична, има захтеве за ангажовањем 3 или више додатних радника током јака сезоне. На пример, прерада воћа и поврћа се обавља током сезоне жетве, а производња заснована на пројекту зависи од обима пројеката. Брзо повећање потражње вођено тржишним трендовима или спољним догађајима – попут пандемије – може довести до привремене потребе за више оператера. Ослањање на привремено особље, међутим, не само што отежава запошљавање, већ и спречава развој вештина радне снаге. Сезоналност

потражње је спољни узрок. Неопходно је да у оваквим ситуацијама менаџмент примени другачији приступ управљања људским ресурсима усмерен ка ангажовању мање али сталне групе квалификованих радника оспособљених да испуне захтеве потражње током једне сезоне, а на развој сопствених вештина током затишја сезоне.

Потребно је би да се посветимо томе како да креирамо добро радно место оператера. Одржив приступ је начин да се у потпуности искористе карактеристике људи што их чини посебним као производним ресурсима:

- Способност учења.
- Способност реаговања на непредвиђене догађаје.
- Интелигенција за решавање проблема.
- Креативност за проналажење нових употреба за постојеће уређаје и развој нових уређаја.
- Вођење бриге о другим људима и стварање доброг радног окружења.
- Физичка снага, спретност и издржљивост.
- Етика која омогућава да сви делују у најбољем интересу групе.

Уз развијање у потпуности наведених људских способности, сваки запослени мора да се понаша као да опстанак компаније зависи од његовог или њеног индивидуалног понашања. Не постоји сигуран рецепт да се запослени тако осећају, али постоје много начина да се уверите да то не чине. Непоштовање према оператерима, небезбедно радно окружење или неплаћање праведне плате за њихов рад су ситуације када се људске способности оператера не могу добро искористити.

У многим фабрикама рад осмишљавају стручњаци, а временске студије се користе за постављање стандарда како се оператери не би договарали о успоравању рада. Такве фабрике могу бити и ефективне и ефикасне, али не могу постати центри извршности, нити су посебно добра места за рад.

Постоји и друга традиција у индустријском инжењерству. Компаније попут Волво-а у Шведској и Тојоте у Јапану које проучавају рад у циљу његовог унапређења, заједно са онима који то раде. Пројектовање оператерских послова за целу фабрику може само бити добро изведено повезивањем линијске организације од оператера који обављају послове до њихових менаџера прве линије.

3.5. Изградња стручњака Т-типа кроз ротацију послова

Неке компаније развијају стручњаке и лидере Т типа. Стручњак Т типа значи имати велику стручност у једној функционалној области (нпр. инжењеринг, набавка или продаја) и широку стручност у најмање две друге функционалне области.

Већина компанија има одељења са стручњацима који нису нужно радили у производњи. Уобичајено је да људи прелазе из једног одељења за подршку у једној компанији прелазе у исто одељење у другој компанији (нпр. инжењеринг, рачуноводство или логистика), проводећи на тај начин целу своју каријеру у истој функцији подршке. Иако овакав начин рада може резултирати вишим нивоом специјализоване експертизе, он не доприноси разумевању и сарадњи између одељења. Једна од противмера за ову појаву је систематска ротација неких запослених између одељења сваких неколико година. Овакав поступак је у Јапану уобичајен. На пример, запослени који ради у контроли производње можда има 5 година искуства као конструктор и тако боље разуме инжењерска питања. Рад у одељењу за квалитет не мора бити доживотна обавеза. На пример, запослени може радити у производњи, затим провести неколико година у квалитету, па прећи у одржавање. Запослени који су ротирани на овај начин могу имати мање специјализованог знања,

али више знања о начину како организација ради. Самим тим оваква пракса их чини вреднијим за своју компанију, а мање за друге компаније.

Код матичне организационе структуре имамо код сваког професионалца подређеност „пуна линија“ оперативном менаџеру и подређеност - „тачкаста линија“ функционалном менаџеру исте специјалности, који може да пружи смернице у развоју каријере и одржавању вештина. На пример, инжењер који подржава производну линију извештава линијског менаџера, али и остаје повезан са инжењерским менаџером како би био у току са технологијом, присуству конференцијама, континуираном образовању и планирању каријере. Од случаја до случаја, мора се узети у обзир природа потребне подршке. Важно је размотрити да ли је потребна велика специјализација стручњака у уској области. Посебно је важна ротација између одељења која су повезана у раду и имају интензивну комуникацију (нпр. производња и квалитет), јер је међусобно разумевање између њих непроцењиво.

3.6. Историјске фазе у развоју производње

Историја производње нас учи лекцијама које су и данас применљиве. Прекретнице у историји производње представљају полазну тачку за даље проучавање. У историји производње могу се издвојити следеће развојне фазе:

1. Прединдустријска производња

2. Занатска производња

3. Индустријска револуција

4. Масовна производња

5. Тојотин производни систем и „lean“ производња

Поред тога, развој информационих технологија (ИТ) и оперативних технологија (ОТ) од проналаска компјутера 1940.-их отворио је многе могућности. Иако многи тврде да данас имамо „4. индустријску револуцију“, такође познату као „индустрија 4.0“, развојне фазе су ипак омогућене напредком у технологији и/или концептима за организовање производње.

Подела рада: пример фабрике иглица Адама Смита

Да би смо научили о размери унапређења које је омогућила индустријска револуција, посматрајмо доњи извод чувеног примера фабрике иглица из првог поглавља књиге Адама Смита Богатство народа (1776).

