



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА**

Савета Вукадиновић, мастер инжењер менаџмента

**РАЗВОЈ МОДЕЛА РАНОГ УПРАВЉАЊА
ИНЖЕЊЕРСКИМ ЉУДСКИМ РЕСУРСИМА У
LEAN ИНДУСТРИЈСКИМ СИСТЕМИМА**

Докторска дисертација

Ментор:

Др Иван Мачужић, ванредни професор

Крагујевац, 2019. година

ИДЕНТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ
I Аутор
Име и презиме: Савета Вукадиновић
Датум и место рођења: 28.04.1981.
Садашње запослење: Top Team - Агенција за организацију догађаја, Маркетинг менаџер
II Докторска дисертација
Наслов: Развој модела раног управљања инжењерским људским ресурсима у Lean индустријским системима
Број страница: 220
Број слика: 44
Број библиографских јединица: 359
Установа и место где је рад израђен: Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац
Научна област (УДК): 658.5; 005.96, Организација и планирање производње; Људски ресурси
Ментор: Др Иван Мачужић, ванредни професор
III Оцена и одбрана
Датум пријаве теме: 22.02.2017.
Број одлуке и датум прихватања теме докторске дисертације: 01-1/2095-18, 22.06.2017.
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата:
<ol style="list-style-type: none">1. Др Данијела Тадић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Производно машинство и Индустријски инжењеринг2. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Производно машинство и Индустријски инжењеринг3. Др Милан Ерић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научна област: Производно машинство4. Др Иван Бекер, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, уже научна област: Квалитет, ефективност и логистика5. Др Иван Мачужић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научна област: Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:
<ol style="list-style-type: none">1. Др Данијела Грачанин, доцент, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, уже научна област: Производни и услужни системи, организација и менаџмент2. Др Милан Ерић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научна област: Производно машинство3. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Производно машинство и Индустријски инжењеринг4. Др Данијела Тадић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Производно машинство и Индустријски инжењеринг5. Др Марко Ђапан, доцент, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научна област: Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент
Датум одбране докторске дисертације:

ПОСВЕТА

Мојој мајци
Јер све што јесам, дугујем Теби!

Предговор

Завршетак ове докторске дисертације резултат је искрене и несебичне подршке многих људи, којима се овим путем од срца захваљујем. Ипак, као посебно заслужног, морам истаћи свог ментора, Др. Ивана Мачужића, ванредног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, јер ме је неуморно водио, саветовао и усмеравао током читавог процеса израде докторске дисертације, био велика инспирација и стрпљива и драгоцена подршка.

Велику захвалност на корисним саветима, предлозима, примедбама и смерницама дугујем и члановима Комисије, и то:

- Др Данијели Грачанин, Факултет техничких наука, Универзитета у Новом Саду,*
- Др Милану Ерићу, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,*
- Др Миладину Стефановићу, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,*
- Др Данијели Тадић, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,*
- Др Марку Ђапану, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу.*

ХВАЛА ВАМ!

Савета Вукадиновић

РЕЗИМЕ

Основна сврха докторске дисертације је да укаже на додатну могућност за унапређење начина на који се третира људски фактор у Lean индустријским системима користећи принцип раног менаџмента у управљању људским ресурсима. Кандидат је представио модел и идеју Раног управљања људским ресурсима (EHRM модел), осмишљеног кроз интеграцију концепата Раног управљања и Развоја људских ресурса (концентрисан у пилару Развој људи у WCM, односно Образовање и обука у TPM системима).

Иновативан приступ проблему обезбеђивања, развоја и интеграције људских ресурса у Lean индустријске системе и стварање новог, побољшаног модела заснива се на примени основних принципа Lean производне филозофије. Принципи и идеје Lean-а кориштени су као платформа за унапређење процеса образовања и обуке, како би се постигао рационалан и оптималан систем, лишен свих облика губитака, расипања и нерационалног ангажовања људског рада.

Предложени EHRM модел неопходан је савременим Lean (WCM/TPM) индустријским системима да напусте свој тренутни пасиван приступ и, интензивирањем сарадње са образовним институцијама, активно се укључе у процес обезбеђивања, развоја и интеграције инжењерских људских ресурса потребног нивоа знања и компетенција. EHRM модел користи принцип вертикалног стартовања (VSU) како би омогућио драстично смањење времена од почетног развоја инжењерских људских ресурса у образовним институцијама до достизања њиховог пуног потенцијала и постизања жељеног нивоа компетенција пре стварног запошљавања у Lean индустријским системима.

На овај начин ће Lean предузећа спроводити рано управљање људским ресурсима кроз активно учешће у процесу обуке и образовања људског фактора у образовним институцијама и омогућити њихову ефективну и ефикасну транзицију из академског у индустријско окружење. Новозапослени инжењери ће већ при доласку у компанију почети да раде пуним капацитетом и неће бити потребне никакве додатне обуке. Тиме ће се решити актуелан и ургентан проблем неадекватног образовања и неусклађености између знања, вештина и компетенција које захтева индустрија и оних које поседују инжењерски људски ресурси након дипломирања.

Кључне речи: Lean системи, инжењерски људски ресурси, рано управљање људским ресурсима, сарадња образовања и индустрије

ABSTRACT

The main purpose of this PhD thesis was to point out at the additional possibility to improve the ways Human Factors are treated in Lean industrial systems using the Early Management principle in managing Human Resources. Therefore, the candidate has introduced the model and idea of Early Human Resources Management (EHRM model), which is designed through the integration of concepts of Early Management and Human Resources development (concentrated in the pillar of People Development in WCM and pillar Education and Training in TPM).

An innovative approach to the problem of providing, developing and integrating human resources into Lean industrial systems and designing a new, improved model is based on the application of fundamental principles of Lean manufacturing philosophy. Principles and ideas of Lean were used as a platform for improving training and education process in order to achieve a rational and optimal system, deprived of all forms of losses, dissipation and irrational engagement of human work.

The proposed EHRM model is a necessary for modern Lean (WCM/TPM) industrial systems to leave their current passive approach and, by intensifying cooperation with educational institutions, actively engage in the process of providing, developing and integrating engineering human resources of the required level of knowledge and competencies. EHRM model is using the Vertical start-up (VSU) principle to enable drastic reduction of time from initial development of engineering human resources at the educational institutions until reaching their full potential and achieving the desired level of competencies before actual employment in Lean industrial systems.

Thus, Lean companies will conduct Early Management of human resources throughout active participation in the process of human factor training and education at educational institutions and empower their effective and efficient transition from academic to industrial environment. New engineering employees will start operating at full capacity and no additional training will be needed upon arrival in the company. That way, the current and urgent problem of inadequate preparation and mismatch between the knowledge, skills, and competencies required by the industry and those possessed by engineering human resources right after graduation will be solved.

Keywords: Lean systems, Engineering Human Resources, Early Human Resources Management, Education-Industry cooperation

САДРЖАЈ

Списак скраћеница.....	10
Списак слика.....	12
Списак табела.....	14
1. Уводна разматрања.....	15
1.1. Предмет рада	15
1.2. Приказ проблематике	15
1.3. Научни циљ рада	18
1.4. Основне хипотезе од којих се полази	18
1.5. Методе истраживања.....	20
1.6. Очекивани резултати.....	20
1.7. Оквирни садржај рада	21
2. Примена Lean-а у области образовања и образовање за Lean	23
2.1. Основе Lean филозофије	23
2.2. Потреба за увођењем Lean филозофије у сектор образовања	23
2.2.1. Преглед литературе о примени Lean-а у образовању	26
2.2.2. Lean универзитети и асоцијације	28
2.2.3. Lean концепт у образовању у Србији.....	29
2.2.4. Lean у високом образовању и Lean у другим секторима	30
2.2.5. Lean и процеси/активности у образовању	33
2.2.6. Lean и губици у образовању.....	34
2.2.7. Lean модели у сектору услуга	35
2.2.8. Примена pull принципа у високом образовању.....	38
2.2.9. Фактори успешне имплементације Lean-а у образовању	40
2.3. образовање за Lean	41
2.3.1. Компетенције инжењера за рад у Lean предузећима	43
2.3.2. Преглед литературе о вештинама инжењера.....	44
2.3.3. Јаз између жељених и стварних вештина инжењера.....	47
2.3.4. Припрема инжењера за рад у Lean предузећима.....	49
2.3.5. Lean у инжењерским курикулумима.....	51
2.3.6. Критеријуми инжењерских удружења и асоцијација.....	54
2.3.7. Изабрани модели инжењерских компетенција.....	56
2.3.8. Препоручена истраживања о инжењерским компетенцијама	63
2.3.9. Профил инжењера 21. века.....	72
2.3.10. Компетенције за целоживотно учење	75

3. Анализа модела сарадње факултета и индустрије у области образовања.....	77
3.1. Фабрика за учење (Learning factory)	77
3.1.1. Настанак фабрика за учење	79
3.1.2. Типови фабрике за учење	80
3.1.3. Дигитална фабрика за учење	83
3.1.4. Предности и ограничења фабрика за учење	85
3.1.5. Пренос знања у фабрици за учење	88
3.1.6. Виртуелно окружење и фабрика за учење 2.0.	89
3.2. Кооперативно образовање (Co-operative education)	90
3.2.1. Настанак кооперативног образовања.....	91
3.2.2. Приступу кооперативном образовању.....	92
3.2.3. Предности и ограничења кооперативног образовања.....	94
3.2.4. Пренос знања у кооперативном образовању	96
3.3. Хитозукури и Монозукури.....	97
3.3.1. Настанак и развој Хитозукури и Монозукури приступа.....	97
3.3.2. Narada метод за развој људских ресурса	99
3.3.3. Истраживање за развој (R4D) и Хитозукури/Монозукури	101
3.3.5. Хитозукури програми.....	104
3.3.6. Предности Хитозукури/Монозукури програма.....	105
3.4. Дуално образовање.....	106
3.4.1. Настанак дуалног образовања.....	108
3.4.2. Дуално образовање у Немачкој - преглед стања	109
3.4.3. Предности и ограничења дуалног образовања	111
3.4.4. Могућност имплементације дуалног образовања у Србији	114
4. Производња светске класе	117
4.1. Преглед литературе о производњи светске класе	117
4.2. WCM модели	119
4.3. Предузећа светске класе.....	121
4.4. WCM пилари и имплементација.....	122
4.4.1. Пилар развој људских ресурса	126
5. Развој модела раног управљања инжењерским људским ресурсима	128
5.1. Lean концепти у индустријским системима.....	129
5.2. Улога људских ресурса у Lean системима	130
5.2.1. Ергономија и безбедности на раду у Lean системима.....	131
5.3. Људски ресурси у WCM/TPM системима	133
5.4. Рано управљање у WCM/TPM системима.....	134

5.5. Рано управљање људским ресурсима у Lean системима.....	138
5.6. Развој EHRM модела.....	140
5.7. Значај EHRM модела.....	143
6. Приказ метода, алата и могућности за имплементацију EHRM модела	145
6.1. Кораци у имплементацији EHRM модела.....	145
6.1.1. Реактивни кораци EHRM модела - Концепт "1-2-3"	145
6.1.2. Превентивни кораци EHRM модела	164
6.1.3. Проактивни кораци EHRM модела.....	171
6.2. Препоручене методе учења при имплементацији EHRM модела	182
6.2.1. Problem-based learning - учење кроз решавање проблема	182
6.2.2. Project-based learning - учење кроз пројекте	183
6.2.3. Студије случајева и сценарија.....	184
6.2.4. E-learning - електронско учење	185
6.2.5. Game-based learning (учење кроз игру) и гејмификација	186
6.2.6. Симулације.....	187
6.2.7. Lifelong learning - целоживотно учење	187
6.3. Препоручени едукативни алати примењиви у EHRM моделу	188
6.4. Могућности примене EHRM модела.....	190
7. Закључна разматрања	194
7.1. Валидација основних хипотеза	195
7.2. Ограничења модела и правци даљих истраживања	198
ЛИТЕРАТУРА.....	200

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА:

АВЕТ - енгл. Accreditation Board for Engineering and Technology (Одбор за акредитацију у инжењерству и технологији)

СИМ - енгл. Computer Integrated Manufacturing (Компјутерски интегрисана производња)

СО-ОР - енгл. Co-operative (кооперативно)

Е&Т - енгл. Education & Training (Едукација и тренинг, образовање и обука)

ЕЕМ - енгл. Early Equipment Management (Рано управљање опремом)

ЕHRM - енгл. Early Human Resources Management (Рано управљање људским ресурсима)

ЕМ - енгл. Early Management (Рано управљање)

ЕРМ - енгл. Early Product Management (Рано управљање производима)

ЕUR-АСЕ - енгл. European Accreditation Board for Engineering Education (Европски одбор за акредитацију инжењерског образовања)

ГИЗ - нем. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Немачка организација за међународну сарадњу)

GPC - енгл. Global Production Center (Глобални производни центар)

HR - енгл. Human Resources (Људски ресурси)

HRD - engl. Human Resources Development (Развој људских ресурса)

HRM - енгл. Human Resources Management (Управљање људским ресурсима)

ICU - енгл. Innovative, Creative and Unique (иновативан, креативан, јединствен)

IEA - енгл. International Engineering Alliance (Интернационална асоцијација инжењера)

IR4TD - енгл. Institute of Research for Technology Development (Институт истраживања за технолошки развој)

JIT - енгл. Just-in-Time (тачно на време)

LAI EdNet - енгл. Lean Aerospace Initiative Educational Network (Образовна мрежа за Lean иницијативе)

LCC - енгл. Life Cycle Costs (Трошкови животног циклуса)

LEAN - енгл. Lean Education Academic Network (Lean образовна академска мрежа)

LeanHE - енгл. Lean Higher Education (Lean високо образовање)

LEI - енгл. Lean Enterprise Institute (Lean институт за предузећа)

LERC - енгл. Lean Enterprise Research Center (Истраживачки центар за Lean предузећа)

LLL - енгл. Lifelong learning (Целоживотно учење)

LMS - енгл. Learning Management System (Систем за управљање учењем)

МЕЕР - енгл. Manufacturing Engineering Education Partnership (Партнерство за образовање производних инжењера)

MP - енгл. Maintenance Prevention (Превентивно одржавање)

NAE - енгл. National Academy of Engineering (Национална инжењерска академија)

- NAM - енгл. National Association of Manufactures (Национална асоцијација произвођача)
- NIL - енгл. Network of Innovative Learning Factories (Мрежа иновативних фабрика за учење)
- NSF - енгл. National Science Foundation (Национална научна фондација)
- OHS - енгл. Occupational Health and Safety (Здравље и безбедности на раду)
- PBL - енгл. Problem-based learning (Учење кроз решавање проблема)
- PD - енгл. People Development (Развој људи)
- PDCA - енгл. Plan-Do-Check-Act (Планирај-Уради-Провери-Реагуј)
- QA - енгл. Quality Assurance (Осигурање квалитета)
- R&D - енгл. Research and Development (Истраживање и развој)
- R4D - енгл. Research for Development (Истраживање за развој)
- RAE - енгл. Royal Academy of Engineering (Краљевска инжењерска академија)
- SBL - енгл. Scenario-based learning (Учење кроз сценарија)
- SHEIN - енгл. Scottish Higher Education Improvement Network (Мрежа за унапређење високог образовања Шкотске)
- TCS - енгл. Toyota Communication Skills (Тојотине комуникацијске вештине)
- TJI - енгл. Toyota Job Instruction (Тојотине инструкције за посао)
- TPI - енгл. Total People Involment (Укључивање свих запослених)
- TPM - енгл. Total Productive Maintenance/Total Productive Manufacturing (Тотално продуктивно одржавање/Тотална продуктивна производња)
- TPS - енгл. Toyota Production Systems (Тојота производни системи)
- TQC - енгл. Total Quality Control - (Укупна контрола квалитета)
- TQM - енгл. Total Quality Mngement (Менаџмент укупног квалитета)
- TTEP - енгл. Toyota Technical Education Program (Тојотин програм техничког образовања)
- TWI - енгл. Training Within Industry (Индустријска обука)
- UNDP - енгл. United Nations Development Programme (Развојни програм Уједињених ација)
- VSU - енгл. Vertical start-up (Вертикално стартовање)
- WCM - енгл. World Class Manufacturing (Производња светске класе)
- WIL - енгл. Work-Integrated-Learning (Учење на радном месту, учење кроз рад)
- ИТ - Информационе технологије
- САД - Сједињене Америчке Државе
- УК - Уједињено Краљевство

СПИСАК СЛИКА:

Слика 2.1 Модел Lean леденог брега	36
Слика 2.2 Модел Lean куће у јавном сектору	37
Слика 2.3 Модел Lean куће у академском окружењу.....	38
Слика 2.4 Процес учења у Pull систему	39
Слика 2.5 Приказ Pull система у образовању	40
Слика 2.6 (Не)задовољство послодаваца вештинама дипломираних студената	48
Слика 2.7 Облици сарадње образовања и индустрије	50
Слика 2.8 DRAFT модел инжењерских компетенција	59
Слика 2.9 Модел интеракције инжењерских компетенција	60
Слика 2.10 3D модел инжењерских компетенција	62
Слика 2.11 Атрибути идеалног инжењера	66
Слика 2.12 Компетенције неопходне инжењерима у производним предузећима.....	68
Слика 2.13 Компетенције за додатну обуку - мишљење менаџера.....	69
Слика 2.14 Компетенције за додатну обуку - мишљење запослених	69
Слика 2.15 Компетенције за целоживотно учење.....	76
Слика 3.1 Бенефити фабрика за учење.....	87
Слика 3.2 Фазе Nagada метода	100
Слика 3.3 Партнерство на релацији IR4TD-индустрија	102
Слика 3.4 IR4TD и Хитозукури/Монозукури	103
Слика 3.5 Партнерства универзитета и индустрије за win-win резултате	103
Слика 3.6 Тојотин систем за глобални развој људских ресурса	105
Слика 4.1 Schonberger-ов WCM модел.....	119
Слика 4.2 Fiat-ов WCM модел.....	120
Слика 4.3 Пилари WCM куће	122
Слика 4.4 Дијаграм тока WCM имплементације	125
Слика 4.5 Модел WCM дрвета	125
Слика 4.6 Кораци у имплементацији WCM пилара	126
Слика 4.7 Кораци пилара Развој људских ресурса	127
Слика 5.1 Традиционалан и вертикални старт.....	138
Слика 5.2 Фокус раног управљања	141

Слика 5.3 Модел Раног управљања људским ресурсима	143
Слика 6.1 Геп у компетенцијама Кандидата 1	151
Слика 6.2 Геп у компетенцијама Кандидата 2	151
Слика 6.3 Компетенције Кандидата 1 након обуке	155
Слика 6.4 Компетенције Кандидата 2 након обуке	156
Слика 6.5 Главна табла Пројектни тим	160
Слика 6.6 Табла Пројекат 1 са припадајућим листама и картицама.....	161
Слика 6.7 Картица Активност 1 са припадајућим карактеристикама.....	162
Слика 6.8 Пример персонализоване табле	163
Слика 6.9 Модуларна конфигурација фабрике за учење.....	170
Слика 6.10 Знање о пиларима Кандидата 1	177
Слика 6.11 Академија за целоживотно образовање	180
Слика 6.12 Кораци и активности EHRM модела	181
Слика 6.13 Активности PDCA циклуса	191

СПИСАК ТАБЕЛА:

Табела 2.1	Аналогија улога елемената система у индустрији и високом образовању	32
Табела 2.2	Аналогија губитака у индустрији и образовању.....	34
Табела 2.3	Примери губитака у високом образовању	35
Табела 2.4	Кључне области за успешну имплементацију Lean програма	52
Табела 2.5	Кључни Lean концепти и алати по мишљењу индустрије	53
Табела 2.6	Siemens-ов модел инжењерских компетенција.....	63
Табела 2.7 (наставак)	Siemens-ов модел инжењерских компетенција	64
Табела 2.8	Генеричке вештине и атрибути инжењера.....	66
Табела 2.9	Геп у инжењерским вештинама	68
Табела 2.10	Компетенције инжењера доктораната.....	70
Табела 2.11 (наставак)	Компетенције инжењера доктораната.....	71
Табела 2.12	Гепови у компетенцијама инжењера доктораната.....	72
Табела 2.13	Атрибути инжењера 21. века.....	75
Табела 3.1	Компарација дигиталне и физичке фабрике за учење	84
Табела 3.2 (наставак)	Компарација дигиталне и физичке фабрика за учење	85
Табела 3.3	Приступи увођењу дуалног образовања	115
Табела 3.4	Кључне компоненте модерног дуалног система образовања.....	115
Табела 6.1	Укупни резултати пријављених кандидата.....	147
Табела 6.2	Приказ тренутног ниво компетенција свих кандидата (пре обуке)	150
Табела 6.3	Наставни модули теоријске обуке EHRM модела	153
Табела 6.4	Приказ нивоа компетенција свих кандидата (након обуке)	157
Табела 6.5	Гантограм Пројекта 1.....	159
Табела 6.6	Симболи за процену инжењерских компетенција	167
Табела 6.7	Лична матрица компетенција Кандидата 1	168
Табела 6.8	Матрица инжењерских компетенција пре индустријске обуке	168
Табела 6.9	Потребан ниво знања о пиларима за свако радно место	175
Табела 6.10	Примена Lean алата у WCM пиларима.....	176
Табела 6.11	Активности PDCA циклуса у EHRM моделу	192

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1.1. Предмет рада

Дефинисан и проактиван приступ управљању инжењерским људским ресурсима је један од најважнијих елемената пословне стратегије индустријских система организованих на Lean принципима управљања производним и пословним процесима. Обезбеђивање инжењерских људских ресурса потребног нивоа знања и компетенција, у континуитету и усаглашено са пројектованим правцима и динамиком развоја Lean индустријских система, представља кључан предуслов за остварење конкурентске предности на све захтевнијем глобалном тржишту.