„Да узмемо пример из врло тривијалне производње;

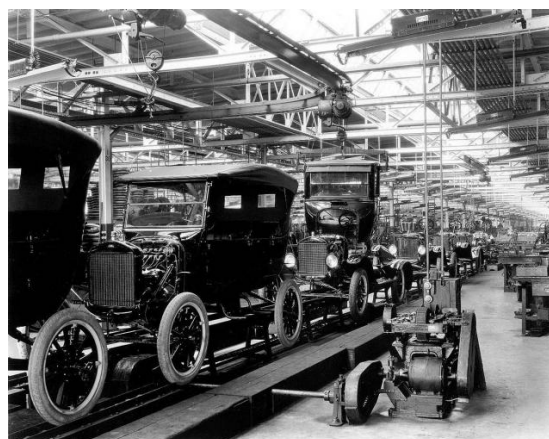
Занат израђивача игле; радник који није образован за овај посао нити упознат са употребом машинерије која се у њој користи, је могао да направи једну иглу дневно.

Начин на који се овај посао сада води, следи: посао је подељен на низ делова, од којих већину чине специфични занати. Један човек извлачи жицу, други је исправља, трећи је сече, четврти усмерава, пети бруси главу; за израду главе потребна су две или три различите операције; један је стављање на посебну машину, други је избељивање игле, избелити игле је други; чак је и само посао завити иглу у папир; На овај начин, посао прављења игле подељен је на око осамнаест различитих операција, које се у неким производњама све изводе различити радници, али у другим исти човек спроводи две или више операција.

Аутор наводи малу мануфактуру ове врсте где је било запослено само десет људи који су могли, када се напрежу, да направе око 6kg иглала дневно. У kg има више од 8000 игала средње величине. Тих десет особа, дакле, може да направи 48000 игала дневно. Свака особа, дакле, прави десети део од четрдесет осам хиљада игала, односно 48000 игала дневно. Али да су сви радили одвојено и независно, а да нико од њих није био образован за овај посебан посао, сигурно није могао сваки од

њих да направи двадесет, можда ни једну иглу у а дан; то јест, свакако, не четири хиљаде осамстоти део онога што су тренутно способни да изведу, а то је последица правилне поделе рада и комбиновања њихових различитих операција.”

„Масовна производња“ је термин први пут короршћен у Форд-овим фабрикама за револуционарни производни систем примењен за производњу Т модела (слика 8). Форд-ов стручњак Samuel Crowther дао је следећи опис у додатку Енциклопедије Британика из 1926: „Масовна производња није само квантитативна производња, јер се она може остварити без икаквих предуслова масовне производње. Нити је то само машинска производња, која такође може постојати без икаквог сличност са масовном производњом. Масовна производња је фокусирање на производни пројекат уз принципе моћи, тачности, економичности, система, континуитета и брзине.”



Слика 8. Фордов Т модел и монтажна линија

Масовна производња је представљала системски приступ. Кључна иновација у Форду била је монтажна линија. Фордова монтажа линија можда није била прва у историји, али је била прва у аутомобилској индустрији и постала најутицајнија у свету у свим производним секторима. Према историчарима, Форд-ов инжењер Vilijam 'Pa' Klan је применио идеју о производној траци коју је уочио током посете фабрици за прераду мяса у Чикагу. Наиме, од 1867. године била је уобичајена пракса да се користе висећи транспортери за сечење мяса у индустрији мяса које је Форд-ов инжењер видео као „линије за демонтажу”. Хенри Форд је желео да произведе аутомобил довољно јефтин да га његови радници у фабрици могу купити, и формирао тиме формирао тржиште за своје производе. Уведена је покретна монтажна линија у фабрици Хајленд Парк Форд 1913. године са основном идејом да се радници не крећу од аутомобила до аутомобила већ да се "аутомобил креће ка радницима". Ова иновација скратила је време производног циклуса са 728 минута на 93 минута, што је било мање него што је требало да се фарба (у тадашње време) на колима да се осуши. Континуираним смањењем времена трајања производње уз задржавање квалитета производа, Форд је створио тржиште за своје аутомобиле. Слика 8 приказује Фордов модел Т, такође познат као Т-Форд или Tin Lizi. Био је то први аутомобил произведен на монтажним линијама. Форд је наставио његову производњу до 1927. до када је произведено 15 милиона модела Т. Овај успех касније је победио модел Folksvagen Buba, са 21 милион јединица произведених између 1950. и 2003. године.

Ипак, масовна производња није била без проблема. Овај концепт је више пута био на удару радника услед понављајућих, тешких и монотоних послова на монтажној траци.

Поред карактеристика индустријске производње, масовну производњу карактерисало је следеће:

- Фокус на проток, кроз покретне монтажне линије,
- Коришћење студија времена и покрета,
- Ограничена обука потребна за понављајуће и стандардизоване послове монтаже.
- Производња на залихама која опслужује брзо растуће тржиште.
- Посвећеност једном производу, моделу Т, конкурентска предност 1910-их, али хендикеп 1920-их када је модел Т постао застарео.
- Вертикална интеграција. Фабрика River Rouge радила се све од ископавања и прераде руде, песака и других материјала до готових аутомобила. Постројење и даље постоји, али сви процеси до коначне монтаже сада су власништву добављача. Главна фабрика Folksvarena у Volfzburgu у Немачкој, инспирисана је примером фабрика River Rouge.
- Владавина једног човека - Хенрија Форда. Одржива структура управљања није успостављена до његовог унука Хенрија Форда II, који је преузео управљање после Другог светског рата и довео групу руководиоца који постали познати као „ Whiz Kids“. Најпознатији међу Whiz Kids је Robert McNamara, Форд-ов председник 1960.г., министар одбране САД-а и председник Светске банке.

Масовна производња је одвојила монтажу од производње подсклопова. Производне траке (или линије) великог обима се и данас користе за производе са довољном потражњом. Ипак, данашње производне линије масовне производње су синхронизоване су улазима и ланцима снабдевања како би се избегла акумулација рада у процесу.

Алфред П. Слоан који је предводио Генерал Моторс (ГМ) на путу да надмаши Форд-ов успех и било коју другу компанију на свету 1930.-их година, додао је још једну идеју систему масовне производње. Слоан је за разлику од Форда, нудио широк избор аутомобила прилагођених променљивим укусима и богатству потрошача, примену најновије технологије уз идеју годишње промене модела аутомобила. У то време у понуди је било пет ГМ модела: Chevrolet, Pontiac, Oldsmobile, Buick и Cadillac, и представљали су „мердевине успеха“ којим ће се породице пењати како се њихова финансијска ситуација поправља. Годишње мењање модела аутомобила била је замисао да се пренесе дух модних закона (који су тада владали за париске кројачице) у аутомобилски бизнис. ГМ је измислио „планирану застарелост“ и успео је задржати купце за цео живот. Слоан је такође успоставио децентрализовану, меритократску (засновану на заслугама, таленту, вештини, интелигенцији) управну структуру која је декадама касније изучавана, али ипак недостатак овог система виталност и ефективност.

3.7. Тојотин производни систем (ТПС) и “lean” производња

Тојотин производни систем (ТПС) је постао светски познат када је Тојота почела да обучава добављаче крајем 1970-их година. По дефиницији, то је начин како се у Тојоти производи, и учење је непрекидан процес јер се садржај стално мења. Како је објаснио Takahiro Fujimoto успех није био резултат великог дизајна, већ се временом појавио као људи у Тојоти смишљали контрамере и решења за низ кризаних ситуација. Тојотин успон од почетка, преко скоро банкрота 1950. године,

до светског лидера који производи скоро 10 милиона аутомобила годишње у великој мери приписује се Тојотином производном систему (ТПС).

Тојотин производни систем (ТПС) представља сет принципа, метода производње, организације рада, менаџмента људским ресурсима и ланцима снабдевања који је развијен у Тојота-и а глобално је признат као стандард у производњи (Black, 2007; Lee, Joo 2007). Компанију Тојота је основала фамилија Тоуода 1937. године (Womack, Jones, Roos 1990; Liker 2004). Намеру фамилије да отпочне производњу путничких аутомобила спречила је јапанска милитантна влада која је захтевала да се умето планиране производње путничких аутомобила започне производња камиона за војску. Након Другог светског рата компанија прелази на производњу аутомобила и комерцијалних камиона. Први аутомобил компанија је лансирала 1947. године, а Тојота је данас један од највећих произвођача аутомобила (Marketline 2013). Основ успеха и извор одрживе конкурентности компаније Тојота је њен производни систем (Black 2007; Towill 2007) који је настао као алтернатива америчкој масовној производњи аутомобила.

Након Другог светског рата инжењери компаније Тојота одлазе у стручну посету америчкој компанији Форд како би се упознали са карактеристикама масовне производње и могућностима њене имплементације у Јапану. По повратку у Јапан и након упознавања менаџмента и осталих инжењера компаније са америчком праксом масовне производње, закључено је да овај вид производње није адекватан за компанију која послује у Јапану. У том смислу, ТПС настаје као логичан одговор компаније на претње и шансе у јапанском пословном, и у ширем друштвеном окружењу. Као одраз специфичности пословног амбијента у Јапану, ТПС почива на два кључна елемента (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977; Thun, Drücke, Grübner 2010):

А) Имајући у виду чињеницу да су трошкови инпута у Јапану већи у односу на трошкове инпута у Европи и САД, у овој земљи је развијена свест о томе да се мора уложити додатни напор како би били смањени укупни трошкови производње. Ово је први фактор окружења који су у Тојоти препознали и уградили у основу концепта смањења укупних трошкова на бази елиминисања отпада. Све осим минимално потребне количине материјала, делова, опреме и рада радника је вишак који утиче на раст трошкова.

Б) Како би биле искоришћене предности повољног радног окружења, раднике, пре свега, треба третирати као људска бића и на тај начин их мотивисати да дају свој максимум. На овај начин ће у потпуности бити искоришћен њихов потенцијал.

Унапредити ефикасност кроз смањење отпада/вишкова је био основни начин конкурисања изграђеној европској и америчкој масовној производњи и продаји.

Lean производња као одговор на претње у јапанском пословном окружењу

Ограничена расположивост природних ресурса је једна од основних карактеристика Јапана. Због изразите увозне зависности у домену предмета рада, пословање јапанских компанија карактеришу високи трошкови инпута (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977; Naan, Yamamoto 1999). Такође, у периоду непосредно након Другог светског рата јапанским компанијама недостају и средства за

финансирање набавке скупе савремене опреме коју захтева масовна производња (Womack, Jones, Roos 1990).

Малосеријска производња у Тојоти је био одговор компаније на мали обим тражње на јапанском тржишту аутомобила у периоду након Другог светског рата. Малосеријска производња је тако наметнута екстерним факторима, али је у компанији учињен напор да се она учини што је могуће рационалнијом. Ово зато што се смањењем величине серије смањују транспортни трошкови и трошкови великих количина залиха, док са смањењем серије дефекти постају видљиви убрзо након што настану.