Полазећи од дефинисаних премиса и имајући у виду све недостатке традиционалног приступа и принципа обезбеђења и развоја људских ресурса, пре свега инжењерских, неопходних за функционисање савремених индустријских система, намеће се потреба за редефинисањем приступа овом изузетно важном питању и изналажењу нових модела који би задовољили захтеве на којима инсистирају концепт индустрије 4.0, филозофија Lean и производња светске класе. Предузећа која препознају наведене потребе и императиве, све више су принуђена да претходни, пасивни приступ корисника расположивих инжењерских кадрова на тржишту рада, замене активним укључивањем у процес развоја инжењерских људских ресурса и њиховог прилагођавања специфичним захтевима које намеће динамично индустријско и пословно окружење 21. века. Остваривање ових циљева подразумева и потребу за увођењем значајних измена у модалитетима односа и сарадње између институција високог образовања, као носиоца процеса едукације инжењера, и индустрије, као корисника инжењерских људских ресурса, како би се успоставила нова платформа и партнерство у едукационом процесу. Уједно ће и сам образовни процес достићи виши ниво квалитета и функционалности, уз постизање вишеструких користи за обе стране, као учеснике у едукацији.

1.2. Приказ проблематике

Партнерство индустрије и институција високог образовања у делу који се односи на реализацију и унапређење едукационог процеса, представља тему која је већ дуги низ година у фокусу пажње, како научника из академског окружења, тако и стручњака из индустрије. Овакав повећан ниво интересовања и осећај неопходности заједничког рада и ангажовања, резултирао је појавом читавог низа модела који су, са већим или мањим успехом, представљени и тестирани у индустријским системима и институцијама високог образовања широм света. Сваки од ових модела имао је врло сличне полазне претпоставке и дефинисане циљеве, при чему су се разлике огледале у методама остварења постављених циљева, активностима неопходним за реализацију процеса образовања, као и размери учешћа фактора процеса образовања у едукационом процесу.

Чињеница да смо и данас далеко од усвајања и имплементације једног, глобално прихваћеног модела партнерства индустрије и образовних институција у сфери едукације, довољно говори у прилог тези да је ова тематска област и даље изузетно актуелна и да се у наредним годинама може очекивати још већи пораст интересовања за унапређење постојећих и развој нових модела и приступа.

Имајући у виду да је даљи развој савремених индустријских система апсолутно условљен расположивошћу квалификованих и едукованих људских ресурса, и то пре свега инжењерских, може се закључити да ће се управо у овом сегменту преламати интереси индустријских система и друштвене заједнице у ширем смислу. Самим тим, може се очекивати подизање поменуте проблематике на ниво суштинског питања од регионалног, националног и глобалног значаја. На изнесену тврдњу додатно утиче и јасан тренд повећања конкурентности и тражње на тржишту високо образованих инжењерских кадрова, из чега произилази њихова појачана флукуација на локалном, националном и интернационалном нивоу.

Иновативни приступ проблему обезбеђивања, развоја и интеграције инжењерских људских ресурса у Lean индустријским системима и пројектовању новог, унапређеног модела, који је предмет рада ове дисертације, базиран је на примени фундаменталних принципа Lean производне филозофије. Тежиште овако дефинисаног побољшаног модела развоја и управљања инжењерским људским ресурсима биће на методама, алатима и приступима који се користе у развијеним Lean индустријским концептима, као што су Производња светске класе (WCM - World Class Manufacturing) и Тотално продуктивно одржавање, односно Тотална продуктивна производња (TPM - Total Productive Maintenance/Total Productive Manufacturing).

Евидентно је да Lean производна филозофија и искуства Lean индустријских система у управљању људским ресурсима пружају значајну теоријску и практичну основу која може послужити за редефинисање модела и приступа едукацији инжењера, како са стране индустрије, тако и са стране институција високог образовања. Бројни литературни изводи, кориштени приликом проучавања поменуте проблематике, потврђују чињеницу да се овде ради о двосмерном и међусобном комплексном утицају и зависности, са јасно израженим и обостраним позитивним ефектима и беневитима.

С једне стране, образовање инжењера за Lean индустријске системе представља растући изазов за институције високог образовања, посебно имајући у виду чињеницу да су овакви индустријски системи за релативно кратак временски период постали доминантан облик организације производње и пословања, прелазећи пут од издвојених ексклузивних примера до препорученог правила за предузећа свих величина и профила. Све ово пратило је и подизање нивоа тражених знања и компетенција које треба да поседују инжењери како би били квалификовани за рад у Lean индустријским системима. Све већа очекивања у погледу потребних инжењерских знања и компетенција су директно и индиректно утицала на промене и прилагођавања институција високог образовања, које су овакве дисбалансе између понуде и тражње на тржишту инжењерских кадрова, на време препознале и прихватиле.

С друге стране, принципи и идеје Lean филозофије представљају значајан ресурс и платформу за унапређење процеса образовања кроз редефинисање приступа и метода у циљу постизања рационалног и оптималног система који је лишен свих облика губитака, расипања и уопште нерационалног ангажовања и рада наставника и студената. Ефективност, као кључан индикатор перформанси савремених индустријских система постаје данас, више него икад, и један од кључних индикатора функционисања образовних система и институција, обзиром да се и они суочавају са појачаним изазовима тржишта и растућом конкуренцијом.

Развијене пиларске структуре WCM и TPM индустријских система, који су базирани и инспирисани Lean производном филозофијом и представљају глобално прихваћене моделе за управљање производним и пословним процесима у индустријским системима, уједно су и додатни потенцијални извор и инспирација за развој елемената унапређеног модела за управљање инжењерским људским ресурсима.

Тежиште активности усмерених ка развоју људских ресурса сконцентрисано је у пилару People development (развој људи) у оквиру WCM система, односно пилару Education & Training (образовање и обука) у оквиру TPM система. Циљ ових активности је боље искоришћење и унапређење расположивих људских потенцијала, кроз увођење принципа укључивања свих запослених и принципа континуираног побољшања (Kaizen). People development и Education & Training пилари такође обухватају и активности на подизању нивоа знања и компетенција запослених кроз спровођење циљаних програма тренинга и едукација.

Потребно је истаћи и да се напредне методе управљања кључним ресурсима (производи и производна опрема) у оквиру индустријских система WCM и TPM, обједињавају, развијају, разрађују и имплементирају кроз пилар Раног управљања (*Early Management - EM*) који има два саставна елемента - Рано управљање производима (*Early Product Management - EPM*) и Рано управљање опремом (*Early Equipment Management - EEM*). Основни циљ активности у оквиру EPM/EEM пилара јесте да се значајно редукује време од иницијалног развоја новог производа, односно производне опреме, до пуног производног капацитета уз остварење принципа вертикалног стартовања (VSU - Vertical start-up). Вертикално стартовање представља начин достизања пројектованог и жељеног нивоа перформанси на почетку рада са новом опремом или новим производима, практично вертикалном узлазном линијом. Активности које омогућавају вертикално стартовање фазно су померене у односу на тренутак стартовања производње са новом опремом или стартовање производње новог производа на постојећој опреми. На овај начин обезбеђена је одговарајућа припрема, прилагођавање радног окружења, обука кадрова, припрема документације, алата и прибора, превентивна анализа слабости и утврђивање потенцијалних проблема и уских грла са циљем спровођења одговарајућих превентивних и проактивних активности које треба да их спрече. При раду на дисертацији, биће извршена критичка анализа и систематизација бројних литературних извора који разматрају теоријска и практична истраживања у домену представљене проблематике.

1.3. Научни циљ рада

И поред тога што људски ресурси, без икакве сумње, представљају један од кључних елемената у сваком индустријском систему, до сада није било покушаја да се концепт и идеја раног управљања (*Early Management - EM*) искористи и употреби и у овом сегменту пословања. Прегледом доступне научне и стручне литературе и кроз консултације са експертима из индустрије који поседују завидно искуство у имплементацији индустријских система заснованих на WCM и TPM методологији, нису пронађени било какви писани изводи који би указивали на то да је концепт, који би се могао назвати Рано управљање људским ресурсима (*Early Human Resources Management - EHRM*) представљен научној и стручној јавности и публикован на одговарајући начин. Полазећи од тога да се ради о оригиналној идеји, јасно утемељеној у постојећим научним сазнањима и индустријској пракси, рад на дисертацији са предложеном темом имаће за резултат предлог оригиналног модела раног управљања, пре свега, инжењерским људским ресурсима који би био потпуно примењив у Lean (WCM/TPM) индустријским системима.

Остваривање основног циља докторске дисертације, реализује се кроз следеће парцијалне циљеве:

- анализа и дефинисање могућих позитивних утицаја Lean концепта на процес образовања
- дефинисање очекиваног нивоа знања и компетенција неопходних инжењерима за рад у савременим Lean индустријским системима
- утврђивање дисбаланса између очекиваног и процењеног нивоа знања и компетенција инжењера установљеног на основу детаљног истраживања литературе и консултација са експертима из релевантних области запослених у савременим индустријским системима на ширем подручју Крагујевца, Београда и Новог Сада,
- дефинисање предлога методологије, алгоритама и препоручених корака за увођење и примену концепта раног управљања развојем људских ресурса, са посебним нагласком на инжењерски кадар, на основу критичке анализе предности и ограничења постојећих модела сарадње институција високог образовања и индустрије.

1.4. Основне хипотезе од којих се полази

Основне полазне хипотезе при изради докторске дисертације су следеће:

Успешно позиционирање на тржишту и развојне перспективе Lean индустријских система директно су зависни од нивоа опитних и специфичних знања, вештина и компетенција које поседују ангажовани инжењерски људски ресурси од који се очекује висока флексибилност, креативност и способност прихватања захтева које намеће концепт производње светске класе у најкраћем могућем временском року.

Успех у економијама заснованим на знању у великој мери зависи од могућности људи, посебно инжењера, који могу да препознају и разумеју комплексне проблеме са којима се суочавају савремени пословни системи и поседују способности, знања и вештине неопходне да се дефинишу и имплементирају одговарајуће корективне, превентивне и проактивне мере. Leap индустријски и пословни системи уопште, који постају доминантни и подразумевајући облик организовања и управљања предузећима, намећу и додатне захтеве и подижу лествицу очекивања полазећи од постављених критеријума производње и пословања светске класе. Осим стандардних знања и вештина од будућих инжењера се очекује и читав низ додатних, софистицираних и комплексних способности и компетентности, уз инсистирање на флексибилности и способности за рад у различитим окружењима и на врло разнородним пословима, за разлику од традиционалног приступа који подразумева уско стручну специјализацију. Додатно, Leap индустријски системи, фокусирани на принципе континуираног и систематског рада на смањивању губитака, дефинишу и захтев да се сви кадрови максимално брзо, по свом доласку у предузеће, уклопе у постављени систем.

Заједнички рад институција високог образовања и предузећа на побољшавању услова и начина за ефикасну и ефективну транзицију из академског у индустријско окружење, представља један од најзначајнијих ресурса за унапређење инжењерског едукационог процеса у целини.

Пораст интересовања предузећа за процес високог образовања, у коме се формирају њихови будући кадрови је евидентан и континуиран. Ово је посебно интензивно код предузећа у области индустрије која, имајући у виду динамичност промена и интензиван технолошки напредак, стављају обезбеђивање адекватних инжењерских људских ресурса у сам фокус својих пословних планова и стратегија развоја. Сарадња индустрије и институција високог образовања резултирала је читавим низом различитих модела и програма сарадње, у области образовања будућих инжењера, али је такође евидентно да је дефинисање стандардизованог и широко прихваћеног модела још увек далеко.

Полазећи од детаљне и критичке анализе претходно развијених модела, узимајући у обзир динамичност промена и подизање захтева индустрије, као и основе Leap филозофије, могуће је извршити редефинисање комплексне базе полазних претпоставки, развојних праваца и ограничења. Тако формирана платформа може послужити као основ за свеобухватно унапређење инжењерског едукационог процеса, посебно у његовим завршним фазама и периоду транзиције инжењера из академског окружења у индустрију, како би се обезбедила њихова адекватна припрема за мултидисциплинарну природу проблема и изазове са којима ће се свакодневно суочавати у савременим индустријским системима.

Методологија и принципи раног управљања представљају перспективан и до сада неискоришћен концепт за увођење новог приступа едукацији инжењера у завршним фазама школовања и редефинисање модела сарадње институција високог образовања и индустрије.

Резултати значајаног броја спроведених научних истраживања идентификују неусклађеност између знања, вештина и компетенција које захтева индустрија и оних које поседују инжењери непосредно након дипломирања. Бројни су разлози који индукују неадекватну припремљеност инжењера за своју будућу професију, што за последица има дужи период њихове интеграције у индустријско окружење и остварене резултате који су испод дефинисаних очекивања и планираних потреба предузећа. Концепт Раног управљања људским ресурсима интегрише напредни и прихваћен индустријски метод управљања ресурсима и позитивне, доказано ефикасне елементе постојећих модела сарадње индустрије и институција високог образовања у кохерентну стратегију која може допринети смањивању јаза између очекиваних и реалних перформанси инжењерских људских ресурса у раној фази професионалне каријере. Имплементацијом овог концепта побољшавају се сарадња, комуникација и трансфер знања између индустрије и универзитета и омогућава се унапређење инжењерских курикулума и њихово грађење око фокуса развоја апликативних вештина, знања и метода.

1.5. Методе истраживања

У складу са претходно наведеним и постављеним циљевима докторске дисертације, методологија која се користи у раду обухвата квалитативну и квантитативну димензију. У квалитативном делу примењене су методе анализе и синтезе. Теоријска истраживања базирана су на секундарним подацима и анализи релевантних научних и стручних литературних извора, те обухватају елементе дескрипције, класификације, експланације и предвиђања. За анализу предности и недостатака до сада приказаних и тестираних модела сарадње индустрије и академских институција, која је послужила као основа за развој новог модела, користе се принципи SWOT анализе, док се GAP анализа примењује за установљавање разлика које постоје у нивоу стварних и потребних компетенција инжењера за рад у савременим индустријским системима. Резултати до којих ће се дошло истраживањем нивоа знања и компетенција инжењерских људских ресурса запослених у савременим индустријским системима на ширем подручју Крагујевца, Београда и Новог Сада, приказани су аналитичким табелама, матрицама и радар дијаграмима. За прикупљање података кориштене су методе упитника и интервјуа, а за обраду Microsoft Office Excel софтвер.

1.6. Очекивани резултати

Рад на дисертацији обухватио је истраживање и критичку научну анализу предности и недостатака постојећих модела сарадње индустрије и институција високог образовања и могућности за њихово унапређење кроз имплементацију принципа раног управљања.

Поред научног доприноса кроз унапређење теоријске основе и дефинисање оригиналног приступа веома актуелном проблему, у дисертацији су, кроз анализу и истраживање критеријума и ограничења, дефинисани и предлози методологија,

алгоритама и препоручених корака за увођење и примену концепта раног управљања у развоју људских ресурса, са посебним нагласком на инжењерски кадар. Резултат рада на докторској дисертацији кандидата има, дакле, своју јасно дефинисану научну вредност, док у практичном смислу представља обострано прихватљиву платформу која може послужити за редефинисање партнерства у едукацији на релацији индустрија - институције високог образовања.

1.7. Оквирни садржај рада

У уводном делу дат је осврт на значај који образовање поседује за сваки сегмент људског живота и рада, али и потребу да институције високог образовања, кроз унапређење сарадње са индустријом, адекватније и брже реагују на промене у окружењу, испоручујући људске ресурсе који по структури и квалитету одговарају потребама тржишта рада и друштва заснованог на знању. Представљени су и проблем, предмет и циљеви дисертације, приказане полазне хипотезе и методе које су кориштене у истраживању, као и очекивани резултати дисертације.

У другом поглављу представљени су основни принципи и могући правци за унапређење образовања кроз примену Lean концепта и извршен преглед литературе о Lean образовању. Извршено је поређење примене Lean-а у области образовања у односу на друге секторе, приказани најзначајнији фактори имплементације Lean-а, представљени најпознатији Lean универзитети и асоцијације. Приказани су и резултати досадашњих истраживања о знањима и компетенцијама инжењера за рад у савременим индустријским системима и указано на евидентан дисбаланс између стварних и потребних компетенција. Анализирана је заступљеност Lean-а у курикулумима образовних институција, наведени највећи изазови у образовању инжењера и представљен профил идеалног инжењера 21. века.

У трећем поглављу докторске дисертације истакнути су закључци свеобухватне и детаљне анализе доступних података о развијеним моделима сарадње институција високог образовања и индустрије у области образовања. Кроз идентификацију остварених позитивних резултата и утврђених недостатака већ постојећих модела поменуте сарадње, до којих се дошло уз примену SWOT анализе, формирана је база препоручених и у пракси доказаних приступа, метода и принципа који су кориштени за развој новог модела.

У четвртом поглављу дисертације представљен је WCM концепт управљања производњом, систематизована досадашња истраживања у овој области и приказана WCM пиларска структура, са посебним освртом на пиларе Развој људских ресурса (*People development*) и Рано управљање (*Early Management*), који су од круцијалног значаја за даљи ток докторске дисертације. Пилар Развој људских ресурса усмерен је на подизање нивоа знања и компетенција запослених спровођењем циљаних програма тренинга и едукација, док пилар Рано управљање значајно редукује време потребно за

достизање пуног производног капацитета применом принципа вертикалног стартовања (*VSU - Vertical start up*).