Високи трошкови инпута и отежана могућност набавке савремене опреме захтевали су идентификовање новог поља са потенцијалом за изградњу конкурентске предности. Виши ниво додате вредности за купце и смањење укупних трошкова производње постали су кључни елементи за дефинисање стратегије производне конкурентности компаније Тојота (Spear, Bowen 1999). На овим основама је дефинисан концепт lean производње. Најпре етимолошки, а затим и суштински, концепт **lean** производње, и уопште lean пословања, подразумева производњу (пословање) без вишкова. Lean производња као алтернатива америчкој масовној производњи настала је као реакција на чињеницу да су ресурси у Јапану ограничени, и тиме, скупи. У таквој ситуацији било је потребно из система елиминисати све вишкове, односно све оно што не доприноси генерисању додате вредности и тиме узрокује повећање укупних трошкова – вишкове залиха, рада, улагања, и све губитке. Како би била остварена lean производња, према Охно-у (1988) из система треба елиминисати седам врсти вишкова: прекомерну производњу, чекање, непотребне активности у транспорту, грешке у самом технолошком процесу производње, залихе, вишак покрета, дефектне производе. Аверзија Јапанаца према вишковима је последица ограничености простора и природних ресурса која карактерише ову земљу (Haan, Yamamoto 1999).

Lean производња комбинује остваривање ниских трошкова уз изражени варијетет производног програма као основне предности масовне, односно занатске производње уз остваривање супериорног квалитета – нула грешака (Womack, Jones, Roos 1990; Black 2007). Оваква производња се назива lean (у преводу са енглеског језика "витка") јер подразумева мање рада, мање улагања, мање простора, мање залиха, мање грешака у односу на масовну производњу. У Тојоти је операционализација концепта lean производње подразумевала организовање just in time (надаље ЈИТ) производње, промену организације рада у производњи и успостављање праксе производње без грешака (производни принцип нула грешака).

За разлику од **push** материјалних токова у масовној производњи, ЈИТ производња подразумева **pull** принцип кретања кроз систем. Инпути, делови и полупроизводи се у ЈИТ организованој производњи вуку кроз процес. Захтевом да свака претходна фаза у процесу трансформације инпута производи сагласно квалитативним и квантитативним потребама наредне фазе у тренутку када је то потребно, жели се утицати на елиминисање или минимизирање унутар-одељенских и међу-одељенских залиха и на елиминисање вишкова рада и опреме, како би се понуда ускладила са флукуирајућом тражњом и скратио циклус производње (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977). Иако практично неостварив, елиминисање или смањење нивоа залиха је и данас циљ већине јапанских

произвођача аутомобила. Наиме, захтев нула залиха није у потпуности испуњен у јапанским компанијама, бар не у домену свих видова залиха (Naan, Yamamoto 1999). Истраживање праксе јапанских аутомобилских компанија указује на то да је због специфичности снабдевања сировинама, тј. због изразите увозне зависности и физичке удаљености добављача, немогуће елиминисати залихе сировина. Минимизирање или неутралисање залиха недовршене производње је у већој мери могуће и зависи од техничке опремљености рада и система и вида производње. На постојање и величину залиха готових производа утиче више фактора: врста производа – прилагођен захтевима потрошача, или не, карактер тражње – сезонска или континуирана, ширина производног програма, технички захтеван минимални обим производње. Залихе се у lean концепту виде као вишак који настаје као последица неусклађености капацитета различитих фаза производног процеса и који ангажује финансијска средства, рад и простор чиме утиче на повећање производних и укупних трошкова. Ангажујући одређену количину рада за манипулисање, залихе према Ohno-у (1988) одвлаче раднике са најважнијег задатка – производње. Залихе су последица конвенционално организоване производње у којој претходни процес (или фаза) свој оутпут испоручује наредном процесу без обзира на стварне потребе тог сукцесивног процеса. Са друге стране, ЈИТ производња захтева да сваки процес има информацију о томе која је количина делова/полупроизвода коју он треба да произведе и у које време (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977). Овај захтев се у конвенционалној аутомобилској индустрији испуњава тако што се на основу плана производње готових производа, тј. аутомобила, израђују планови производње појединих делова готовог производа и тиме издају терминирани задаци појединим процесима. Сваки део процеса ради према свом плану пратећи принцип да свака претходна фаза снабдева наредну фазу – делови се гурају кроз систем. Уместо овога, Тојота је увела принцип према коме делове треба вући кроз процес, односно такав однос сукцесивних фаза у коме наредна фаза повлачи одређену количину делова у одређеном времену од претходне фазе у процесу. Према томе, захтев за производњу долази од последње фазе укупног процеса – од монтаже готовог производа који се са захтевом за одређеном количином делова одређене врсте потребних у одређеном времену обрађа претходној фази. На основу потреба фазе која следи, претходна фаза организује свој рад и о сопственим потребама информише себи претходну фазу и тако редом, уназад дуж ланца процеса. На овај начин се може обезбедити ЈИТ систем без залиха између фаза процеса будући да сваки део процеса производи онолико колико је потребно наредној фази и у времену када је потребно – свака наредна фаза је купац, тј. потрошач резултата претходне фазе процеса (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977; Naan, Yamamoto 1999). Креирање секвенцијалних односа између интерних учесника у процесу генерисања вредности је Тојота-и омогућило остваривање интерне интеграције, тј. интеграције између интерних снабдевача и купца (Jayaram, Das, Nicolae 2010). Поред интерне интеграције, ТПС подразумева остваривање и узводне (са добављачима), и низводне (са купцима) интеграције у ланцу снабдевања компаније. Будући да ТПС представља комбинацију правила, тј. принципа и практичних решења за њихову реализацију (Jayaram, Das, Nicolae 2010), у Тојота-и је као средство за остваривање ЈИТ производње уведен канбан (Gross, Mcinns 2003).

Канбан систем је компанији омогућио неутралисање залиха недовршене производње тиме што је створио услове да свака претходна фаза производи према стварнима, а не према прогнозираним или очекиваним потребама наредне фазе. Тојотин канбан систем је познат као систем са две врсте

канбан картица – једна је производна и служи за наручивање делова које претходна фаза треба да произведе, док је друга транспортна – служи за ауторизацију физичких токова између фаза, односно за испоруку делова наредној фази (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977; Bali 2003).

Што се тиче измена у организацији рада, у складу са општим циљем lean концепта, циљ је био рад организовати тако да се елиминиса сав вишак рада. Вишак рада који је требало елиминисати се односио како на непотребне радне операције, тако и на непотребна занимања у производним погонима. Елиминисање непотребних занимања остварено је тако што су у Тојоти извршни радници у производњи распоређени и за обављање других послова, за разлику од окружења масовне производње у коме су извршни радници ангажовани само на монтажи (Womack, Jones, Roos 1990). У Тојота-и се сматрало да ови радници могу да обављају послове других специјалиста, и да ће то радити боље будући да познају стање на производној траци. У том смислу је Охно организовао тимове на монтажној линији. Сваки тим је био задужен за послове на једном делу монтажне линије, на челу тима је био лидер – и сам извршни радник, а не пословођа. Тимови су, поред монтаже, обављали и послове одржавања средстава, контроле квалитета, одржавања хигијене.

Један део вишка рада елиминисан је елиминисањем залиха и дефеката, док је губитак од фонда рада по основу чекања инпута за своје радно место елиминисан распоређивањем радника који чека на снабдевано радно место (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977). Прелазак са приступа масовне производње "један радник, једна машина", на lean приступ "један радник више машина и процеса" (Охно, 1988), остварено је потпуније искоришћавање радног фонда радника, али и повећање сигурности радника (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977). Наиме, једна од карактеристика Јапанца као радника јесте да почињу да раде нешто друго док чекају да се створе услови за обављање сопственог посла. Ако радник чека на инпуте за своје радно место, он може прећи на обављање посла који није стандардан за њега чиме се излаже опасности повреде и сл. Уколико се пак унапред дефинише шта радник ради док чека на затварање свог радног места⁴, могућност повреде због обављања посла за који радник није обучен се смањује.

Један од стубова ТПС је јидока принцип (Liker 2004). Јидока представља приступ према коме је потребно зауставити рад опреме или читаве линије када год се појави неки проблем, квар или стање које није дефинисано као нормално (Сугимори, Кусуноки, Уохикава 1977; Јонес 2006). Ако је опрема конструисана тако да се њен рад заустави када се произведе дефинисана количина – неће бити могуће да се произведе више него што је дефинисано као потребно, односно неће бити непотребних залиха. Такође на овај начин ће се обезбедити да се одмах зна где је настао проблем па ће се пажња у решавању проблема усмерити на ону опрему или линију која је престала да ради. Реализацију принципа производње без грешака омогућио је метод за избегавање грешака познат под називом **poka-yoka** (Shingo 1989). Логика овог метода подразумева елиминисање дефеката на производима путем благовременог спречавања, кориговања и указивања на грешке.

Полазећи од става да је скупље пустити да се дефектни делови уграде у готов производ, него да се линија заустави, у Тојота-и је сваки извршни радник у производњи могао да на знак дефекта заустави линију (Womack, Jones, Roos 1990; Thun, Drücke, Grübner 2010). Иако су на почетку функционисања система производне линије често заустављане, временом су радници стицали

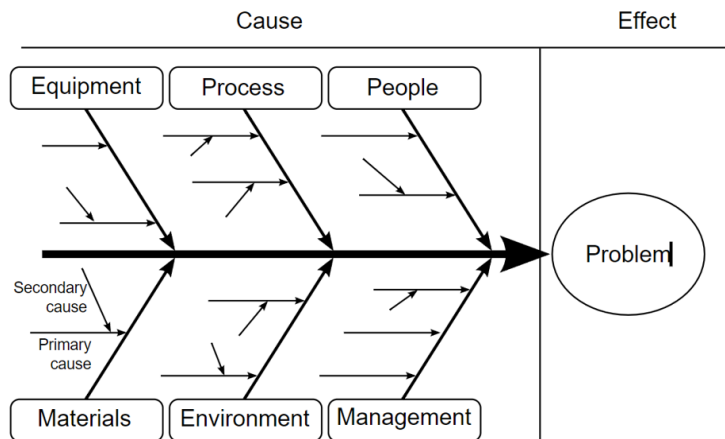
искуство у идентификовању узрока грешака и могућих решења што је смањило заустављање линија. Коначно је успостављено окружење у коме је сваки радник могао да заустави линију, а линија се никада (или веома ретко) не зауставља. Овакав приступ одражава суштинску разлику између масовне и lean производње када је у питању решавање проблема грешака у производњи. Приступ масовне производње представља приступ лечења симптома – када се грешка појави она се отклања са надом да се неће поновити. Са друге стране, ТПС је приступ лечења узрока – када се грешка појави, треба је пратити уназад како би се открио узрок њеног настанка. У том смислу је у Тојота-и промовисан систем решавања проблема познат по називу **"5 зашто?"**. Овај приступ подразумева да се при сваком новом слоју проблема поставља питање зашто се десио све док се не дође до корена, тј. до првог узрока проблема (Womack, Jones, Roos 1990). Када је узрок познат, могуће га је отклонити и на тај начин спречити поновно појављивање грешака. ТПС је постепено изграђен на овом приступу који Ohno описује једним сликовитим примером (1988):

Машина је стала.