У петом поглављу је, кроз интеграцију концепата и идеја раног управљања (*Early Management - EM*) и развоја људских ресурса, концентрисаних у пилару *People development WCM* система, односно пилару *Education & Training TPM* система, представљен модел Раног управљања инжењерским људским ресурсима, односно *EHRM (Early Human Resources Management)* модел. Предложени *EHRM* модел је оквир неопходан савременим *Lean (WCM/TPM)* индустријским системима да напусте свој тренутни пасивни приступ, и уз интензивирање сарадње са институцијама високог образовања, активно се укључе у процес обезбеђивања, развоја и интеграције инжењерских људских ресурса потребног нивоа знања и компетенција. Представљени су и алгоритми и препоручени кораци за увођење *EHRM* модела, који се заснивају на *Early Management* парадигми.

Шесто поглавље се бави алатима, методама и могућностима за имплементацију предложеног модела Раног управљања инжењерским људским ресурсима, као једним од могућих приступа проблему унапређења едукационог процеса, кроз редефинисање партнерства на релацији савремени индустријски системи - институције високог образовања. На основу детаљне анализе предности и недостатака до сада приказаних и тестираних модела сарадње индустрије и академских институција, као и могућности за њихово унапређење, предложена је методологија имплементације, као и алати који се користе у *EHRM* моделу.

У делу закључних разматрања дисертације презентована су запажања о проблему развоја инжењерских људских ресурса потребног нивоа знања и компетенција. Извршена је и анализа постављених хипотеза, као и резултата добијених на основу истраживања о могућностима примене предложеног модела Раног управљања инжењерским људским ресурсима у савременим индустријским системима. Истакнут је допринос докторске дисертације, уз осврт на потенцијална ограничења модела и предложени правци даљих истраживања у овој научној области, односно могућности за даље унапређење предложеног *EHRM* модела.

2. ПРИМЕНА LEAN-А У ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАЊА И ОБРАЗОВАЊЕ ЗА LEAN

2.1. Основе Lean филозофије

Lean се често дефинише као концепт усмерен на смањење губитака и континуирано унапређење процеса (Womack & Jones 1996). Филозофија Lean проистекла је из Тојота Производних Система (енгл. Toyota Production Systems - TPS), а сачињавају је два основна елемента: унапређење процеса (како би се максимизирала вредност за купце) и поштовање према људима (како би се развила култура сталног унапређења). Lean се зато може посматрати као пракса заснована на филозофији сталног унапређења процеса, било повећањем вредности за корисника или редукијом активности које не додају вредност (Radnor 2010). Пет основних принципа Lean филозофије су: идентификовање вредности, мапирање вредности, стварање тока, успостављање Pull принципа и тежња савршенству (Womack & Jones 1996).

Lean омогућава да се уз мање људских напора, мање опреме, мање времена и мање простора постигну боље перформансе (Comm & Mathaisel 2005), а главне предности примене ове производне филозофије су унапређени квалитет производа, повећана продуктивност, смањене залихе, смањено време циклуса, елиминација губитака, побољшана сигурност, смањење кашњења, итд. Обзиром да су предузећа под све већим притиском да се надмећу у погледу трошкова производа, квалитета и услуга (Cullinane et al. 2014), крајњи циљ сваке Lean организације је да обезбеди најбољи квалитет, најниже трошкове и највиши степен сигурности, уз одржавање највишег морала запослених (Liker 2004). Lean се може посматрати и као интегрисани социо-технички систем чији је главни циљ елиминисање губитака, уз истовремено смањење или елиминисање добављачке, потрошачке и интерне варијабилности (Shah & Ward 2003). Сходно томе, Lean настоји да елиминира седам врста отпада или губитака (транспорт, залихе, кретање, чекање, прекомерна производња, прекомерна обрада и дефекти). Под отпадом се подразумева свака људска активност која апсорбује ресурсе, али не ствара вредност (Womack & Jones 1996). Корени Lean-а јесу у производњи, али се он временом развијао, еволуирао и почео имплементирати у бројним другим областима, међу којима је и образовање.

2.2. Потреба за увођењем Lean филозофије у сектор образовања

Познато је да образовање игра веома значајну улогу у сваком сегменту људског живота и рада, па су и образовне институције под константним утицајем комплексних промена које се дешавају у локалном и глобалном окружењу. Управо се од институција високог образовања очекује да одиграју централну улогу у решавању изазова 21. века, јер су од

кључног значаја за развој економије засноване на знању, као и унапређење друштва у целини (Radošević et al. 2011).

Сличног су става Zivkosky & Zivkosky (2007), истичући да се изазов са којим се данашњи едукатори суочавају чини донекле немогућим - пружати образовне услуге које задовољавају све битне глобалне, друштвене и пословне захтеве, уз смањење финансијских средстава и подршке. У суштини, едукатори у 21. веку имају задатак да ураде више са мање (енгл. *doing more with less*).

Langer (2011) истиче како се у последње три деценије окружење институција високог образовања изменило из темеља и наводи три основна узрока. Први је константно повећавање броја студената још од '60-их година прошлог века, што је трансформисало високо образовање од ексклузивне понуде за елиту до масовног производа. Као последица, универзитети су постали принуђени да се баве проблемима у домену оперативног менаџмента, попут планирања капацитета и ефикасности. Друго, како би се омогућила експанзија и побољшала конкурентност, структура финансирања институција високог образовања је промењена. Веће ослањање на школарине и истраживања која финансира привреда, изложили су ове образовне институције законима тржишта. Променом државне политике по питању финансирања факултета, велики део прихода неопходних институцијама високог образовања сада је у рукама студената, па факултети настоје да своју понуду учине што конкурентнијом и примамљивијом за студенте (Thomas et al. 2015). Трећи узрок корените промене је глобализација високог образовања, што је покренуло жестоко надметање и за интернационалне студенте и академско особље.

Још један проблем представља очигледан сукоб интереса међу заинтересованим странама (стејкхолдерима) у образовању. Студенти (као клијенти) желе разноврсне програме и квалитетно образовање са одличном инфраструктуром и уз минималне трошкове. Држава инсистира на великом броју студената којима ће на располагању бити образовање врхунског квалитета, уз минимално финансирање, трошкове и издатке. Приватни универзитети теже великом броју студената, али и мањим трошковима квалитета и инфраструктуре, како би максимизирали профит. Поменута ситуација је слична сукобљеним интересима производних актера, где је Lean пружио успешно решење (Stratton et al. 2007), па се очекује да оствари исти ефекат и у домену образовања.

Претходно поменути екстерни притисци приморали су институције високог образовања да размотре нове начине функционисања, јер се о њима у јавности створила слика као о неефикасним и скупим организацијама. Економске прилике утицале су на значајно смањење државног финансирања високог образовања, док су смањење броја студената (посебно оних традиционалног узраста) и превелика тржишна понуда (укључујући и раст online студијских програма), интензивирали надметање институција високог образовања за студенте. Одговор на ове притиске може бити примена Lean принципа и праксе у високом образовању, како би се побољшала ефикасност и ефективност универзитетских процеса и активности и искористио потенцијал за остварење

драстичних побољшања у начину пружања образовних услуга (Balzer et al. 2015). Чињеница је да ће на путу ка решавању наведених проблема и суочавања са екстерним изазовима, институције високог образовања бити принуђене да развијају нове пословне стратегије, диференцирају се кроз понуду другачијих производа и услуга, пруже већу додатну вредност студентима и наставном процесу и буду у већој мери оријентисане ка кориснику. Како би се остварили наведени циљеви, институције високог образовања морају постати ефикасније у вршењу своје делатности, што ће их неминовно усмерити ка усвајању стратегија за унапређење пословања као што Lean. Lean може помоћи образовним институцијама у напорима да постану ефикасније и продуктивније организације, што је уједно и економски пожељно и прихватљиво (Thomas et al. 2015). Овај концепт представља једно од могућих решења за унапређење образовања, посебно високог образовања, јер пружа могућност да образовање као услуга постане профитабилна област на коју држава може озбиљно да рачуна, како у развоју економије, тако и побољшању свих осталих аспеката на које образовање има очигледан утицај (Radošević 2014).

Евидентно је и да институције високог образовања све више функционишу као предузећа, настојећи да побољшају ефективност и ефикасност својих процеса, повећају конкурентност и профитабилност и рационално користе материјалне и људске ресурсе. Сличног су мишљења Comm & Mathaisel (2005) истичући како универзитети интензивно трагају за начинима да остану конкурентни у окружењу које се убрзано мења. Из овог произилази да образовање треба да обезбеди услуге чији је квалитет изнад, а трошкови испод конкурентских, те се концепт Lean одрживости одлично уклапа у окружење високог образовања.

Чињеница је да живимо у околностима које карактерише све мање расположивих ресурса, све више захтева у домену брзе исплативости и високе одговорности процеса, као и све већег значаја образовања за економски развој и квалитет живота. Високо образовање се стога мора константно унапређивати како би задржало своју репутацију респектабилне и проминентне институције и непрестано трагати за начинима за побољшање квалитета својих процеса и услуга.

Tsinidou et al. (2010) истичу постојање великог броја различитих дефиниција о квалитету високог образовања, где свака потенцира различито становиште, међу којима су изузетност, савршенство, сврсисходност, вредност за новац, стејкхолдерово поимање квалитета, степен испуњења претходно дефинисаних циљева, итд. Lean филозофија има потенцијал да унапреди све поменуте аспекте квалитета високог образовања, кроз стварање темеља и алата за операционализацију и учествовање у сталном унапређењу, како би се најпре одржао, а затим и побољшао квалитет од тренутног ка будућем стању (Flumerfelt & Vanachowski 2011). Захваљујући Lean-у универзитети добијају прилику да унапреде своје пословање на начин који ће корисницима пружити процес који поштује њихово време, смањује могућност појаве грешака и доступан је тачно када је потребан (Radošević et al. 2011). Примена Lean-а у систему високог образовања несумњиво је растући тренд, захваљујући ком су бројни факултети искусили свеобухватан процес

побољшања и смањења трошкова. Simons (2013) и Antony (2014) истакли су користи које су оствариле поједине институције високог образовања применом Lean филозофије, у које спадају повећање задовољства студената, помоћ при решавању актуелних проблема, промена организационе културе, идентификовање и смањење скривених трошкова, побољшање ефикасности процеса, итд. Дакле, иако су у питању релативно рани дани примене Lean-а у високом образовању, јасно је да су жеља, потенцијал и прилика за Lean огромни. Посебно је значајно што све већи број појединаца запослених на високо-образовним институцијама постаје свесно неопходности пружања ефективније и ефикасније образовне услуге (Radnor & Vucsi 2011).

2.2.1. Преглед литературе о примени Lean-а у образовању

Упркос огромном потенцијалу који пружа, ентузијазам око примене Lean-а у високом образовању до сада је био ограничен. Нажалост, бројне високо-образовне институције више теже саветовању других организација, него примени Lean-а на сопственом примеру (Hines & Lethbridge 2008). Аутори неких од значајних публикација о примени Lean-а у сектору образовања су Comm & Mathaisel (2003, 2005), Emiliani (2004, 2005), Stratton et al. (2007), Moore et al. (2007), Hines & Lethbridge (2008), Doman (2011), и други. Comm & Mathaisel су обезбедили оквир за развој и имплементацију Lean иницијативе на универзитетима (2003) и идентификовали најбољу Lean праксу која може допринети одрживости универзитета (2005). Emiliani (2004) је описао примену Lean принципа и праксе као начина за побољшање конзистентности курса о лидерству који су похађали запослени студенти са скраћеним радним временом. Исти аутор (2005) је закључио како је Kaizen ефикасан начин за побољшање пословних курсева и вредности за студенте.

Stratton et al. (2007) унапредили су процесе медицинског образовања помоћу хибридног приступа који подразумева централизовано надгледање курикулума и индивидуалну креативну контролу над образовним процесом. Moore et al. (2007) проучавали су примену Lean методологије у административном активностима на универзитетима, како би се превазишли значајни финансијски проблеми. Hines & Lethbridge (2008) представили су модел Lean леденог брега, објаснили примену Lean-а на универзитетима и кораке неопходне за развој ефикасног Lean предузећа у универзитетском окружењу. Doman (2011) се такође бавио административним активностима и користио Lean принципе и праксу за побољшање процеса оцењивања. Flumerfelt & Green (2013) су у свом раду истакли допринос још неких аутора: Stecher & Kirby (2004), Barney & Kirby (2004), McMahon (2006), Zivkosky & Zivkosky (2007), Maguad (2007), Balzer (2010), према којима Lean представља корисну организациону филозофију и административни пакет алата, који буди све веће занимање у образовном сектору. Lean као несумњиво значајна филозофија и стратегија за побољшање образовања представљен је и у радовима Flumerfelt & Banachowski (2011) и Flumerfelt (2011). Према прегледу литературе који су извршили Sinha & Mishra (2013), утицај Lean-а у домену високог образовања чини се веома охрабрујућим, уз остварење

значајних бенефита при континуираној примени, међу којима се истичу смањење трошкова, краће време образовног циклуса, повећан ниво задовољства студената и факултета, итд.

У свом раду Alves et al. (2014) наводе неке од публикација о програмима, предметима или модулима који се баве изучавањем Lean производног концепта, принципа и алата, као и методологије учења које се користе за подучавање о овим концептима. Antony (2014) посматра Lean као моћну методологију у редуковању отпада и активности које не додају вредност пословним процесима, а која решава уочене проблеме на економичан начин. Langer (2011) је, са друге стране, веома критички настројен, истичући како је квалитет литературе о примени Lean-а у образовању прилично лош, да већина литературе не задовољава академске стандарде у домену емпиријских истраживања и како аутори углавном хвале успех сопствених Lean пројеката, али су веома нејасни и неодређени када се ради о квантитативном изражавању остварених резултата. Сличног става су и Thomas et al. (2015), тврдећи да је литература о примени Lean-а у институцијама високог образовања још увек у зачецима, у поређењу са обиљем информација о Lean-у у производњи, али како се обим те литературе ипак повећава. Поменути аутори желели су да лидерима Lean пројеката омогуће додатни увид у подручје културне и организационе динамике која постоји у другим образовним институцијама, како би се идентификовале кључне менаџмент стратегије и омогућила ефикасна имплементација Lean програма. Waterbury (2015) се у својој студији бави кључним факторима успеха (обука, подршка лидера, компетентни извршиоци, избор пројеката, посвећеност особља, ИТ ресурси) и изазовима (временско ограничење, финансијске могућности, другачија схватања) са којима се сусрећу институције високог образовања при имплементацији Lean концепта.

У свом скоријем раду, Emiliani (2016) наводи да су поједини лидери институција високог образовања, тражећи одговор на основне проблеме трошкова, квалитета и пружања услуга, усвојили Lean менаџмент у намери да побољшају процесе. Нажалост, примена Lean-а је у великој мери била ограничена на административне процесе (Balzer 2010, Doman 2011, Waterbury 2011, Svensson 2015, Sunder M. 2016), док основни академски процеси остају већином занемарени. Langer (2011) је мишљења да су услови за имплементацију Lean-а у високом образовању слични онима који постоје и у јавном сектору, али да је разумевање Lean принципа и метода у наведеним пројектима само делимично. Фокус је на оптимизацији процеса и побољшању перформанси, док се људском фактору не посвећује довољно пажње. Већина анализираних пројеката бавила се процесима подршке (плаћање, набавка, одржавање) или административним деловима главних процеса (пријем и студентска администрација), где само један случај говори о примени Lean-а у организацији академских студија (Emiliani 2004, 2005), али је гро активности оптимизације фокусирано на неколико изолованих процеса, док су интеграција и координација међу њима изостале. Snee (2010) тврди да су институције високог образовања више фокусиране на то да оставе утисак да је код њих Lean спроведен коректно, уместо да заиста уложи напор у имплементацију ове методологије и увођење промена у организацију.

Radnor & Vucci (2011) наглашавају како се и практичари и академици све више окрећу Lean принципима у покушају да се изборе са економским и организационим притисцима у домену високог образовања, што подразумева разумевање потреба за променом, ревизију устаљених процеса и пракси и, као посебно значајно, укључивање запослених на овим институцијама како би добили прилику да преиспитају своју радну праксу и поступке.

2.2.2. Lean универзитети и асоцијације

Имплементација Lean-а у системе високог образовања представља растући тренд, зачет на универзитетима у Сједињеним Америчким Државама (Michigan Technological University, University of Central Oklahoma, Winona State University), а за пионире у овој области сматрају се и универзитети на подручју Велике Британије (University of Nottingham, Cardiff University, Edinburgh Napier University, University of Aberdeen, St. Andrews University) и други. Група факултета из Уједињеног Краљевства формирала је Lean центар за високо образовање (енгл. Lean in Higher Education - LeanHE), док је у Шкотској основана мрежа за сарадњу експерата који раде у области сталног унапређења високог образовања (енгл. Scottish Higher Education Improvement Network - SHEIN) и подстиче дељење знања и најбоље праксе. Битно је истаћи и Chalmers University of Technology (Шведска), Универзитет у Љубљани (Словенија), као и Универзитете у Београду, Новом Саду и Крагујевцу (Србија), који су применом Lean филозофије успели да унапреде своје процесе и значајно смање трошкове пословања. Antony (2014) је сагласан да постоје бројне образовне институције које примењују Lean за унапређење ефикасности процеса, а поред претходно поменутих универзитета St. Andrews и Cardiff, издвојио је и Central Connecticut State University, чувени Massachusetts Institute of Technology - MIT и друге. Осим наведених универзитета и факултета, значајне су и различите организације, асоцијације и мреже које деле најбоље праксе Lean имплементације и кроз сарадњу унапређују примену Lean-а у области образовања.

Институт за Lean предузећа (енгл. Lean Enterprise Institute - LEI) је непрофитни центар за обуку, издаваштво и истраживање, основан од стране James Womack-а 1997. године, како би представио и промовисао примену алата Lean производње и Lean филозофије. Мисија института била је да постане водећи едукатор у области максимизирања вредности и минимизирања губитака, па се интезивно радило на развоју и унапређењу Lean принципа, алата и техника, али и делило стечено знање кроз Lean заједницу путем различитих књига, студија, приручника, јавних тренинга, тренинга по позиву, на интернет сајту и преко партнера. Едукатори чија је сфера интересовања усмерена ка Lean-у удружили су се касније са поменутих Институтом за Lean предузећа и формирали Lean образовну академску мрежу (енгл. Lean Education Academic Network - LEAN), посвећену имплементацији Lean образовања у академском окружењу, као и његовом континуираном унапређењу кроз размену знања и наставних материјала, сарадњу и умрежавање међу колегама. Једна од значајних иницијатива LEAN мреже је инсистирање да се представници индустрије и академске заједнице заједно укључе у

развој нових приступа за подучавање студената о Lean филозофији (Taninecz 2006). Вредна помена је и Lean образовна мрежа за иницијативе у ваздухопловству (енгл. Lean Aerospace Initiative Educational Network - LAI EdNet), односно мрежа 32 универзитета са подручја САД и УК који систематски изучавају Lean концепт и деле интерес да сарађују на развоју и увођењу курикулума који изучавају Lean и Lean Six sigma концепте. Интернет сајт <https://teachinglean.org/> основан је како би запослене у области образовања упутио на користан и садржајан едукативни материјал (чланци, студије, публикације, истраживања, књиге, симулације, игре, видеа, итд). На сајту је доступна база података кроз коју Lean едукатори стичу увид у успешне праксе, добијају савете, размењују материјале са колегама и у прилици су да сазнају више о Lean-у, него што им је тренутно доступно кроз стандардне курсева и предмете из ове области.

Истраживачки центар за Lean предузећа (енгл. Lean Enterprise Research Center - LERC) нуди различите постдипломске курсеве релевантне за ову област, почевши од стандардних конвенционалних до кастумизираних курсева (по мери). Сви поменути курсеви фокусирани су на Lean филозофију, развијени углавном по захтеву индустријске заједнице и инсистирају на трансформацији академског знања у практична искуства и примену. Велики утицај има и *Le2*TM, Lean програм који је специјално креиран од стране лиценцираних едукатора са искуством у овој области и сертификованих Lean експерата, како би се задовољиле потребе образовне делатности и искористиле предности које је Lean методологија донела у другим индустријама (Zivkosky & Zivkosky 2007).

2.2.3. Lean концепт у образовању у Србији

Развој и имплементација Lean концепта у области високог образовања у Србији нажалост још увек није на жељеном нивоу и заостаје у односу на примену у другим делатностима. Ипак, Lean, као методологија која значајно унапређује продуктивност, ефикасност, конкурентност и квалитет, може нашем високом образовању, али и привреди уопште, понудити решење за излазак из незавидне економске ситуације и прилику за бољу повезаност и сарадњу између универзитета и индустријских предузећа. С тим у вези, потребно је истовремено радити на ширењу иницијатива за Lean имплементацијом у различитим областима и отклањању ограничења за примену, али и едуковати студенте и запослене о бројним предностима ове методологије.

Прихватање Lean концепта у суштини отвара могућност бољег позиционирања институција високог образовања на националном и глобалном нивоу, поједностављује процес интеграције универзитета, омогућава повећање њихове видљивости, као и повећање опште конкурентности високог образовања (Radošević 2013). Када се говори о примени Lean-а у области образовања у Србији, мора се истаћи допринос професора Војислава Стоиљковића, који је још пре двадесет година на Машинском факултету у Нишу увео предмете Lean организација, Мапирање тока вредности, Алати квалитета, и други, а који су и данас заступљени на основним и мастер студијама.

Значајно је истаћи и напоре који су уложили Факултет техничких наука из Новог Сада, Факултет организационих наука из Београда и Факултет инжењерских наука из Крагујевца у реализацији TEMPUS пројекта „Production and profitability improvement in Serbia enterprises by adopting Lean view definition in a new window thinking philosophy and strengthening Enterprise-Academia connections“ (скраћени назив LeanEA). TEMPUS је програм Еуропске уније који подржава модернизацију високог образовања у земљама партнерима, већином кроз пројекте универзитетске сарадње. LeanEA је био трогодишњи пројекат којим је координирао Универзитет у Новом Саду, са основним циљем да се побољша квалитет и релевантност високог образовања и изгради и унапреди капацитет високо-образовних институција у домену сталног унапређења процеса, оријентације ка практичним знањима и вештинама и интеграције у привредни и друштвени систем. Један од најважних закључака након реализације пројекта било је поимање Lean-а као неопходног предуслова за опстанак и одрживост предузећа на националном и глобалном тржишту и потреба за увођењем Lean приступа и методологије у сваку организацију. У склопу активности LeanEA пројекта интезивно се радило на припреми материјала за обуку и образовање будућих Lean предавача, тренинзима за решавање практичних проблема у реалним системима, ревизији и прилагођавању курикулума, оснивању три Lean центра, обуци менаџера високог и средњег нивоа, менаџера прве линије и самих радника, процени усвојеног знања, контроли квалитета развијених курикулума, изради релевантних материјала за предузећа, развоју и одржавању веб портала, организацији радионица, конференција и одрживости свега постигнутог.

Истраживањима спроведеним на Факултету техничких наука из Новог Сада доказано да имплементација Lean концепта у процесе високог образовања доноси значајне ефекте, који се огледају у смањењу пасивних времена (до 90%), смањењу броја активности у токовима (до 50%), смањењу потребног броја елемената система (до 40%), повећању степена искоришћења опреме и људских ресурса (до 20%) као и повећању укупне ефективности образовних система (Radošević 2013). Ипак, данас, шест година по окончању LeanEA пројекта, намеће се закључак да планиране активности нису заживеле и реализоване у довољној мери, нити је на прави начин искориштен потенцијал Lean концепта за унапређење процеса и исхода у високом образовању у Србији.

2.2.4. Lean у високом образовању и Lean у другим секторима

Иако су његови корени у производњи, Lean се све више примењује у различитим областима, укључујући и високо образовање (Balzer 2010), где се Lean принципи и праксе, претходно доказани у индустрији, могу искористити да побољшају образовне процесе кроз иновативно и интересантно искуство у учењу које ангажује и мотивише студенте (Doman 2011). Radnor & Vucci (2011) идентификовали су низ позитивних чињеница које проистичу из примене Lean-а у области едукације, што укључује и позитивне промене у култури високог образовања, оснаживање запослених, ослобађање капацитета запослених за бављење унапређењем процеса, итд.

Langer (2011) на основу анализе студија случаја три високо-образовне институције у УК, закључује да Lean јесте примењив у образовању, али да су његови резултати мање спектакуларни наспрам оних остварених у производњи. Аутор је става да се Lean у образовању веома разликује од Lean-а у производњи из два основна разлога. Као прво, образовање као јавну делатност карактерише окружење које спутава било какву значајну иницијативу за променом. Приметно је бирократско и колегијално доношење одлука, као и јаки организациони силоси који гуше сваку иницијативу, што води ка недовољној подршци и само делимичној Lean имплементацији. Као други разлог истиче да је концептуална основа Lean-а у образовању мање софистицирана, развијена и снажна у поређењу са оном у Lean производњи.

Проблем представља и чињеница да је већина Lean алата развијена за производно окружење и више представља израз Lean производње, него Lean филозофије уопште (Hines et al. 2004). Comm & Mathaisel (2005) наводе да је за високо образовање тешко да у потпуности разуме Lean концепт и његове кључне принципе, јер још увек нема јасан став о томе ко су му кључни купци на које се треба фокусирати. Сличног мишљења је и Yorkstone (2013) који потенцира постојање конфликта у сектору високог образовања, због немогућности прецизног идентификовања и дефинисања концепта крајњег корисника. Radnor et al. (2006) наглашавају да је Lean најприкладнији за организације са великим бројем задатака који се понављају и оне са равним управљачким структурама (мали број хијерархијских нивоа), чиме се омогућава оснаживање и укључивање запослених који добијају прилику да процењују сопствену ефективност и ефикасност. Дакле, иако Lean у високом образовању следи иста начела и праксе Lean филозофије који се примењују у услужним делатностима, производњи или јавном сектору уопште, он мора узети у обзир и јединствене управљачке структуре високошколских институција. Изнет је и интересантан став да су организације у јавном сектору склоније да адаптирају (прилагоде) Lean, него да га адоптирају (усвоје), јер се неретко примењује на процесе којима не одговара у потпуности и посматра као сет алата и техника, уместо као фундаментална промена у култури и приступу (Radnor & Boaden 2008).

Hines & Lethbridge (2008) уочили су да на успех имплементације Lean-а у универзитетском окружењу утиче укључивање што већег броја учесника, што је у супротности са уобичајеним ставом да одлуку о иницирању промена доноси неколико људи на кључним позицијама у организацији. У суштини, високо образовање је имало прилику да учи из примера успешних или мање успешних имплементација у организацијама јавног сектора и усвоји сопствене приступе за успешно спровођење Lean праксе. Упркос разликама које постоје између производа (output-а) у производњи и оних у образовању, евидентна је и велика сличност, обзиром да су и производни и образовни систем сачињени од великог броја комплексних елемената, активности и процеса, па се Lean алати, као и бројни аспекти производних методологија за унапређење процеса могу применити за унапређење образовања (Zivkosky & Zivkosky 2007). Ако се посматрају елементи система као што су процеси и ресурси (опрема, објекти и људски ресурси), уочава се подударност између индустријских система и

образовних институција, где једину разлику представљају улазне и излазне компоненте. Табела 2.1 представља интересантну компарацију производних и високо-образовних институција, наспрам улога елемената у систему.

Табела 2.1 Аналогија улога елемената система у индустрији и високом образовању (Korgal & Badiger 2016)

Елементи система	Улога у образовним институцијама
Средње школе	Добављачи
Уписани матуранти средњих школа	Сировине
Студенти	Производња у току
Предмети	Фазе процеса
Дипломирани студенти	Финални производи
Послодавци	Купци
Запослени дипломирани студенти	Продаја
Незапослени дипломирани студенти	Непродати производи (залихе)
Почетна плата дипломираног студента	Цена производа

Према истакнутој обсервацији, студенти који се уписују на факултет представљају сиров материјал који пролази кроз различите фазе или процесе обраде (односно различите предмете током студирања), на путу ка финалној обради (односно одбрани дипломског рада). Дипломирани студент се у овој ситуацији посматра као финални производ, који носи назив факултета који је завршио уместо ознаке произвођача. За образовне институције послодавци представљају крајње купце, запослени дипломирани студенти су продати производи, а студенти без запослења непродати производи (односно залихе). Почетна плата запосленог студента се у том случају посматра као цена производа који је резултат процеса високог образовања (Sirvanci 2004).

Квалитет процеса (односно образовања) или финалног производа (студента) може се унапредити имплементацијом Lean принципа и ангажовањем свих ресурса (објекти, факултет, особље). Квалитет производа (студената) унапређује се давањем приоритета захтевима купаца (послодаваца) и кроз процесе (образовање) који су орјентисани ка купцу. Обзиром да захтеви послодаваца представљају „вредност“, мапа тока вредности се креира тако да укаже за које су карактеристике (компетенције) финалног производа (дипломираног студента), послодавци у улози купаца спремни да издвоје новац. Како би се дошло до траженог финалног производа (дипломираног студента са захтеваним компетенцијама), врши се модификација и прилагођавање процеса (образовања), кроз елиминисање непотребних елемената (смерова, предмета и модула) или додавањем елемената (предмета и модула) који пружају вредност (знања и вештине на којима инсистира индустрија), што у потпуности одсликава приступ и принципе Lean филозофије.

2.2.5. Lean и процеси/активности у образовању

Образовање је термин који се користи да свеобухватно опише систем процеса укључених у пружање и подржавање развоја знања и вештина студента или групе студената (Zivkosky & Zivkosky 2007). Процеси присутни у образовању подразумевају подучавање и учење, професионални развој студената, истраживање и развој, дизајнирање курикулума, обуку, административне активности, испитивање и оцењивање, награђивање и доделу диплома, итд. Посматрано са традиционалног аспекта, основна сврха високо-образовних институција је подучавање, спровођење истраживања и стварање и припрема радне снаге (Jahan & Doggett 2015). Током последњих неколико година ове институције постале су значајно подручје за примену Lean принципа. Lean у високом образовању има улогу да дефинише вредности процеса из перспективе корисника, идентификује ток процеса (тако да сваки корак и активност додају вредност), елиминише губитке који не додају вредност, чини да процеси теку глатко и трага за савршенством кроз комбинацију сталног унапређења и радикалне трансформације процеса (Balzer 2010).

Посебно је важно истаћи двојаку улогу студената у унапређењу образовних процеса, јер истовремено са усвајањем нових знања и вештина које су драгоцене за индустрију, примењују научене Lean принципе, алате и праксе да унапреде административне активности (Doman 2011). Бројни аутори у области Lean образовања бавили су се административним активностима, занемарујући основне образовне процесе, попут учења (подучавања, оцењивања) и истраживања. Ипак, како би се високо-образовне институције бавиле својом примарном сврхом (подучавањем) и успешно градиле своју пословну стратегију око напретка науке и технологије кроз истраживање и развој, помоћни процеси као што су администрација, финансије, набавка и информационе технологије морају бити ефикасно организовани и пружати студентима, истраживачима и предавачима и неопходну подршку да постану изузетни (Svenson et al. 2015).

Унапређење образовног система може се реализовати на сличан начин као и у другим индустријама, укључујући академске и неакадемске процесе (Simons 2013). Balzer et al. (2015) позивају на стварање културе која ће подстицати све запослене, као највредније ресурсе у свакој организацији, да константно унапређују образовне процесе и пронађу и поправе лоше процесе где год да их уоче. Захваљујући Lean концепту и његовој примени, процеси сталног унапређења нису више недоступни, нити се проучавају мимо контекста свакодневног рада запослених у образовању, већ постају мерљиви и оствариви (Flumerfelt 2008). Управо је прихватање неопходних промена и уочавање потенцијалних бенефита од стране студената и запослених на високо-образовним институцијама од примарне важности за спровођење успешне имплементације Lean принципа и метода у образовним процесима. Sinha & Mishra (2013) дошли су до закључка да примена Lean принципа у образовним институцијама води ка знатном побољшању процеса подучавања и учења, бројним уштедама у трошковима, унапређеним перформансама запослених и њиховом задовољству послом, већем задовољству студената и свеукупном побољшању процеса.

Нажалост, упркос истакнутим бенефитима као последицама успешне реализације, усвајање Lean принципа у области високог образовања и даље је ограничено на један или неколико пројеката у одређеним подручјима, пре него на дубоке, структурне промене високо-образовних институција (Balzer et al. 2015). Иако је сваки факултет или универзитет погодан кандидат за примену Lean-а, он се и данас најчешће спроводи у оперативним или административним активностима, од стране административног и помоћног особља, које уочава одређене бенефите примене, али не поседује свеобухватно знање и разумевање како ову методологију адекватно подржати и применити (Radnor & Bucci 2011).

2.2.6. Lean и губици у образовању

Lean је методологија за смањење губитака и активности које не додају вредност пословним процесима, а која на економичан начин решава уочене проблеме (Antony 2014). Последично, основни циљ примене Lean-а у високом образовању је целокупна елиминација губитака, а ресурсе који се уштеде на овај начин академске институције могу даље реинвестирати у друге приоритетне процесе, који ће пружати очекиване вредности. Елиминацијом непотребних процеса унапредиће се квалитет високог образовања, повећати могућност привлачења већег броја квалитетних студената и побољшавати укупна репутација универзитета (Radošević et al. 2013). Постоји велики број могућности да се унапреди вредност за кориснике и елиминишу губици у области високог образовања (Hines & Lethbridge 2008). Balzer (2010) је издвојио пар корисних примера са дијаграмима тока и мапом тока вредности који су показали где се образовни процес прекида услед изгубљеног материјала или времена. Нажалост, то није много утицало на промену става и понашања лидера високо-образовних институција који и даље при свом деловању немају на уму отпад и губитке. па самим тим нису ни ефикасни у редукцији трошкова образовних процеса и активности (Emiliani 2005). Табела 2.2. приказује најчешће губитке који се јављају у индустријским системима приказане кроз примере у образовном окружењу.

Табела 2.2 Аналогија губитака у индустрији и образовању (Korgal & Badiger 2016)

Губици у индустрији	Примери у образовању
Губици због прекида	Отказивање наставе због штрајкова, пропуштање предавања због ванредне ситуације
Губици због почетне обраде и финог подешавања	Новоуписани студенти добијањем приступа новим предавањима напуштају она која тренутно похађају
Губици због празног хода и застоја	Инфраструктурна ограничења спречавају да се предавања одвијају без прекида
Губици због поремећене брзине	Наставни планови се не реализују планираним темпом
Дефекти/дораве	Одржавање додатних предавања за студенте који нису положили теоријске и практичне тестове и испите
Губици због покретања производње	Студенти који не поседују основна знања и вештине нису у стању да полагају тестове и испите

Jahan & Doggett (2015) су се у својој студији бавили примењивошћу Lean принципа на универзитетима, где је акценат био на различитим категоријама губитака и неуједначености у образовном систему. Неки од губитака које су ови аутори идентификовали укључивали су лош просторни размештај на факултетима, неуједначен распоред наставе, неадекватно разумевање наставног плана и програма, неадекватну комуникацију између факултета и студената, неадекватно управљање објектима, ресурсима и инвентаром, и бројне друге. Губитак можемо посматрати као исход за који корисници нису спремни да издвоје новац, а који се чешће се јавља у услужним организацијама, јер имају и већи број потенцијалних корисника (Bhuiyan & Baghel 2005). Maguad (2007) је идентификовао залихе, дефекте, прекомерну производњу, непотребна кретања, чекања, губитак транспорта и губитак процеса као седам категорија губитака које се најчешће срећу у институцијама високог образовања. Када се говори о губицима и нерационалностима у високом образовању, битно је поменути и примере осам губитака (Табела 2.3) које су у свом раду представили Douglas et al. (2015).

Табела 2.3 Примери губитака у високом образовању (Douglas et al. 2015)

Губици	Губици у институцијама високог образовања	Примери
Непотребна кретања	Непотребно кретање запослених и студената, просторно разасути департмани.	Премештање запослених и студената између амфитеатара или са једног на други крај факултета.
Непотребан транспорт	Вишеструка одобрења и примопредаје, превелики е-маил прилози.	Вишеструка одобрења за присуство конференцијама, непотребна кретања папира, делова и материјала и између департмана.
Недовољно искориштен људски потенцијал	Недовољно коришћење свих људских способности, неадекватна расподела задатака запосленима.	Нема постдипломских програма, не постоје истраживања и научне активности.
Залихе	Више предмета него што је потребно, непотребно задржавање евиденције и документације.	Превише маркетиншких брошура, прибора, докумената, фотокопија белешки, складиштење наведеног у канцеларијама и магацинима.
Дефекти	Погрешан унос података, неискориштене учионице и амфитеатри.	Погрешан унос оцена у систем, исправљање и проверавање података, грешке у распореду.
Прекомерна производња	Неуравнотежена оптерећења током семестра и неуједначен распоред.	Превише наставних брошура, неуједначено оптерећење запослених по семестрима, неуједначен студентски распоред.
Чекања	Чекања у реду за предају и одобрење докумената, чекање на одговор на упите, прекид у раду ИТ система, потрага за датотекама, књигама и документима.	Чекање да се покрену мултимедијални системи или учионица испразни након претходне групе, чекања на дозволу или одобрење, потрага за књигама, радовима, брошурама.
Прекомерна обрада	Вишеструка одобрења, примопредаје и провере, покретање новог предмета или програма пре него што је процес спреман за испоруку.	Превише информација путем е-маила, превише захтеваних потписа и укључених људи, превише студентских анкета и превише састанака.

Без обзира на који ће се од истакнутих начина категорисати, суштина је да институције високог образовања након идентификације губитака сву своју пажњу усмере на потрагу за адекватним Lean решењем којим ће се уочени губитак елиминисати.

2.2.7. Lean модели у сектору услуга

Често се истиче како Lean методологија има корене у производњи, али да се током времена трансформисала, еволуирала и постала универзална методологија за побољшање процеса и активности, која је своју примену пронашла најпре у услужном и јавном, а затим и сектору образовања, кроз организације које су желеле да унапреде сопствену ефикасност и вредност за купца. Lean данас примењују бројне здравствене, државне, финансијске, образовне и друге институције које теже већој ефикасности процеса, унапређеним перформансама и побољшањима у домену квалитета и трошкова.