1. Зашто је машина стала? Зато што је била преоптерећена и осигурач је пукао.
2. Зашто је машина била преоптерећена? Зато што није било довољно лубриканта на лежајевима.
3. Зашто лежајеви нису били подмазани? Зато што пумпа за лубрикацију није добро радила.
4. Зашто пумпа за лубрикацију није добро радила? Зато што је осовина била оштећена.
5. Зашто је осовина била оштећена? Зато што није било филтера па је упao метални опиљак.

Да питања нису постављана до идентификовања самог корена узрока, једноставно би био замењен осигурач и проблем би се убрзо опет појавио. У америчким погонима масовне производње аутомобила отклањање дефеката је захевало 20% фонда радног времена и 25% простора у погону (Womack, Jones, Roos 1990). Утицајем на смањење количине рада на отклањању дефеката и простора потребног за обављање ових послова, Тојотин пока-уока метод и шира овлашћења радника у вези са спречавањем дефеката су у потпуности допринели смањењу вишкова и губитака, и тиме имплементацији концепта lean производње.

Ишикава дијаграм, је метода која се користи за истраживање свих могућих узрока који могу довести до одређених последица. Ова метода се често назива и **Дијаграм узроци/последице** или **Дијаграм рибље кости**.



Слика 9. Пример Ишикава дијаграма који приказује узроке који доприносе појави проблема

Ишикава дијаграме је популаризовао 1960-их Каору Ишикава, који је био пионир процеса управљања квалитетом у бродоградилиштима Кавасаки, и у том процесу постао један од оснивача модерног менаџмента.

Проблем који треба решити, је приказан као глава рибе, окренута удесно, са узроцима који се протежу лево као ребра кости; ребра се гранају од кичме за главне узроке, са подгранама за основне узроке, на онолико нивоа колико је потребно. Анализа основног узрока има за циљ да открије кључне односе између различитих варијабли, а могући узроци пружају додатни увид у понашање процеса. Приказује узроке високог нивоа који доводе до проблема на који се наилази пружајући слику тренутне ситуације. Узроци се појављују анализом, често кроз сесије размишљања, и групишу се у категорије на главним гранама од ребра кости. Сваки потенцијални узрок се прати како би се пронашао основни узрок, често користећи технику “5 Зашто”.

Концепт доживотног заполења

Извор највећег броја шанси за успех јапанских компанија представља квалитет људских ресурса. Јапанске раднике карактерише висок ниво образованости, марљивост, централна позиција рада у систему вредности, амбициозност. Фактори у вези са људским ресурсима који су иницијално представљали претњу, а које је компанија успела да трансформише у шансу за унапређење сопствене конкурентности јесу снага синдиката и одсуство тзв. гостујућих радника (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977; Womack, Jones, Roos 1990). Наиме, остварена уз значајну подршку државе, значајна тековина синдикалне активности у Јапану након Другог светског рата јесте и концепт “доживотног заполења” и пракса повећања зараде сразмерно дужини стажа у једном предузећу. Ово је за последицу имало то да је највећи број јапанских радника читаву каријеру остваривао у једној компанији. За разлику од тржишта рада у западно- европским државама и САД, као носиоца дела понуде рада у Јапану није било тзв. гостујућих радника који би прихватили ниже плате и лошије услове рада. У окружењу у коме су радници били мотивисани да што дуже остану у једном предузећу, а да при томе нису суочени са понудом јефтинијег рада, за предузећа је логичан и економски рационалан циљ био потпуно искоришћење потенцијала људских ресурса. Такође,

менаџмент Тојоте је свестан чињенице да свест о доживотном запослењу у једној компанији може демотивисати раднике за унапређење и учење, као други основни циљ управљања људским ресурсима дефинисао мотивисање и стварање услова за континуирано учење. Остваривање кључних циљева управљања људским ресурсима у Тојота-и је постигнуто путем унапређења услова рада радника и повећања њихове партиципације. Дехуманизовање тешких радних операција њиховом аутоматизацијом је био један од првих корака у правцу унапређења услова рада радника (Сугимори, Кусуноки, Уохикава 1977). За разлику од приступа извршним радницима у масовној производњи – у којој се на раднике ангажоване на пословима монтаже гледа као на привремени ресурс, који треба да буде замењен у процесу аутоматизације, у Тојота-и су извршни радници добили третман који одговара њиховој улози у стварању вредности (Вомацк, Јонес, Роос 1990). Наиме, према схватању Охно-а, једино радници на монтажи додају вредност за купце, те им у складу са тим треба приступити при креирању услова рада. У том смислу је у компанији афирмисан приступ "Поштовање за људе" (Јауарам, Дас, Ницолае 2010). Додатни напор за унапређење радног окружења представљало је повећање смислености рада које је остварено елиминисањем непотребних радних операција. Наиме, у Тојота-и је уважен принцип да ће радници свој рад сматрати важним једино уколико виде да он доприноси додавању вредности готовом производу. Вишак рада и непотребни покрети не додају вредност и обесмишљавају рад па их треба елиминисати (Сугимори, Кусуноки, Уохикава 1977).