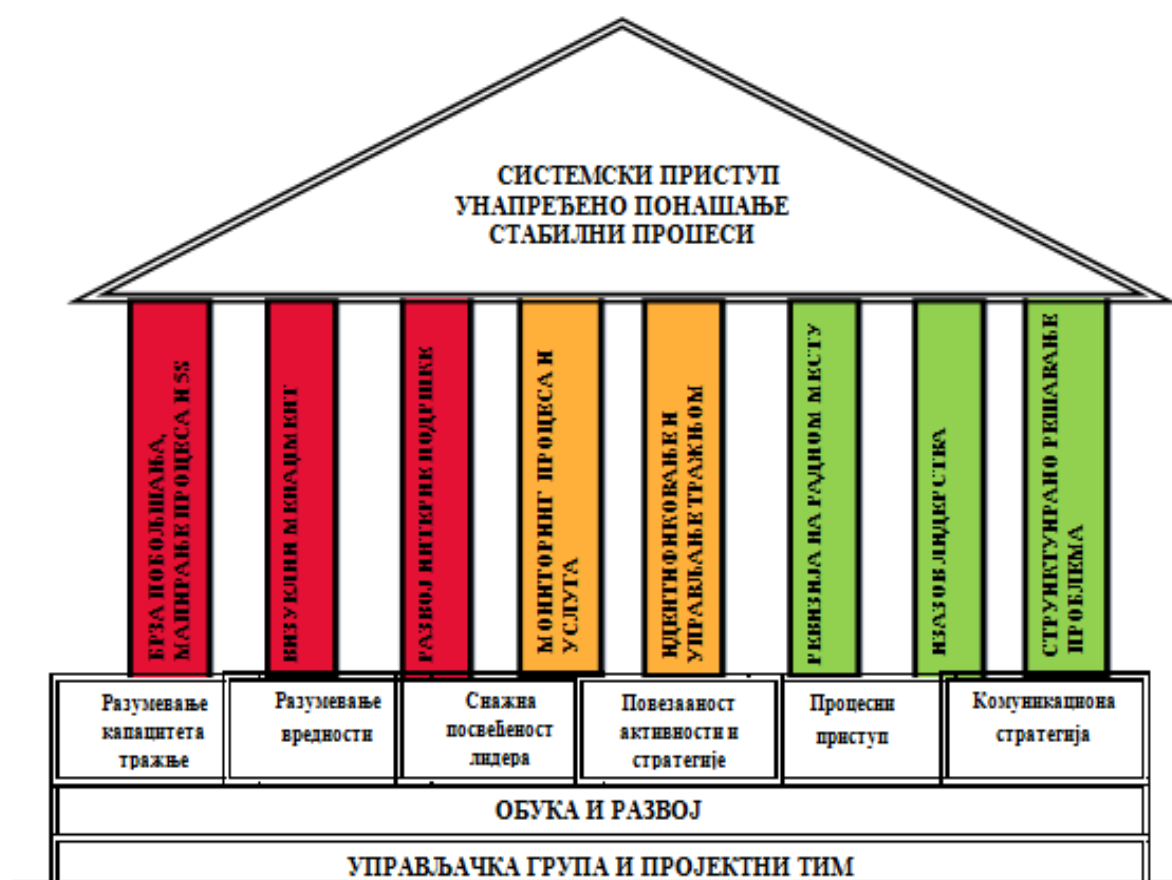
Hines & Lethbridge (2008) представили су свој доживљај Lean методологије као леденог брега (Слика 2.1), што представља веома моћан и једноставан модел за разумевање успешности при имплементацији нових стратегија. Наглашава се значај културе и организационих фактора за стварну Lean трансформацију и имплементацију, јер управо стратегијско опредељење, лидерство и понашање запослених, иако на први поглед невидљиве активности, представљају критичан фактор успеха за сваку Lean иницијативу. Већина организација све своје напоре у имплементацији усмерава ка процесима, технологији, алатима и техникама, као очигледним, видљивим елементима и зато не остварује жељене резултате. Кључ успеха у спровођењу Lean трансформације лежи управо у уважавању свих елемената леденог брега, разумевању њихове међусобне зависности и испреплетаности и опредељењу за праву комбинацију видљивих и невидљивих активности при имплементацији.



Слика 2.1 Модел Lean леденог брега (Hines & Lethbridge 2008)

Вредан помена је и модел Lean куће који се примењује у јавном сектору укључујући и образовање. Модел представљен Сликаом 2.2 указује на елементе потребне за развој и подршку Lean-а у јавном сектору, што укључује потпуно разумевање процеса организације, вредности за корисника, нивоа и врсте тражње, повезаност са стратегијом кроз посвећено лидерство и комуникацију.

Поменути фактори, инкорпорирани у организацију попут снажних темеља куће, основа су успешне и ефикасне Lean трансформације и често се називају факторима "организационе спремности". Lean алати и технике представљени су као пилари куће. Пиларе црвене боје и пратеће алате за унапређење треба имплементирати прве, јер пружају брзе резултате, јасан фокус и ангажовање. Следе наранџасти пилари, фокусирани на алате за праћење како би се омогућио утицај на активности које треба идентификовати и реализовати. Зелени пилари представљају алате који дозвољавају да Lean буде укључен у свакодневне процесе и пружање услуга. Модел куће такође интегрише техничке и културне аспекте Lean-а који се надопуњују како би се постигао системски приступ и стабилност процеса и имплементирала побољшања у понашању (Radnor & Vucsi 2011).



Слика 2.2 Модел Lean куће у јавном сектору (Radnor & Vucsi 2011)

На основу перцепције студената о примењивости Lean принципа на различите кључне активности на универзитету, Jahan & Doggett (2015) ревидирали су чувени модел Lean куће у производњи и представили сопствени (Слика 2.3) примењив у академском окружењу. Поменути модел обухвата сажетак свих Lean активности које су груписане у различитим деловима Lean куће и треба да послужи као смерница за будућа истраживања о примењивости Lean принципа на институцијама високог образовања. Упркос претходно истакнутим примерима, чињеница је да још увек не постоји довољан број истраживања о моделима који ће послужити одређеној институцији високог образовања као смерница у имплементацији Lean-а.

Неке од позитивних примера представио је у свом раду Radošević (2013), а односе се на случајеве имплементације коју су спровели St. Andrews university, University of Michigan, University of Kentucky, University of Central Oklahoma, University of Minnesota, са детаљним описом корака и активности. Balzer (2010) и Byrne (2013) такође су представили кораке који ће довести до успеха у имплементацији Lean-а у високом образовању, у чијој су основи два најважнија Lean принципа - поштовање запослених и стално унапређење.



Слика 2.3 Модел Lean куће у академском окружењу (Jahan & Doggett 2015)

2.2.8. Примена pull принципа у високом образовању

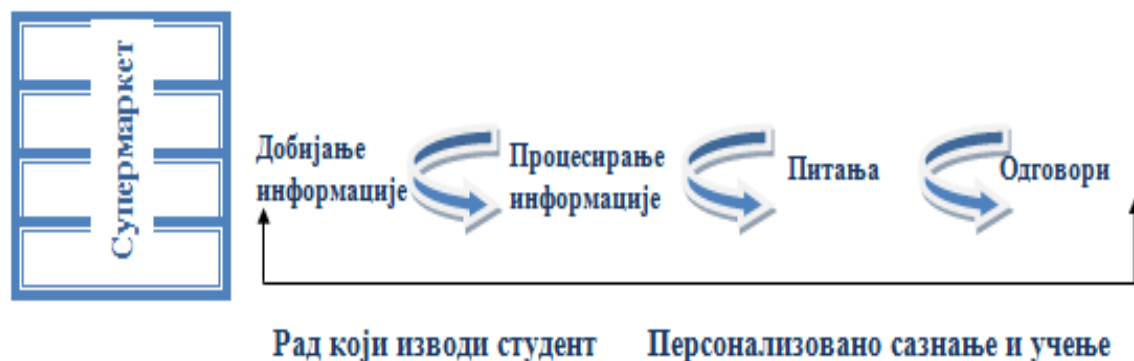
У традиционалном високом образовању процес одвијања наставе организован је као систем гурања (енгл. push system), који подразумева да факултети обликују смерове и предмете око информација за које процењују да су потребне студентима, а затим се ти предмети “гурају” ка студентима, на предавањима у трајању од 90 минута која се углавном организују једном недељно током наставног семестра. Професор је убеђен да познаје најбољи начин за преношење предметног знања студентима и то чини кроз предавања, испите, колоквијуме, семинарске радове и остале задатке и обавезе које задаје студентима. Преовладава мишљење да постоји само један тачан одговор и само један исправан метод усвајања знања. Ипак, савремени трендови у образовању и захтеви Lean филозофије инсистирају да се процес наставе трансформише и убудуће одвија попут система повлачења (енгл. pull system), као што је већ случај у производним и услужним организацијама.

Pull системи представљају вид производње где је свака активност иницирана сигналом потражње од стране купца (на примеру образовања - студента), а не предвиђањем тражње од стране произвођача (на примеру образовања - професора). Pull системи пружају бројне предности, као што су повећање задовољства купаца, смањење укупног времена трајања операција (време од момента поруџбине до момента испоруке), побољшања квалитета, прилагођавања производа и услуга потребама купца, итд.

Пресликани у поље образовања, pull системи такође пружају бројне могућности за унапређење наставног процеса кроз примену разноврсних метода за преношење и усвајање знања, као и остварење циљева предмета. Pull системи примењени у високом образовању стварају нове изазове у образовном процесу, водећи рачуна о ангажовању студената и количини напора која је уложена да би се савладало градиво. Emiliani (2016) је описао функционисање једног савременог pull система у области високог образовања, где значајну улогу има систем за управљање учењем (енгл. Learning Management System - LMS) из кога се повлаче информације на основу интересовања студената.

Циклус започиње тако што професор снабдева LMS одговарајућим наставним материјалом - књигама, публикацијама и студијама, истраживањима, научним радовима, новинским чланцима, видео материјалом, PowerPoint презентацијама, итд., а студенти из њега повлаче тему предавања и материјал који је професор похранио у систему. Пред професора се поставља захтев да снабде LMS довољном количином информација које ће покривати широк распон интересовања и потреба студената, али истовремено водећи рачуна да LMS не преоптерети сувишним садржајем.

У LMS-у је pull (захтев) за информацијом увек инициран индивидуалним захтевима и потребама студената, који се генеришу кроз радни лист у ком студенти наводе одговоре (исходе) које очекују од сваког предмета и питања која се морају поставити како би се до тих одговора дошло. Процес учења у pull систему представљен је на Слици 2.4, а започиње одговором за којим студент трага, што даље резултира постављањем одговарајућих питањима, која опет захтевају од студента да процесуира, анализира и обради информације које је добио од LMS-а (Emiliani 2016).



Слика 2.4 Процес учења у Pull систему (Emiliani 2016)

Суштина pull приступа и система за управљање учењем је да студенти усвајају неопходна знања тако што самостално трагају за одговорима на питања која их интересују. Комплетан Pull процес, приказан на Слици 2.5, почиње професоровим оцењивањем студентовог предметног задатка, прати га аутоматско оцењивање од стране LMS-а током процеса учења, а завршава се професоровим додељивањем наредног задатка студенту. Суштина је да се примаран циљ предмета може остварити на различите начине, у зависности од индивидуалних потреба и интересовања студената.



Слика 2.5 Приказ Pull система у образовању (Emiliani 2016)

Циљ примене овог концепта, који је аутор (Emiliani 2016) назвао супермаркет је да студент усвоји најважнија знања и информације које ће упамтити и знати да примењује, уместо да се оптерећује са претераном количином садржаја. Концепт супермаркета је у потпуности у духу Lean филозофије, јер је усмерен само на садржај који додаје вредност из перспективе корисника (студента), а настоји да елиминира све непотребне елементе. Студентима се чак као финални задатак даје да креирају документ на једној страници на ком ће истаћи шта су научили на предмету, које одговоре су тражили, која питања су постављали, итд. Овај документ, као комбинација речи и слика, представља одличан алат визуелног менаџмента (још једна сличност са Lean-ом), чија је сврха да подсети на научено и студенти га по запослењу често користе и на свом радном месту.

2.2.9. Фактори успешне имплементације Lean-а у образовању

Успешна имплементација Lean-а, чак и у традиционалним областима попут производње и инжењеринга, захтева промену, како у техничким, тако и у културним аспектима организације. Balzer et al. (2015) сматрају да успех било које значајне организационе промене, укључујући и примену Lean-а у области високог образовања, зависи од припремљености универзитета, па као најзначајније факторе издвајају организациону климу и лидерску праксу. Организациона клима односи се на заједничку перцепцију запослених и њихове ставове о радном окружењу и осигурава висок ниво мотивације и посвећености и остварење пословних перформанси.

За примену Lean-а у високом образовању посебно су значајне клима стандарда (запослени су посвећени пружању изузетне услуге корисницима), клима подршке (битан професионални раст и развој свих запослених) и клима поверења (запослени поносни на свој рад и желе да њихова институција буде успешна). Поред организационе климе, високом образовању је неопходан јасан правац и вођење, како би се осигурало да ће Lean имплементација бити у потпуности спроведена (Thomas et al. 2015). Сматра се да је управо пропуст лидера да пригрле Lean највероватнији разлог његове недовољне прихваћености и заступљености у високом образовању (Вугне 2013). Emiliani (2012) дели то мишљење и истиче како лидери, услед контроле коју држе над алокацијом ресурса, стратегијским одлукама и организационим променама, имају пресудан утицај на то да ли ће организационо окружење подржати или осујетити примену било какве Lean иницијативе у високом образовању. Улога лидера је још израженија када је процес предвиђен за Lean имплементацију од кључне важности за институцију високог образовања, када се утиче на велики број појединаца у и ван универзитета и када је организациона клима неутрално или непријатељски настројена према променама (Barling 2014).

О круцијалном утицају наведених фактора на имплементацију Lean-а у високом образовању говори и чињеница, да чак ни уверљиви докази о утицају Lean-а на драматична побољшања ефикасности и ефикасности процеса и услуга у високом образовању, нису у могућности да превазиђу утицај токсичне радне климе или недовољне подршке лидера (Вугне 2013). Стога је у ситуацији када су организациона клима и лидерска пракса веома промењиве или константно неподржавајуће, најбоље одложити или чак у потпуности напустити имплементацију Lean-а у високом образовању (Balzer et al. 2015). Поред изостанка лидерске подршке, као главне кочнице у примени Lean-а наводи се и изостанак процесног размишљања, недостатак комуникације на различитим нивоима, недостатак ресурса (време, буџет) и слаба повезаност између пројеката сталног унапређења и стратегијских циљева високог образовања (Antony et al. 2012).

2.3. Образовање за Lean

Образовање инжењера суочава се данас са све више притисака и изазова услед глобализације тржишта производа, услуга и ресурса, али и истовремене глобализације промена и проблема. Од њега се очекује да адекватно припреми и обучи своје студенте за глобализован свет, али на начин да истовремено помажу својим предузећима у остварењу профитабилност и не угрожавају друга предузећа или спољно окружење. Решење за остварење овог наизглед контрадикторног и комплексног двоструког циља - глобалне конкурентности и стварања профита на одржив начин, бројна предузећа пронашла су управо у примени Lean концепта (Alves et al. 2013).

Поред бенефита до сада остварених у производњи и другим делатностима, укључивање Lean-а у инжењерске и друге курикулуме може понудити значајне користи и самој академској заједници, које се првенствено огледају у унапређењу укупног квалитета

образовног процеса чији главни фокус постаје развој и пружање компетенција које су по мишљењу индустрије неопходне студентима. Образовне институције зато све чешће интегришу Lean у своје наставне планове и програме кроз одређене курсеве и предмете, свесни чињенице да је обучавање радне снаге и едукација студената о Lean-у предуслов у суочавању са бројним и разноврсним индустријским изазовима. На овај начин се обезбеђују боље обучени студенти способни да раде у Lean окружењу, али и штеди новац који би та предузећа морала касније уложити у тренинг и обуку својих запослених (Alves et al. 2013).

Flumerfelt et al. (2015) посматрају Lean инжењерско образовање као логичан одговор и решење за јаз који тренутно постоји између инжењерског образовања и професионалне праксе, а који студентима пружа могућност за остварење озбиљних академских резултата и жељених компетенција на радном месту. Alves et al. (2015) сматрају да је Lean инжењерско образовање основа за разумевање проблема у инжењерским курикулумима, дизајнирана на начин да омогући превазилажење овог проблема, унапређење процеса предавања и учења и процену напретка студената за боље прилагођавање потребама радног места.

Flumerfelt et al. (2016) даље препоручују да се Lean образовање фокусира на критична питања развоја радне снаге, од почетних до менаџмент позиција, посебно у специјализованим професијама као што је инжењерство, и истичу важност образовања Lean лидера кроз образовне програме који припремају студенте за лидерство и пословни успех, користећи филозофију, културу, принципе и алате Lean производње.

У суштини се од веће заступљености Lean-а у програмима инжењерског образовања очекује да донесе побољшања у следећим аспектима (Korgal & Badiger 2016):

- повећање процента запошљивости студената инжењерских факултета
- повећање процента дипломираних студената на инжењерским факултетима
- повећање броја компанија које желе да запошљавају дипломиране инжењере
- побољшање перформанси и квалитета запослених студената
- смањење процента студентата који напуштају инжењерске факултете пре самог дипломирања
- већа доступности квалификованих и искусних предавача.

У прилог даљој имплементацији и ширењу Lean иницијатива у програмима за образовање инжењера говори и чињеница да се на Шангајској листи, међу првих 10 универзитета на којима се школују будући инжењери, налази 5 универзитета чији курикулуми изучавају Lean концепт, док се на већини других универзитета са листе овај концепт изучава у мањој или већој мери (Radošević 2013). Исто истичу и Alves et al. (2016) потенцирајући да су Lean образовни програми већ присутни на бројним универзитетима широм света, и да су углавном развијени као одговор на уочене гевове у компетенцијама инжењера на радном месту.

Како запошљавање студената директно зависи од знања и вештина које су усвојили током образовања, укључивање садржаја о Lean принципима, алатима и методама у савремене инжењерске курикулуме постало је неминовност свих инжењерских факултета који желе да остану конкурентни, профитабилни и тржишно одрживи. Са циљем да се различити Lean програми и предмети боље приближе студентима инжењерских факултета, предлаже се комбиновање академских предавања са праксом, пројектима и истраживањима у индустријском окружењу.

Сарадња са индустријом може помоћи у прецизнијем идентификовању вештина и компетенција које будући инжењери морају поседовати како би били успешни на послу, а уједно и обезбедити студентима рад на пројектима из стварног живота и прилику за праксом у стварном инжењерском окружењу (Morell 2008). У сваком случају, јасно је да Lean представља идеалну платформу за образовање инжењера за будуће радно место, првенствено јер помаже у смањењу раскорака између академске заједнице и индустрије, обезбеђујући да дипломирани инжењери током едукације стичу компетенције на којима инсистирају индустријски системи.

2.3.1. Компетенције инжењера за рад у Lean предузећима

Успех у економији знања у великој мери зависи од способности људи, посебно инжењера, који се сматрају једним од кључних радника знања, те је висок квалитет њиховог образовања постао императив. Управо инжењери опскрбљени одговарајућим знањима, вештинама и способностима могу омогућити својим предузећима да постану и остану глобално конкурентна у турбулентном окружењу данашњице, па се повећање нивоа инжењерских компетенција сматра битним аспектом тржишног натицања међу институцијама високог образовања. Реалност, међутим, указује на велики јаз који постоји између вештина и компетенција потребних за рад у Lean предузећима и оних које дипломирани инжењери заправо поседују по завршетку свог академског образовања. Како би се проблем решио, универзитети и индустрија морају унапредити постојећу сарадњу и постати стратешки партнери чији ће обострани фокус постати развој инжењера са компетенцијама за суочавање са свим изазовима савременог индустријског и пословног окружења.

Индустријски системи су традиционално тежили запошљавању инжењера који поседују импресивна техничка знања и разноврсне професионалне способности. Ипак, како би ти инжењери постали конкурентни и на глобалном тржишту и преузели улогу лидера у системима у којима су запослени, њима се мора пружити инжењерско образовање светске класе, које ће их опремити најновијим техничким знањима, алатима и технологијама, као и одговарајућим разумевањем социјалних, економских и политичких питања која ће утицати на њихов рад (Mohd-Yusof et al. 2015). Зато је пред институцијама високог образовања заиста велика одговорност да адекватно припреме своје студенте, будуће инжењере, за мултидисциплинарну природу проблема и изазова са којима ће се свакодневно суочавати радећи у савременим Lean предузећима.

2.3.2. Преглед литературе о вештинама инжењера

Тема вештина, знања и способности запослених веома је актуелна и експлоатисана током последње четири деценије, а бројне студије дефинишу вештине као комбинацију образовања, обуке и искуства. Улога образовних институција у том контексту је да пруже знање, али и унапреде вештине и способности сваког студента, како би стекли неопходне компетенције. Nguyen (1998), Lang et al. (1999) и Meier et al. (2000) су међу првим ауторима чија су се истраживања бавила вештинама које од дипломираних инжењера очекују индустрија и академска заједница.

Nguyen (1998) је спровела истраживање о основним вештинама које треба да поседују инжењери запослени у индустрији, инжењери чланови академске заједнице и студенти инжењерства, како би дошла до пресека и листе заједничких атрибута који се захтевају од све три групе. Lang et al. (1999) бавили су се потребним атрибутима новозапослених инжењера и од полазне 172 карактеристике дошли до најважнијих, које подразумевају способност анализе података, тимски рад и комуникацију, способност идентификовања проблема, интерперсоналне вештине, компјутерске, информационе и вештине технолошке писмености. Meier et al. (2000) потврдили су ставове претходно поменутих аутора (Lang et al. 1999) у погледу интерперсоналних вештина и додатно су истакли значај целоживотног учења. По њима, добре интерперсоналне вештине имају важну улогу у остварењу ефикасног тимског раду и високих перформанси на радном месту, а под њима подразумевају вештину слушања, дељење информација и сарадњу са колегама, док целоживотно учење посматрају као способност прилагођавања променљивим радним окружењима, могућност усвајања нових вештина и процену сопствених способности.

Baillie & Fitzgerald (2000) истичу како су послодавцима потребни инжењери са добрим критичким, аналитичким и комуникационим вештинама, који ће спроводити иновативна решења у тимском окружењу. Овакви мултиталентовани инжењери, због спремности за суочавање са разноврсним проблемима, биће продуктивнији у свом послу него специјализовани радници. Riemer (2002) даље потенцира језичке и комуникационе вештине као важан сегмент инжењерских способности. Његова листа комуникационих вештина укључује говорне, писане и презентацијске вештине, као и коришћење савремених технологија за потребе комуникације, док одлично знање енглеског и познавање других страних језика представљају додатну предност и могућност за диференцирање инжењера. Lohmann et al. (2006) су у свом концептуалном моделу такође истакли значај познавања страних језика и меких вештина за успех инжењера у периоду студирања и каснијег рада у глобалном пословном окружењу.

Према Dudman & Wearne (2003) инжењерска каријера није усмерена искључиво на технолошку стручност, већ покрива низ менаџерских вештина, као што су лидерске способности, тимски рад и управљање пројектима. Наводе да послодавци при запошљавању дају примат инжењерима који су оспособљени за креативно, независно и критичко размишљање. Grebert et al. (2004) истичу како програми високог образовања морају пронаћи начин да интегришу стицање преносивих вештина, које се могу

користити у различитим ситуацијама на радном месту, док су Martin et al. (2005) проучавали перцепцију дипломираних инжењера о својој припремљености за рад у индустрији. У фокусу интересовања поменутих аутора биле су теме попут техничких компетенција, комуникационих вештина, тимског рада, управљачких и пословних вештина, интерперсоналних вештина и целоживотног учења. Интересантно је да су аутори поделили техничке компетенције у два различита подручја, науку о инжењерству (скуп математичких и научних алата који се користе за решавање инжењерских проблема) и инжењерску пракс (препознавање, формулисање и решавање проблема), док су као кључне нетехничке компетенције истакли тимски рад и целоживотно учење.

Shuman et al. (2005) у свом прегледу потребних вештина за модерног инжењера наводе да су техничке вештине и даље истакнута компонента у сету инжењерских вештина, али да меке вештине временом постају све важније. За Badawy (2006) компетентност чине три међусобно повезане компоненте: знање, ставови и професионалне способности, које се даље деле на техничке, административне и интерперсоналне, а од савременог инжењера се очекује да буде компетентан у свим подручјима, иако њихова релативна важност варира током професионалне каријере инжењера. Fuchs (2006) потенцира улогу праксе, неопходне студентима инжењерства за ефикаснији рад у друштвеном и глобалном контексту, док Greenwood (2007) инсистира на ажурирању вештина и знања инжењера у складу са потребама еволуирајућег радног окружења.

Осврт на инжењерско образовање у Великој Британији забежио је забринутост индустрије да дипломирани студенти немају способност да примене своје усвојено техничко знање на проблеме из стварног света (Royal Academy of Engineering 2007). Паралелно са одговарајућим техничким и меким вештинама захтеваним од савремених дипломираних инжењера, од њих се често очекује да истовремено функционишу и као пословни људи. Из тог разлога се од многих инжењера захтева да поседују адекватне пословне вештине, како би задржали конкурентску предност на професионалном и пословном нивоу (Martin et al. 2005). Galloway (2008) такође заговара потребу за ширењем садашњег и будућег сета инжењерских вештина, како би они постали не само технички оспособљени, него и компетентни у комуникацији и менаџерским праксама. Аутор се ослања на нетехничка подручја у којима инжењери морају постати стручни, међу којима је потребно истаћи глобализацију, комуникацију, етику и професионализам, разноврсност и лидерство. Duderstadt (2008) је у свом извештају о инжењерству у свету који се мења истакао да потребе глобалне економије знања драматично мењају природу инжењерске праксе и да нове генерације инжењера морају бити посебно веште у три подручја: способност иновирања, интеграција знања и глобална компетентност и способност рада са и међу различитим културама. Према Fuguu et al. (2008) захтеви за глобалног инжењера су вишеструки и укључују поседовање основних и напредних инжењерских знања заједно са интернационалним комуникацијским вештинама и искуствима. У студији вештина ирских инжењера Wallen & Pandit (2009) утврдили су да ангажовање инжењера у друштвеним активностима помаже развоју разних меких вештина.

Balaji & Somashekar (2009) посматрају меке вештине као додатне и допунске вештине неопходне инжењерима у 21. веку. Аутори истичу да су послодавци склонији да запосле кандидате са високим нивоом меких вештина, него оне који поседују висок степен техничких способности. Сличног става су Male et al. (2009) за које су комуникација, тимски рад, професионални ставови, инжењерске пословне вештине, решавање проблема, критичко мишљење, креативност и практичне инжењерске вештине од круцијалне важности за рад инжењера. Nair et al. (2009) проучавали су начине на које дипломирани инжењери могу стећи вештине које се траже у индустрији и истакли да су за послодавце најзначајније особине дипломираних инжењера: говорна комуникација, писана комуникација, способност усвајања нових вештина, способност за сарадњу и тимски рад и интерперсоналне вештине.

Farr & Brazil (2009) утврдили су да тимске вештине и лидерске способности играју важну улогу у каријери инжењера у САД, јер инжењери морају бити способни да раде и индивидуално, али и као чланови и лидери тимова. Лидерске вештине и тимски рад подразумевају способност појединца да се бави другим људима. Sharma & Sharma (2010) у свом истраживању о индијским инжењерима откривају да су меке вештине постале све важнији део успеха у каријери, посебно у подручју инжењерства, и да те вештине студенти могу усвојити током свог академског образовања. Laker & Powell (2011) такође промовишу идеју о стицању меких вештина, које су поделили на интраперсоналне вештине (способност управљања самим собом) и интерперсоналне вештине (способност управљање интеракцијом са другим људима) као неопходне вештине за сваког запосленог и неизоставни део њиховог образовања и обуке. Male (2010) наглашава значај генеричких инжењерских компетенција које се односе на атрибуте, надлежности и способности битне за студенте у свим дисциплинама, укључујући и инжењерство. Jones et al. (2010) су, анализирајући податке о вештинама неопходним производним инжењерима, дошли до закључка да су познавање Lean процеса, управљања квалитетом, Six Sigma и CAD/CAM, вештине које су и образовање и индустрија сврстали међу најважније. Flumerfelt & Banachowski (2011) дали су свој допринос дефинисањем 20 водећих парадигми у домену Lean обуке, према мишљењу запослених на универзитетима.

Већина поменутих аутора мишљења је да су вештине и стручности инжењера заиста јединствене и својствене само инжењерској професији. Kaspura (2013) истиче да не постоји замена за инжењере, јер је њихова обука високо специјализована, дуга и интезивна, а академско образовање је само претходница развоју практичних вештина и знања неопходних да би се постао компетентан инжењер. Alves et al. (2013) закључили су како сарадња образовних институција са индустријом даје немерљив допринос при дефинисању профила будућих инжењера са јасно идентификованим компетенцијама које се морају поседовати за остварење успеха у професионалној каријери. Rajae et al. (2013) заговорници су образовања заснованог на резултатима, чији је циљ већа заступљеност меких вештина, попут целоживотног учења, управљања пројектима, свести о одрживости и друштвеној одговорности инжењера и инжењерске етике у инжењерским курикулумима.

У једном од скоријих радова, Mohd-Yusof et al. (2015) наводе како брзе промене у 21. веку захтевају да дипломирани инжењери, поред стандардних и већ наведених, буду опремљени вештинама попут трагања за информацијама, интеграције знања, стварања идеја и способношћу за решавање проблема.

На основу претходно изнетог опсежног и темељног прегледа литературе, јасно се увиђа како се од савременог инжењера очекује поседовање сета бројних и разноврсних вештина, у ком доминирају техничке, интерперсоналне, комуникационе, пословне и лидерске компетенције, како би се адекватно диференцирао и позиционирао међу оштром конкуренцијом на глобалном тржишту и био способан за рад у промењивом, мултидисциплинарном и мултикултуралном окружењу. Ипак, систем инжењерског образовања и даље је преодоминантно фокусиран на различите аспекте техничких компетенција, што имплицира да као резултат процеса едукације на високо-образовним институцијама настају дипломирани инжењери који нису адекватно припремљени за рад у својој будућој професији.

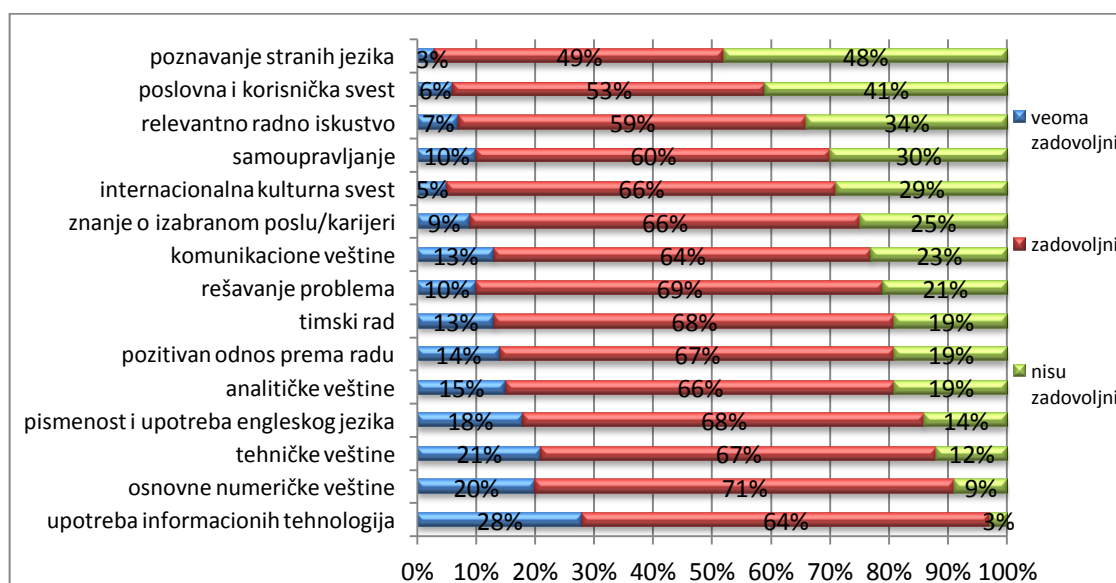
2.3.3. Јаз између жељених и стварних вештина инжењера

Један од најзначајнијих фактора привредне, друштвене и економске успешности је поседовање дипломираних инжењера као истакнутих радника знања способних да примене своје компетенције у разноврсним пословним и индустријским окружењима. Ипак, током последњих десетак година, бројни истраживачи забележили су неусклађеност између знања, вештина и атрибута које захтевају индустријски системи у улози послодавца и компенција које будући инжењери заиста поседују након истека периода академског образовања. Ова неусклађеност присутна је на свим нивоима студија, основним (bachelor), мастер и докторским (PhD), како у индустријском, тако и у академском окружењу (Berdanier et al. 2014), па је неопходно креирати модел који ће индустрији и академској заједници омогућити да заједничким напорима покушају да смање или елиминишу геп (јаз, раскорак) између понуде и тражње за инжењерима одређеног профила. Геп у вештинама се дефинише као недостатак тврних (као што су техничке) или меких (као што је комуникација) знања, вештина и способности запослених који доприноси негативним пословним перформансама предузећа.

Према извештају америчке Националне асоцијације произвођача (енгл. National Association of Manufactures - NAM) из 2005. године, око 80% производних предузећа суочавало се са гепом између постојећих и идеалних вештина својих запослених, што је кочило способност индустрије да оствари повећање продуктивности и испуни захтеве корисника. У поменутом и бројним другим каснијим истраживањима (нпр. Stone et al. 2009) уочено је постојање геп-а, како у тврдим, тако и у меким вештинама. Као најчешћи разлог постојања геп-а у вештинама производних радника наводи се недовољна припремљеност и неадекватно образовање новозапослених инжењера за своју будућу радну позицију. Кривца за лошу припрему дипломираних инжењера за рад у производњи неки проналазе у образовном систему, док други криве индустрију због неадекватне обуке постојећих запослених.

Решење је ипак најбоље потражити негде између, односно у интензивирању сарадње институција високог образовања и индустријских система и заједничком раду на решавању проблема неадекватних компетенција садашњих и будућих запослених, како би се путем иновација у образовном процесу и учење кроз рад достигла глобална конкурентност и ниво производње светске класе (Vol 2010). Идентификација потребних знања, вештина и способности запослених неопходна је менаџерима за лакшу реализацију различитих програма селекције и обуке (Leach et al. 2005), а имајући у виду изложеност екстремној глобалној конкуренцији, мању радне снаге и недостатку вештина са којима се савремена индустријска предузећа суочавају, не изненађује што су често принуђена да организују додатне обуке за своје запослене. Обука се може дефинисати као формалан програм за развој знања, вештина и способности (Evans & Davis 2005), а запослени који учествују у овим програмима примењују усвојене вештине, знања и ставове у свакодневном раду и приказују бољу оспособљеност при обављању посла (Zumrah et al. 2013). Обука коју организују предузећа није фокусирана само на стицање знања и вештина, већ пружа прилику за социјализацију и грађење односа на радном месту (Hassi & Storti 2011).

Скорије СБИ/Pearson истраживање (2016) о задовољству послодаваца вештинама које поседују дипломирани студенти, а чији су резултати представљени Сликаом 2.6, установило је да су анкетирана предузећа у највећој мери изразила незадовољство познавањем страних језика свршених студената (48%), њиховом пословном и корисничком свешћу (41%), одговарајућим радним искуством (34%), самоконтролом (30%), упознатошћу са другим културама (29%), знањем о изабраном послу (25%), комуникационим вештинама (23%), вештинама решавања проблема (21%), итд. Управо то су вештине на које би образовање (кроз заступљеност у инжењерским курикулумима) и предузећа (кроз програме обуке) требало да обрате највише пажње како би се приметан геп у инжењерским компетенцијама смањило у блиској будућности.



Слика 2.6 (Не)задовољство послодаваца вештинама дипломираних студената (СБИ/Pearson 2016)

2.3.4. Припрема инжењера за рад у Lean предузећима

Индустријски системи засновани на Lean принципима управљања производним и пословним процесима свесни су неопходности инвестирања у савремене методологије које смањују трошкове и промовишу унапређење квалитета. Како се квалитет се на трајној основи може унапредити само улагањем у људске ресурсе, запослени у Lean предузећима морају бити адекватно обучени и припремљени да побољшају продуктивност система у којима раде, учине производне процесе флексибилнијим и одговоре на захтеве купаца квалитетније и брже од конкуренције. У наведеним околностима подизање лествице очекивања у погледу потребних инжењерских компетенција и квалификованост за рад у Lean индустријским системима представља изазов који се све чешће поставља пред институције високог образовања.

У Lean терминологији, било који производ који не испуњава очекивања купца сматра се неисправним и захтева поновну израду како би задовољио захтеве. Пресликавање овог захтева у домену образовања инсистира на унапређењу и доради инжењерских компетенција како би се испунила очекивања индустријских система као купца дипломираних инжењера (Sinha & Mishra 2013). Свесни чињенице да су у данашњем индустријском окружењу Lean системи све доминантнији облик производње и пословања, велики број студената инжењерских факултета исказује интересовање за побољшањем сопствених Lean вештина, а све већи број предузећа решење за проблеме са којима се суочавају у свакодневном пословању, проналази у запошљавању инжењера са Lean вештинама.

Усвајање ефикасних метода за организацију процеса и пословања, међу којима је и Lean, инсистира на константном унапређењу вештина запослених, па целоживотно учење постаје нераскидив део каријере сваког инжењера. Целоживотним усвајањем знања о принципима, алатима и вредностима Lean производне филозофије, инжењери добијају прилику да се диференцирају на тржишту рада и побољшају своју професионалну конкурентност и запошљивост (Carvalho et al. 2013). Lean свакако спада у сет јединствених и међу послодавцима веома тражених инжењерских вештина, која будућим инжењерима трасира пут ка веома цењеним и високоплаћеним радним позицијама.

Бројна истраживања сведоче да универзитети имају за циљ да будућим инжењерима омогуће неометан улазак на тржиште рада кроз усвајање неопходних компетенција (нпр. Engineering Accreditation Council 2012), што се може постићи само кроз снажну повезаност и партнерство са индустријом (Morell 2008, Nair et al. 2009, Mesquita et al. 2013), али и учешће академске заједнице у пројектима из стварног живота и стварању стимулативног радног окружења за будуће инжењере. Од индустрије се, са друге стране, очекује да помогне универзитетима да боље разумеју знања вештине које су постале стандард у инжењерству и омогуће трансфер знања и искуства о савременим инжењерским методама у релевантне наставне планове и програме. Већа заступљеност Lean-а у универзитетским курикулумима ће без сваке сумње допринети и већој запошљивости студената, већој атрактивности инжењерских курикулума, али као

последицу и већој продуктивности и конкурентности и бољим укупним перформансама предузећа која ће запошљавати ове студенте. Сарадња универзитета и (Lean) предузећа питање је од све веће важности које покрива различите активности и облике сарадње са циљем остварења боље међусобне интеракције и унапређења процеса едукација.