У Тојота-и је повећање партиципације радника у процесу стварања вредности остварено на неколико начина (Sugimori, Kusunoki, Uohikawa 1977). Један вид повећања партиципације се односио на повећање надлежности извршних радника када је у питању функционисање производне линије. Тиме што је радник имао права (и обавезу) да притиском на дугме заустави читаву линију уколико примети неки дефект или неки други проблем у раду своје линије, креирано је радно-афирмативно окружење у коме није конвејер тај који контролише и диктира ритам рада, већ радник. Афирмисање подстицајног радног окружења остварено је и тиме што је унапређена комуникација, па је сваки производни погон информисан о приоритетима и плановима производње, а онда је делегирање послова препуштено пословођама радионице. Коначно, допринос у елиминисању вишкова које идентификују постала је радна обавеза Тојота-иних радника (Black 2007). Афирмисањем значаја давања предлога, радници су у Тојота-и подстицани за континуиран допринос унапређењу пословања (Benders, Morita 2004). Такође, у окружењу у коме је сваки радник могао да заустави производну линију на сигнал одређеног дефекта а да при томе у систему нема залиха које би амортизовале овај прекид, изграђен је висок ниво свести радника о томе какав је значај фокусирања на посао и антиципирање проблема. Процес континуираног унапређења у Тојоти је познат под називом каизен (Liker 2004; Jayaram, Das, Nicolae 2010) и представља једну од најзначајних карактеристика ТПС.

Кључне ТПС стратегије су:

- **JUST-IN-TIME.** Испорука правих производа у правим количинама у право време без ослањања на залихе.
- **JIDOKA.** Постепено олакшавање оператерима употребу производних машина кроз аутоматизацију и аутоматско заустављање када дође до кvara.

- **GEMBA.** Фокусирање на стварно место где се рад обавља. У фабрици је то производни погон.
- **FLOW.** Отклањање прекида у кретању материјала и информација од добављача, преко фабрике и до купца.
- **KAIZEN.** Радити сваки дан на побољшању пословања.

JUST-IN-TIME. Право на време (ЈИТ) подразумева кратко време испоруке од добављача до фабрике, између операција унутар фабрике и између фабрике и купца. Реч је колико о квалитету, толико и о трошковима држања залиха. Са ЈИТ-ом, недостаци се одмах откривају, исправљају и пријављују у циљу спречавање понављања, односно у кратким циклусима учења.

JIDOKA. Јидока, значи „аутоматизација“ на свакодневном јапанском, али Тојотина јидока се често преводи као „аутоматизација са човеком додиром. Док је оригинални приступ аутоматизацији производње усредсређен на машине уз људску помоћ, Тојотин приступ је усмерен на човека и инкременталан. Без обзира на уложене износе у машинске ресурсе, њихова ефикасност зависи од способности људи да их користе. У литератури на енглеском језику, Тојотина јидока се често своди на једну од својих карактеристика: способност машина да се аутоматски зауставе када не функционишу. Иако ова тврдња не одговара овом много ширем концепту.

GEMBA. Гемба је јапанска реч која значи „стварно место“. Тржишне цене производа, трошкови материјала, енергије и спољних услуга су углавном ван утицаја конкретног произвођача. Приступ ТПС-а је да се уместо подизања цене производа, притиска на добављаче за уступке или куповине нових технологија да се тежи профитабилности путем побољшања рада у производном погону.

FLOW. Материјали би идеално требало да теку попут воде у реци, стабилним темпом, да свака јединица протиче са једне производне операције на другу. Попут тока у реци, где се јављају препреке и бране, у фабрици и ланцима снабдевања, настају прекиди производње или транспорта. У производњи проток материјала се остварује, где год је то могуће, постављајући машине и радне станице тако да излаз једне представља директан улаз у другу, као и постављањем интерфејса оператера близу тако да оператер може лако да прати низ машина или радних станица. Између производних линија унутар фабрике и/или ланца снабдевања ван фабрике, проток може бити подржан упозоравајућим сигнаlima за превенцију нагомилавања непотребних залиха.

Оваква концепција производње не само да смањује време испоруке, већ и убрзава откривање проблема квалитета. Фабрике имају више користи од побољшања онога што раде свакодневно, него од онога што раде ретко и насумично. Уместо да имамо приступ “one-size-fits-all” у изради производа без обзира на потражњу, треба применити различите политике производње за различите потражње за производима. Иста логика важи и за логистику у фабрици, логистику ланца снабдевања и одржавање.

ПОБОЉШАЊЕ (КАИЗЕН). Каизен је јапанска реч која значи „промена на боље“ – побољшање. У lean литератури то се назива континуираним побољшањем, што указује да је побољшање инкрементално и мора се стално пратити, без краја. Масовни произвођачи верују да су њихове фабрике, ако не оптималне, барем Парето оптималне, што значи да су перформансе у једној димензији могу побољшати само погоршањем других перформанси. На пример, компромис у квалитету: може се побољшати, али повећањем трошкова и одлагањем испорука. Кључни постулат ТПС-а је да, не постоји такав компромис и да увек можете да тежите истовременом побољшањем у свим димензијама учинка, што заправо значи елиминисање губитака.