Начин на који индустрија може помоћи академским институцијама да образују боље инжењере, иновирају наставне планове и програме и учине их релевантним за индустријску праксу је првенствено кроз подршку у дефинисању профила будућих инжењера, односно идентификацију знања, вештина и компетенције које они морају поседовати, затим кроз могућност да студенти инжењерских факултета учествују у различитим пројектима под вођством индустрије, различите прилике за стручну праксу, инфраструктурну подршку, могућности стручног развоја и усавршавања за студенте и професоре, рано усвајање савремених технологија, помоћ у домену акредитације, неговања партнерства са бројним стејхолдерима, итд. Веома значајан сегмент путем ког индустрија активно учествује у иновацијама инжењерских курикулума је и дељење нових научних и технолошких трендова и организовање заједничких пројеката који интегришу истраживање и образовање у овим подручјима.

Слика 2.7 приказује неке од препоручених и најчешће примењиваних облика сарадње образовних институција и (Lean) предузећа и обухвата заиста разноврсне активности, од поменутих заједничког рада на пројектима и могућности праксе, до организације посета индустријским предузећима, гостујућих предавања и радионица, до опремања интернет кабинета, дигиталних библиотека, итд.



Слика 2.7 Облици сарадње образовања и индустрије (Larman & Vodde 2009)

2.3.5. Lean у инжењерским курикулумима

Познато је да квалитет инжењерских људских ресурса у највећој мери зависи од квалитета инжењерског образовања, а оно од квалитета инжењерских курикулума. Образовање инжењера, још увек преоптерећено често застарелим и нерелевантним, техничким садржајем, данас је под све већим притиском усмеравања ка свеобухватнијим курикулумима и ширем образовном искуству у ком је наставни садржај боље повезан и интегрисан.

Појавом и ширењем Lean иницијатива у индустрији, а затим и образовању, знања, вештине и способности које се могу понудити студентима пре заснивања радног односа, постале су значајно средство за диференцирање академских програма (Fliedner & Mathieson 2009). Иако пружа идеалну платформу за образовање инжењера и знатно доприноси смањењу евидентног раскорака између академске заједнице и индустрије, Lean нажалост још увек није заступљен у довољној мери у курикулумима високо-образовних институција.

У оваквим околностима велики број студената завршава своје академско образовање са slabим познавањем Lean принципа и алата, па су предузећа приморана да накнадно инвестирају велику количину новца и времена у њихову обуку. Како би се то предупредило, потребно је повећање заступљености Lean садржаја у образовним програмима, али и унапређење самих метода за изучавање Lean-а (нпр. кроз симулације, фабрике за учење, напредне едукативне алате, игре). Образовне институције треба да помогну студентима да схвате како је Lean много више од сета алата, да је то једна свеобухватна филозофија која се заснива на сталном унапређењу, али и да истакну улогу и допринос људског фактора у остварењу циљева попут смањења трошкова, елиминисања губитака и унапређења квалитета. Обзиром да Lean у потпуности увиђа и разуме комплексност предузећа као система, препоручују се интердисциплинарни Lean смерови и предмети, који ће додатно нагласити значај системског и свеобухватног приступа.

Fliedner & Mathieson (2009) истраживали су преференције индустрије у погледу развоја курикулума на високо-образовним институцијама и Lean знањима која се очекују од дипломираних студената. Аутори су установили 10 области које су по мишљењу индустрије кључне за имплементацију и ширење Lean програма и иницијатива. Анализирајући добијене резултате уочава се да је као најважније подручје издвојено системско планирање и размишљање, што подразумева да се Lean праксе морају имплементирати дуж читавог предузећа, од добављача ка купцима, и обухватати све процесе у једном индустријском систему. Како Lean иницијативе потенцирају на сталним иновацијама и унапређењима у пословним и индустријским системима, и сам садржај Lean курикулума мора се константно прилагођавати и унапређивати како би држао корак. Системски приступ у изради Lean инжењерских курикулума и наставног материјала, праћен практичним приступом учењу, обезбедиће и студентима инжењерских програма управо оне компетенције које су њиховим потенцијалним послодавцима неопходне.

Након системског приступа, следеће по значају су вештине у међуљудским односима, што не изненађује обзиром на чињеницу да Lean предузећа често истичу људе као свој најдрагоценији ресурс, затим пословна знања и искуства и Lean култура. Као што је истакнуто у претходним истраживањима (нпр. Balzer et al. 2015, Barling 2014, Byrne 2013) Lean имплементације често мењају предузећа, угрожавајући постојећу организациону културу и мењајући уобичајене начине извршавања задатака, због чега лидерство и управљање променама добијају примарну улогу. Lean се предоминантно бави управљањем запосленима, њиховим развојем и усмеравањем, па је поседовање вештина у међуљудским односима битно за сваки Lean програм и иницијативу.

Приметно је да се свих 10 најважнијих Lean области због обимног садржаја и лекција које обухватају некада не могу изучавати као једносеместрални предмети у склопу Lean усмерења, па је пожељно да се њихова заступљеност у инжењерским курикулумима одређује на основу значаја који имају за индустријске системе (приказано Табелом 2.4).

Табела 2.4 Кључне области за успешну имплементацију Lean програма (Fliedner & Mathieson 2009)

Lean област	Ранг
Системско планирање и приступ (посматрање пословања као тока вредности)	1
Вештине у међуљудским односима (лидерство, управљање променама, тимско решавање проблема, итд.)	2
Пословна знања и искуства (нпр. пракса или пословно искуство)	3
Lean култура (Kaizen, PDCA, 5S, визуелни менаџмент, итд.)	4
Lean принципи и алати (pull, SMED, непрекидни ток, итд.)	5
Стабилност и редуковање одступања (Six Sigma, стандардизован рад, TPM, итд.)	6
Финансијска и рачуноводствена знања (новчани ток, обртни капитал, итд.)	7
Испорука (смањење времена испоруке и трајања циклуса, затворена петља, итд.)	8
Безбедност	9
Квалитет и методологије за побољшање система (нпр. Malcolm Baldrige)	10

Fliedner & Mathieson (2009) су се у даљем истраживању бавили важношћу појединачних Lean концепата и алата за индустријске системе. За рангирање је кориштена Ликертова скала, где се понуђена вредност одговора кретала на скали од 1 (веома важно) до 7 (веома неважно). Иако су сви алати и концепти кориштени у истраживању оцењени као веома важни или важни, највиша оцена додељена је стандардизацији процеса рада, након које

према значају следи мапирање процеса или тока вредности, па производња без дефеката, pull принцип и тактно време. Интересантно је приметити да су, упркос устаљеном мишљењу како је један од најважнијих задатака Lean-а елиминисање свих дефеката на производима, концепти повезани са квалитетом (познавање програма квалитета и продуктивности, 3М, алати за статистичку контролу процеса) оцењени као најмање битни. Детаљни резултати о важности најчешће коришћених Lean концепата и алата, за чију су имплементацију кључни тимски рад, комуникација и мотивација запослених, представљени су у Табели 2.5.

Табела 2.5 Кључни Lean концепти и алати по мишљењу индустрије (Fliedner & Mathieson 2009)

Lean концепти и алати	Ранг
Стандардизација процеса рада	1,61
Ток вредности или мапирање процеса	1,68
Производња без дефеката (Рока Yoke, Jidoka)	1,74
Pull приступ	1,80
Тактно време	1,82
Редукција времена циклуса	1,90
Укљученост оператера и тимски рад (Kaizen, круг квалитета)	1,95
Визуелни менаџмент	1,96
4W2H (What, Where, When, Why, How, How much)	2,08
One piece flow	2,16
TPM	2,17
Kanban	2,19
Heijunka	2,23
Пројектовање нацрта процеса/простора	2,23
PDCA циклус (Демингов точак, Шухартов циклус)	2,25
SMED	2,37
Комплементарни програми за квалитет и продуктивност	2,60
3М - Muda, Muri, Mura	2,71
Алати за статистичку контролу процеса	2,76

Чињеница да индустријски системи при запошљавању дипломираних студената желе да избегну потребу за било каквим додатним обукама, које су временски исцрпљујуће, заморне за запослене и захтевне у финансијском смислу, те очекују од њих моменталан допринос унапређењу перформанси, важан је сегмент у диференцирању академских програма. Истовремено, поседовање знања о Lean принципима и алатима значајно повећава конкурентску предност будућих инжењера и омогућава њихову ефикасну транзицију из академског у инжењерско окружење. Логичан закључак који се намеће је да, због своје мултидисциплинарности, системског приступа и усклађености са актуелним потребама индустрије, Lean програми представљају одличан начин за премошћавање претходно идентификованих гепова између предузећа и високо-образовних институција.

2.3.6. Критеријуми инжењерских удружења и асоцијација

Институције високог образовања и професионалне инжењерске асоцијације у многим државама (САД, Европа, Аустралија) већ дуже време проучавају приступе подучавању и учењу инжењерских предмета, укључујући и заступљеност потребних компетенција у академским курикулумима. Одабир и даљи развој одговарајућих компетенција сматра се фундаменталном димензијом у образовању инжењера, чиме су се бавили и одбори за акредитацију инжењерског образовања широм света. Једноставно речено, едукатори у области инжењерства имају одговорност и према друштву и према студентима који похађају инжењерске програме и смерове да допринесу развоју компетенција на којима инсистира инжењерска струка.

Национална инжењерска академија (енгл. National Academy of Engineering - NAE) је 2004. године објавила чувену публикацију Инжењер 2020, по којој се од представника ове професије очекује да поседује следеће атрибуте:

- развијене аналитичке вештине
- практичну домишљатост и креативност
- ефикасну комуникацију у усменом, визуелном и у писаном облику, уз употребу савремених комуникацијских алата
- пословне, менаџерске и лидерске способности
- високе етичке стандарде и професионализам у оквиру своје струке
- динамичност, окретност, еластичност и флексибилност
- целоживотно учење.

Национална асоцијације произвођача (енгл. National Association of Manufacturers - NAM) је у свом истраживању спроведеном 2005. године идентификовала као најважније следеће атрибуте инжењера запослених у производним предузећима:

- решавање проблема
- тимски рад
- лидерство
- компјутерске вештине

- математичка знања
- основе читања и писања
- интерперсоналне вештине.

Краљевска инжењерска академија (енгл. Royal Academy of Engineering - RAE) објавила је 2007. године извештај о образовању инжењера за 21. век у ком се истиче да индустрија од дипломираних студената захтева два широка дефинисана атрибута:

- техничко разумевање (познавање основа инжењерства, познавање математике, креативност и иновативност, способност примене теорије у пракси)
- вештине за ефикасан рад (комуникацијске вештине, тимски рад, свест о последицама инжењерских одлука).

Интернационални савез инжењера (енгл. International Engineering Alliance - IEA) је 2009. године представио најбитнијих 12 категорија за бављење инжењерском професијом широм света:

- инжењерска знања
- анализа проблема
- дизајн/развој решења
- истраживање
- употреба модерних алата
- инжењер и друштво
- окружење и одрживост
- етика
- индивидуални и тимски рад
- комуникација
- управљање пројектима и финансије
- целоживотно учење.

Одбор за акредитацију у инжењерству и технологији (енгл. Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET) инсистира на следећим карактеристикама:

- способност примене математичких, научних и инжењерских знања
- способност креирања и спровођења експеримената, анализа и интерпретација података
- способност пројектовања система, компоненти или процеса који задовољавају потребе и поштују економска, еколошка, друштвена, политичка, етичка здравствена, сигурносна, производна и одржива ограничења
- способност функционисања у мултидисциплинарним тимовима
- способност препознавања, формулисања и решавања инжењерских проблема
- способност ефикасне комуникације
- разумевање професионалне и етичке одговорности
- разумевање утицаја инжењерских решења у глобалном, економском, еколошком и друштвеном контексту
- посвећеност целоживотном учењу

- познавање актуелних питања
- способност коришћења техника, вештина и савремених инжењерских алата у инжењерској пракси.

Европска мрежа за акредитацију инжењерског образовања (енгл. European Network for Accreditation of Engineering Education - EUR-ACE) истиче:

- знање и разумевање
- инжењерску анализу
- инжењерско пројектовање
- истраживање
- инжењерску праксу
- преносиве вештине.

Када се направи пресек пожељних атрибута за дипломиране инжењере, идентификованих од стране свих стручних удружења и асоцијација, издвајају се професионализам, етика, глобална перспектива, способност рада у тиму, способност примене знања, креативно решавање проблема и критичко размишљање, али ова листа свакако није ни дефинитивна, нити коначна (Nettleton et al. 2008).

Male (2010) је у свом прегледу литературе разматрала критеријуме истакнутих инжењерских удружења и асоцијација и готово све релевантне студије објављене у последње две деценије и закључила да су комуникација, тимски рад, професионалност, пословне вештине, решавање проблема, критичко размишљање, креативност и практичне вештине од кључног значаја за бављење инжењерском професијом.

2.3.7. Изабрани модели инжењерских компетенција

Компетенција представља личну особину или скуп навика које воде до ефикаснијих или супериорнијих пословних перформанси. Компетенција подразумева основну карактеристику (мотив, особина, вештина, перцепција, знање) особе која је каузално повезана са њеним учинком на радном месту (Boyatzis 2007). Упркос бројним и различитим покушајима за дефинисањем овог појма који су се јавили током претходног периода, може се закључити да компетенције подразумевају скуп знања, вештина и способности неопходних за остварење значајних резултата на одређеној радној позицији у оквиру организације (Chouhan & Srivastava 2014).

Компетенције се често класификују у две категорије, као личне или компетенције запосленог и као компетенције организације (Turner & Crawford 1994). Компетенције запослених обухватају стечене карактеристике (знања, вештине, способности) које их издвајају од осталих извршилаца на радном месту, док су компетенције организације уграђене у организациони систем и структуру и настављају да постоје унутар организације чак и када је неки запослени напусти (Potnuru et al 2016).

Модели компетенција могу се посматрати као валидни, упоредиви и мерљиви спискови знања, вештина и способности исказаних кроз понашања која резултирају изванредним перформансама у радном окружењу. Односно, модели компетенција су оквири који

обухватају листу компетенција неопходних за ефикасно обављање посла. Модели су најчешће организовани по слојевима или нивоима компетенција и обухватају одређене активности и понашања релевантна за ту компетенцију.

Модели компетенција су у већини случајева у потпуности прилагођени потребама организације на коју се односе и повезани са њеним пословним циљевима и стратегијама (Сампсон et al. 2011). Инжењерске компетенције представљају се као модели компетенција, како би се боље разумеле и ефикасније примењивале у индустријским системима и организацијама. Иако се неретко ради о лоше дефинисаним концептима, без јасног значења, модели инжењерских компетенција су и даље веома популарна тема у области менаџмента. У наставку дисертације приказана су четири модела инжењерских компетенција која су према мишљењу кандидата посебно погодна за достизање жељених пословних резултата у савременим индустријским системима.

2.3.7.1. Модел Министарства рада САД

Управа за запошљавање и обуку Министарства рада Сједињених Америчких Држава (енгл. Employment and Training Administration United States Department of Labor) креирала је 2015. године DRAFT модел инжењерских компетенција. Овај модел идентификује знања, вештине и способности потребне запосленима за успешно обављање посла у подручју инжењерства, а приказан је као конусна пирамида која се састоји од неколико нивоа. Нивои се даље деле на блокове који представљају подручја компетенција (групе знања, вештина и способности) дефинисана на основу кључних пословних функција и техничких области. Распоред нивоа у моделу није хијерархијски, нити имплицира да су компетенције на врху вештине вишег нивоа, а сам конусни облик DRAFT модела указује на све већу специјализацију и специфичност компетенција.

DRAFT модел обухвата основне компетенције, које су представљене нивоима 1, 2 и 3, и компетенције специфичне за одређену индустрију, представљене нивоима 4 и 5. Нивои 1, 2 и 3 подразумевају меке вештине и вештине спремности на рад захтеване од стране већине послодаваца, а нивои 4 и 5 односе се на унакрсне техничке компетенције које омогућавају запосленима лаку покретљивост међу различитим индустријским секторима. DRAFT модел подржава покретљивост људских ресурса током каријере, па није уско ограничен само на једну професију, већ покрива широк распон индустријских компетенција. Он не представља неку коначну листу свих инжењерских знања, вештина и способности, нити подразумева да сви запослени у одређеној области треба да поседују све дефинисане компетенције. Намена му је више да послужи као основа за даља истраживања кључних индустријских компетенција, па се корисници модела охрабрују да додају или одузму компетенције које они сматрају прикладним, односно да прошире и прилагоде опсег модела према сопственим потребама. DRAFT модел, приказан на Слици 2.8, обухвата:

- **Ниво 1 - Компетенције личне ефикасности** (личне карактеристике кључне за све животне улоге):
 - интерперсоналне вештине

- интегритет
 - професионализам
 - иницијатива
 - прилагодљивост и флексибилност
 - поузданост
 - целоживотно учење.
- **Ниво 2 - Академске компетенције** (когнитивне функције и начин размишљања):
 - читање
 - писање
 - математика
 - наука и технологија
 - комуникација
 - критичко и аналитичко мишљење
 - основне компјутерске вештине.
 - **Ниво 3 - Компетенције на радном месту** (мотиви и својства, управљање собом и другима):
 - тимски рад
 - фокусираност на клијента/стејкхолдера
 - планирање и организовање
 - креативно размишљање
 - решавање проблема и доношење одлука
 - трагање и развијање решења и/или прилика
 - рад са алатима и технологијом
 - распоређивање и координација
 - провера, испитивања и снимање
 - основе пословања.
 - **Ниво 4 - Опште техничке компетенције** (знања, вештине и способности потребне свим индустријским секторима):
 - основе инжењерства
 - дизајн
 - производња
 - операције и одржавање
 - етика
 - пословна, правна и јавна политика
 - одрживост и утицај друштва и окружења
 - инжењерска економија
 - контрола квалитета и осигурање квалитета
 - безбедност, здравље и окружење.

- **Ниво 5 - Специфичне техничке компетенције** (подгрупа општих техничких компетенција које су карактеристичне за одређени индустријски сектор) су више усмерене на конкретне професије у односу на оне на нивоу 4. Ове компетенције самостално дефинишу представници сваког индустријског сектора.