Побољшање и оптимизација су два различита начина размишљања. Када се једном оптимизује процес, надаље се више не може побољшати. С друге стране, побољшање процеса подразумева континуирани процес. У концепту о побољшању уважено је да оптимални производни процес не постоји. Процес производње у фабрикама се увек може побољшати, а њихово побољшање је саставни део посла њених запослених.

Ствар је консензуса да је ТПС и даље најбољи начин за производњу аутомобила. Такође и у многим другим производним индустријама где се врши поступак склапања компонената, концепт ТПС је и даље најпознатији начин организовања производних операција. Овај концепт је успешно прилагођен у индустријама од производње комерцијалних авиона до намештаја, медицинских уређаја и робота.

Поједине компаније са поносом изјављују да користе концепт ТПС, док друге к не. Постоји неколико разлога за то:

- Произвођачи аутомобила не желе да рекламирају да користе систем конкуренције.
- Изван аутомобилске индустрије, није очигледно да је ТПС најбољи начин. Према искуству, менаџери и инжењери могу брзо да одбаце ТПС уколико производе замрзнуте лазање, авионе или било које друге производе осим аутомобила.
- Тојота нема монопол на добре идеје. Контрола квалитета брзих реакција (КРКЦ), на пример, је приступ менаџменту квалитетом код Nissan-а која је нашироко прихваћена, и не припада ТПС-у.

Муда, Мура и Мури – губици по Lean

Муда“, „Мура“ и „Мури“ су три кључна концепта lean производње, која су настала из Тојотиног производног система (ТПС). Ови концепти су фокусирани на идентификацију и елиминисање шкарта, неуједначености и преоптерећења у производним процесима како би се постигла већа ефикасност и квалитет. Ево на шта се сваки термин односи:

Муда: Муда се односи на било коју активност у оквиру процеса која не додаје вредност производу или услузи из перспективе купца. Ово укључује активности као што су прекомерна производња, чекање, непотребан транспорт, вишак залиха, прекомерна обрада, непотребно кретање и дефекти. Циљ идентификације и елиминације муда је да се поједноставе процеси и побољша ефикасност смањењем отпада.

Мура: Мура се односи на неуједначеност или недоследност у процесу производње. Може се манифестовати као флукуације у потражњи, неуједначено оптерећење или варијабилност у процесима. Мура може довести до неефикасности, преоптерећујући неке делове процеса док друге оставља неактивним. Смањењем муре, организације могу постићи глаткији ток производње, боље коришћење ресурса и побољшану реакцију на потражњу купаца.

Мури: Мури се односи на преоптерећење или оптерећење људи, опреме или процеса због превеликих или неразумних захтева. Ово може бити резултат покушаја да се произведе више него што систем може да поднесе или очекивања од радника да обављају задатке изван својих могућности. Мури може довести до грешака, незгода, смањене продуктивности и сагоревања запослених. Елиминација мурија укључује редизајнирање процеса, балансирање радног оптерећења и обезбеђивање одговарајућих ресурса за задовољење потражње без изазивања непотребног стреса.

Укратко, решавањем муда (шкарта), муре (неуједначености) и мури (преоптерећења), организације могу да оптимизују своје производне процесе, побољшају ефикасност, смање трошкове и побољшају општи квалитет и задовољство купаца. Ови концепти су фундаментални за принципе витке производње и континуирано побољшање у различитим индустријама.

3.8. Информационе технологије и оперативне технологије

Данас ниједан произвођач у индустријализованом свету не ради без рачунара. Али рачунари нису постојали као комерцијални производи до 1950-их. До тада су пословне трансакције и књиговодство рађени ручно уз оловку и папир, уз помоћ калкулатора и можда писаће машине. Планирање производње, распоређивање и контрола рађени су на папирним табелама или пратећи једноставна правила "тачке наручивања". Инжењерски цртежи су ручно рађени, а инжењерски прорачуни су рађени уз помоћ таблица за рачун, и људи који су само радили прорачуне. Рачунар је изумљен касних 1940-их и био је најважнија иновација од штампарске пресе. Променио је начин на који стварамо новац и плаћамо, играмо игрице, читамо књиге, добијамо дневне вести, возимо аутомобиле, пишемо, сликамо, правимо и гледамо филмове, дизајнирамо производе, итд., али је такође је нашао свој пут и у производњи.

Употреба рачунара омогућава менаџменту да се носи са много комплекснијим проблемима него што би могли ручном обрадом података. Као Оперативна технологија (ОТ) - рачунари могу да аутоматизују и прате физички рад.

Успех је био неухватљивији у функцијама управљања на високом нивоу које су доживеле низ генерација система од 1960-их: Планирање потреба у материјалу (МРП – Materials Requirements Planning), МРП затворене петље, Планирање производних ресурса (МРП II – Manufacturing Resource Planning), планирање ресурса предузећа (ЕРП - Enterprise Resource Planning) и засновано на облаку ЕРП. Ове генерације система прерасле су у индустрију вредну више милијарди долара. Упркос свим доступним ИТ-има, већина произвођачи се и даље ослања на Excel табеле да би заобишли ограничења својих ИТ система. Људи често мисле о рачунарима као о машинама попут свих других, али реалност је да су они квалитативно различите, а та програмибилност им омогућава да надмаше наменске алате. Њихове хардверске конфигурације чине паметне телефоне, системе за игре, лаптопове или индустријске контролере тако да само машта и таленат програмера ограничавају опсег услуга које могу да пруже.