Слика 2.8 DRAFT модел инжењерских компетенција (прилагођено)
(United States Department of Labor 2015)

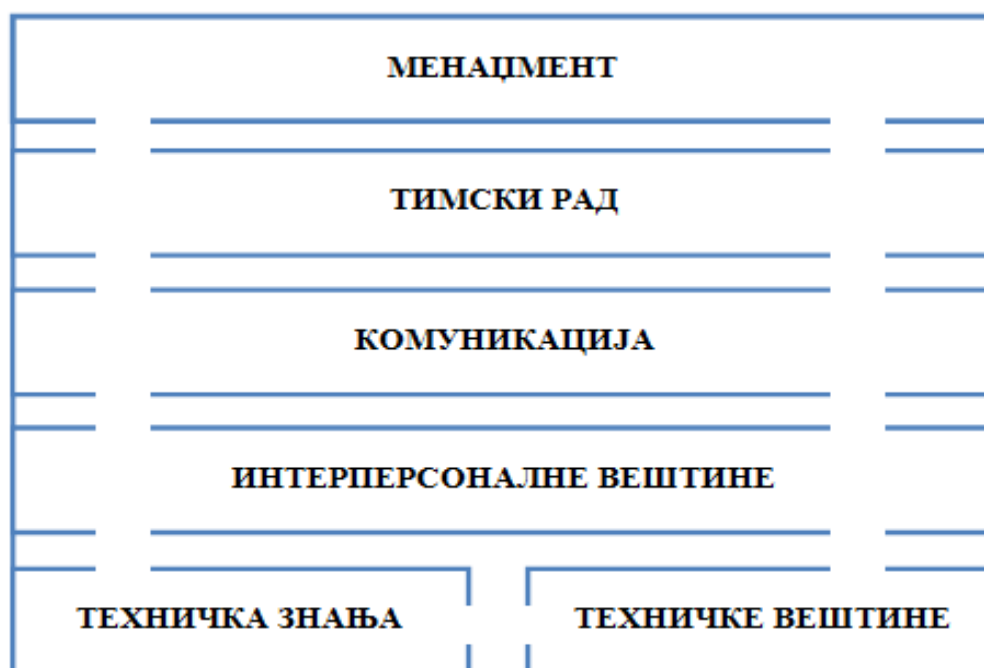
2.3.7.2. Модел интеракције инжењерских компетенција

Martin et al. (2005) испитивали су припремљеност дипломираних инжењера за рад у индустрији прикупљањем података помоћу интервјуа и њиховом квалитативном анализом. Предност спроведеног квалитативног истраживања је што не захтева обиман и статистички репрезентативан узорак, већ се помоћу мањег и добро селектованог узорка генерише огромна количина корисних података. Захваљујући дубинским интервјуима долази се до бољег разумевања контекста истраживања и повезаности међу особинама инжењера. Интервјуи у оквиру истраживања садржали су следеће групе питања:

- **Техничка знања** - од дипломираних инжењера је тражено да опишу свој уобичајен радни дан и техничке изазове са којима се суочавају.
- **Комуникација** - од дипломираних инжењера је тражено да опишу различите начине комуникације које практикују, колико времена утроше на комуникацију, критичне тачке у комуникацији и колико су им у овој области користила знања стечена на факултету.
- **Тимски рад** - од дипломираних инжењера је тражено да опишу рад у мултидисциплинарним тимовима, у улози лидера и члана тима.

- **Пословне и менаџерске вештине** - од дипломираних инжењера је тражено да опишу колико су припремљени за ове аспекте посла.
- **Целоживотно учење** - од дипломираних инжењера је тражено да искажу став о личној способности усвајања нових вештина.

На основу анализе одговора формиран је концептуални приказ интеракције атрибута дипломираних инжењера на радном месту. Суштина модела, приказаног на Слици 2.9, је да прикаже како се разноврсне особине дипломираних инжењера међусобно уклапају и доприносе успеху на радном месту.



Слика 2.9 Модел интеракције инжењерских компетенција (Martin et al 2005)

Техничко знање (теорија инжењерства) и техничке вештине (инжењерска пракса) основа су за успешну каријеру у индустријским системима и непостојање једног од ових атрибута може проузроковати урушавање комплетне структуре компетенција, односно могућности инжењера за остварење професионалног успеха. Ипак, поседовање техничких знања и вештина само по себи није довољно, већ се од будућих инжењера захтевају и други атрибути (интерперсоналне вештине, комуникација, тимски рад и управљање). Поменуте вештине се, као што је представљено у моделу, ослањају на техничка знања, те изостанак или недостатак техничких вештина може угрозити и знања у другим областима.

Даљим проучавањем интеракција у моделу, уочава се да комуникација зависи од интерперсоналних вештина, да тимски рад зависи од комуникације и интерперсоналних вештина, а менаџерске вештине од способности рада у тиму, комуникације и интерперсоналних вештина. Вештине целоживотног учења су атрибути који прожимају све наведене елементе и који држе комплетну структуру модела конзистентном и на

окупу. Пролази који се уочавају између сегмената вештина (блокова) јасно указују на међусобну интеракцију свих наведених вештина на радном месту.

Суштина модела интеракције инжењерских компетенција је да демонстрира како су бројни атрибути и способности дипломираних инжењера међусобно повезане и испреплетане. Повезаност се јавља када се компетенције у одређеној области ослањају на знања и вештине у другој или више других области. Код дипломираних инжењера најчешће је уочене релације и међузависности су између техничке компетентности и вештина комуникације, техничке компетентности и тимског рада и тимског рада и вештина комуникације.

2.3.7.3. Модел глобалних инжењерских компетенција

Процес глобализације утицао је како на развијене, тако и на земље у развоју да промисле о ефективним и ефикасним стратегијама којима ће унапредити сопствени друштвени и економски развој, а значајно је трансформисао и процес образовања инжењера. Инжењерско образовање, као уско повезано са глобализацијом и економским развојем, усмерено је на стварање инжењера оспособљених за решавање проблема глобализованог света, бављење питањима од глобалног значаја и разумевање различитих социјалних, економских, еколошких и питања одрживог развоја. Као последица, мултидисциплинарна и мултидимензионална природа инжењерске професије све више потенцира стицање тзв. "глобалних" компетенција, а од дипломираних инжењера се све чешће очекује глобална мобилност и рад у интернационалним тимовима, као и географска покретљивост.

Модел развијен од стране Patil & Codner (2007) и приказан на Слици 2.10 настоји да припреми инжењере за рад управо у таквом глобалном окружењу. Назван је 3D модел инжењерских компетенција, јер поред тврђих и меких компетенција, инсистира на укључивању глобалних компетенција у инжењерске курикулуме.

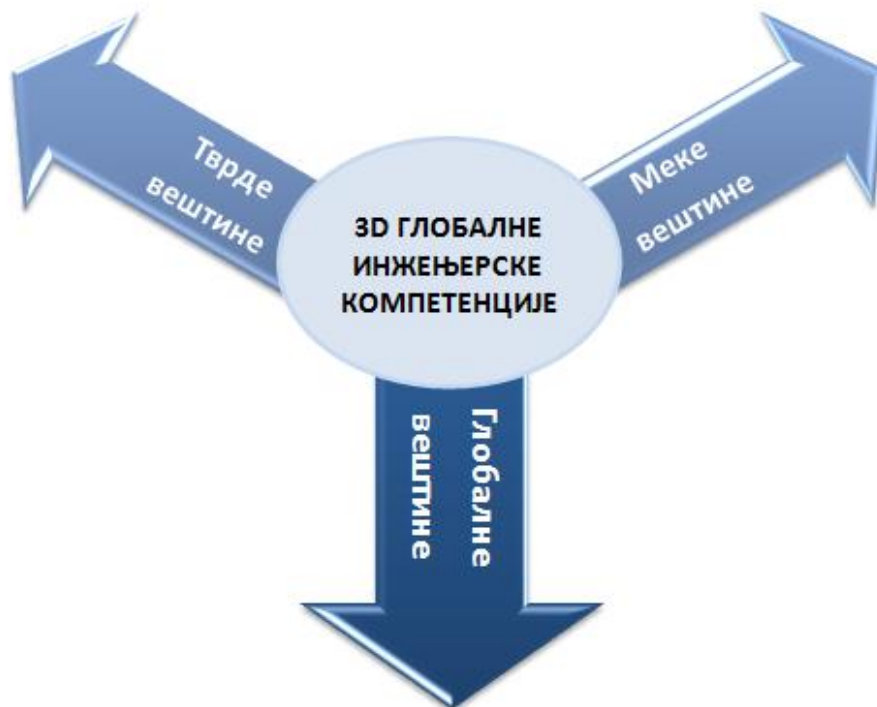
Тврде вештине представљене у моделу првенствено се односе на основе инжењерства, експертско познавање инжењерских питања, инжењерску компетентност, инжењерско пројектовање и вештине решавања проблема, вештине управљања пројектима, вештине истраживања и развоја.

Као **меке вештине** истичу се општа знања, комуникационе вештине, управљање и организација, преговање и међуљудски односи, етика, емпатија и емоционална интелигенција, лидерство и вештина слушања, финансијски менаџмент и буџетирање, безбедност и одрживост.

Глобалне компетенције, које омогућавају инжењерима рад у различитим мултидисциплинарним и мултикултуралним окружењима, и захваљујући којима се поменути модел и издваја од осталих, су:

- познавање глобалних, политичких и друштвених питања
- разумевање кроскултуралних и мултикултуралних питања
- разумевање глобалне природе инжењерског образовања

- познавање међународног тржишта рада и захтева на радном месту
- познавање међународног пословања, економије и светског тржишта
- примена инжењерских решења у глобалном контексту.



Слика 2.10 3D модел инжењерских компетенција (Patil & Codner 2007)

2.3.7.4. Siemens-ов модел инжењерских компетенција

SEFI, удружење едукатора и инжењерских образовних институција чији је циљ да подржи унапређења и иновације у образовању инжењера широм Европе и које је издавач двомесечног часописа European Journal of Engineering Education, у свом извештају (Biennial Report 2006-2007) објављеном пре више од десет година, осврнуо се на значај пројекта „Курикулум за 21. век“ (Curriculum for the 21st Century), реализованог кроз сарадњу компаније Siemens и Лисабонског савета. Као предузеће које високо вреднује знање и деценијама активно подржава образовне институције свих нивоа, Siemens је покренуо програм Генерација 21, који подразумева бројне активности широм компаније. Први корак пројекта „Курикулум за 21. век“ био је да дефинише најважније вештине и компетенције инжењера у десет тачака. Затим је кроз опсежно истраживање од Siemens-ових експерата у области запошљавања тражено да упореде стварне и жељене компетенције инжењера, како би се проценило у којој мери су савладали „Десет тачака“ програма и извукле препоруке за даље деловање за бројне образовне институције. Један од важних закључака истраживања и укупног пројекта био је да основна техничка знања стечена на универзитету и даље заузимају централну улогу у раној фази професионалне каријере инжењера, али да су друге вештине одлучујуће за даљи напредак у дугорочном периоду, те и њих треба у што скороријем року укључити у инжењерске курикулуме.

Са својих амбициозно дефинисаних десет тачака, Курикулум за 21. век је дефинитивно додатно подигао лествицу очекивања у погледу образовања инжењера и компетенција које се од њих очекују. Ипак, битно је истаћи да не мора сваки појединац поседовати сва знања и вештине наведене у оквиру модела. Оно на чему Siemens-ов модел инсистира је да компетенције инжењера треба да буду облика слова Т, што значи да будући инжењери треба да поседују широко опште знање и дубоко знање из области професије коју су одабрали.

Табела 2.6 Siemens-ов модел инжењерских компетенција

10 тачака	
1. Математичко/аналитичко/логичко размишљање	6. Самосвесност и личне карактеристике
<ul style="list-style-type: none"> • Математичка компетентност, способност примене математичког приступа и формулисања математичких проблема. • Способност логичког размишљања, уочавање ефеката, препознавање узрока и последица. • Кориштење поузданих провера и процена како би се утврдиле могуће грешке. • Критично испитивање информација за које се претпоставља да су тачне. 	<ul style="list-style-type: none"> • Способност анализе ситуације, постављања циљева и приоритета, управљања временом. • Познавање сопствене улоге и одговорности. • Свест о утицају сопствених поступака. • Способност самодисциплине, ентузијазам и поузданост, добре радне навике, способност суочавања са стресом, доношење одлука. • Спремност на целоживотно учење.
2. Основно разумевање науке и технологије	7. Социјалне вештине (емпатија, осетљивост)
<ul style="list-style-type: none"> • Основно познавање физике (механика, енергија, електрична енергија, оптика и акустика). • Основно познавање хемије и биологије. • Познавање основа медицине релевантних за здравствену заштиту. • Свест о могућем утицају нових знања и технологије на појединца, друштво и окружење, отвореност за интердисциплинарне теме. 	<ul style="list-style-type: none"> • Свест о положају, расположењима и slabим тачкама других људи. • Осетљивост при критиковању и аргументовању. • Појава (изглед, атмосфера, социјална дистанца, пристојност, дисциплина). • Способност процене сопственог понашања и уклапање у хијерархијску структуру. • Способност компромиса и фокус на заједничке циљеве. • Способност давања и примања критика или повратних информација. • Препознавање и прихватање способности и доприноса других. • Радозналости, отвореност према новим стварима.

Табела 2.7 (наставак) Siemens-ов модел инжењерских компетенција

3. Професионална употреба инфо. и комуникационих система	8. Комуникационе вештине на матерњем језику
<ul style="list-style-type: none"> • Основно познавање најновијих информација и комуникацијских медија. • Познавање иновативних и за каријеру битних компјутерских апликација. • Владавање пословним електронским уређајима. • Познавање информационих система и основа истраживања, способност процене и тумачења резултата. 	<ul style="list-style-type: none"> • Способност усменог изражавања, слушања, анализирања и репродуковања сложених чињеничних информација. • Способност уважавања интереса других људи. • Добро писано изражавање под притиском рокова. • Способност презентовања специфичним циљним групама. • Способност адекватног изражавања.
4. Познавање основа економије	9. Познавање енглеског и другог страног језика
<ul style="list-style-type: none"> • Познавање механизма тржишне економије попут цена, cost-benefit анализе, захтева квалитета. • Разумевање пословања предузећа, маржи, еколошких и стандарда друштвене одговорности. • Свест о утицају финансијских тржишта, конкурентских стратегија, интелектуалног власништва. • Познавање регулативних механизма успостављених на основу законских прописа или стандарда. • Холистички поглед на међусобне узрочно-последичне односе економских система и разумевање могућих пратећих ефеката. • Препознавање утицаја нетржишних, нерационалних механизма. 	<ul style="list-style-type: none"> • Перфектно знање енглеског језика, способност читања текстова средње тежине, разумевање предавања из сопствене области и израда писаних сажетака на основу добијених информација. • Способност изношења сопственог мишљења усмено и писмено. • Основно познавање другог страног језика, пожељно из друге групе језика.
5. Основно разумевање друштва и политике	10. Разумевање вредности сопствене и страних култура
<ul style="list-style-type: none"> • Познавање државних дужности, структуре и сфера утицаја (законодавне, извршне, судске). • Познавање политичког партијског система, избора, улоге опозиције. • Свест о значају и дужностима јавних институција и приватних организација и улога медија. 	<ul style="list-style-type: none"> • Способност препознавања и вредновања сопственог културног наслеђа. • Свест о проблемима у вези актуалних дрштвених трендова. • Способност релативизовања материјалних и конкурентских циљева зарад других интереса. • Поштовање других вредносних система.

Један од важних закључака истраживања и укупног пројекта био је да основна техничка знања стечена на универзитету и даље заузимају централну улогу у раној фази професионалне каријере инжењера, али да су друге вештине одлучујуће за даљи напредак у дугорочном периоду, те и њих треба у што скоријем року укључити у инжењерске курикулуме. Са својих амбициозно дефинисаних десет тачака, Курикулум за 21. век је дефинитивно додатно подигао лествицу очекивања у погледу образовања инжењера и компетенција које се од њих очекују. Ипак, битно је истаћи да не мора сваки појединац поседовати сва знања и вештине наведене у оквиру модела. Оно на чему Siemens-ов модел инсистира је да компетенције инжењера треба да буду облика слова Т, што значи да будући инжењери треба да поседују широко опште знање и дубоко знање из области професије коју су одабрали.

2.3.8. Препоручена истраживања о инжењерским компетенцијама

У стручним и научним круговима често преовладава став да ниједан фактор није значајнији за здравље и виталност једне националне економије од снажног и континуираног прилива дипломираних инжењера са разумевањем, ставовима и способностима потребним за примену својих вештина у пословним и другим окружењима (Royal Academy of Engineering 2007). То је разлог зашто је питање инжењерских компетенција већ деценијама предмет интересовања и у фокусу бројних академских и практичних истраживања. Кандидат је у наставку дисертације представио неколико запажених истраживања са поменутом тематиком.

Једно од првих, али и данас највише цитираних истраживања о основним вештинама и атрибутима инжењера спровела је **Nguyen (1998)**. Ауторка је проучавала ставове запослених у индустрији, запослених у академској заједници и ставове студената инжењерства о атрибутима који су неопходни савременом инжењеру и поредила значај тих атрибута за сваку од наведених група. Упитник кориштен у истраживању укључивао је седам генеричких вештина и особина и неколико под-група (специјалистичких вештина) унутар сваке генеричке групе.

Анализом података прикупљених у истраживању, приказани Табелом 2.8, дошла је до закључка да су три групе испитаника сагласне у мањој или већој мери око генеричких вештина потребних модерном инжењеру, али да се релативна важност коју придају тим атрибутима разликује. За индустрију је од највеће важности однос према послу (заступљеност одговора 96,9 на скали 1-100), академска заједница је ставила акценат на техничко знање и вештине (заступљеност одговора 86,3 на скали 1-100), а студенти су као најзначајније издвојили техничко знање и однос према послу, доделивши им идентичну оцену (заступљеност одговора 76,9 на скали 1-100). Такође, све три групе су пословну праксу, интернационалну и националну историју и културу и познавање страних језика проценили као вештине мање важности.

Табела 2.8 Генеричке вештине и атрибути инжењера (Nguyen 1998)

ГЕНЕРИЧКЕ ВЕШТИНЕ И АТРИБУТИ	Академска заједница	Индустрија	Студенти
Техничка знања и вештине	86,30	92,30	75,70
Интелектуалне вештине	62,70	89,20	59,50
Ставови и однос према послу	70,60	96,90	75,70
Стандарди инжењерске праксе	55,00	89,20	64,90
Пословна пракса	27,50	66,20	43,20
Историја и култура	23,50	43,10	37,80
Познавање страних језика	9,80	33,90	29,70

Значајна разлика у рангирању између индустрије и друге две групе имплицира да инжењерско образовање образује и обликује другачије инжењере у односу на оне који су потребни индустрији, што за последицу има настанак гепа у компетенцијама. Како би се дошло до прецизно дефинисаног профила идеалног инжењера, укрштени су најчешћи појединачни одговори студената, индустрије и академске заједнице у оквиру сваке групе генеричких вештина, а добијени резултати представљени Сликаом 2.11.



Слика 2.11 Атрибути идеалног инжењера (Nguyen 1998)

Вештине које се налазе у подручју преклапања сва три скупа (појављују се у одговорима све три групе) су најважније и знања из ових подручја инжењери морају поседовати (стручност, инжењерске основе и примена, еколошка знања, контрола квалитета, техничка знања, економска и политичка питања). Вештине које се налазе у подручју где се преклапају два скупа су пожељне, што значи да нису неопходне, али се њихово поседовање препоручује, јер се често захтевају од стране послодаваца. Тако индустрија и академска заједница деле мишљење око значаја комуникационих вештина, а студенти и академска заједница слажу се око потребе познавања страних језика (посебно говорног елемента). Вештине које се јављају само у појединачним скуповима могу се оценити као погодне, односно нису од основног значаја, али могу бити корисне. Погодне вештине и особине су интегритет, етички кодекс, способност писаног изражавања на страном језику (мишљење академске заједнице), односно способност логичког размишљања, решавања проблема и посвећеност послу (мишљење студената).

Nair et al. (2009) су у свом истраживању, спроведеном десет година касније, покушали да открију како ускладити вештине које поседују дипломирани инжењери са вештинама које од њих очекује индустрија. Аутори су сачинили листу од 23 вештине дипломираних инжењера, а затим током периода од четири месеца контактирали послодавце који запошљавају ове инжењере и тражили од њих да оцене значај издвојених вештина и задовољство њиховим познавањем од стране својих запослених. За процену значаја и задовољства вештинама кориштена је Ликертова скала 1-5, где 1 представља низак значај-задовољство, а 5 висок значај-задовољство.

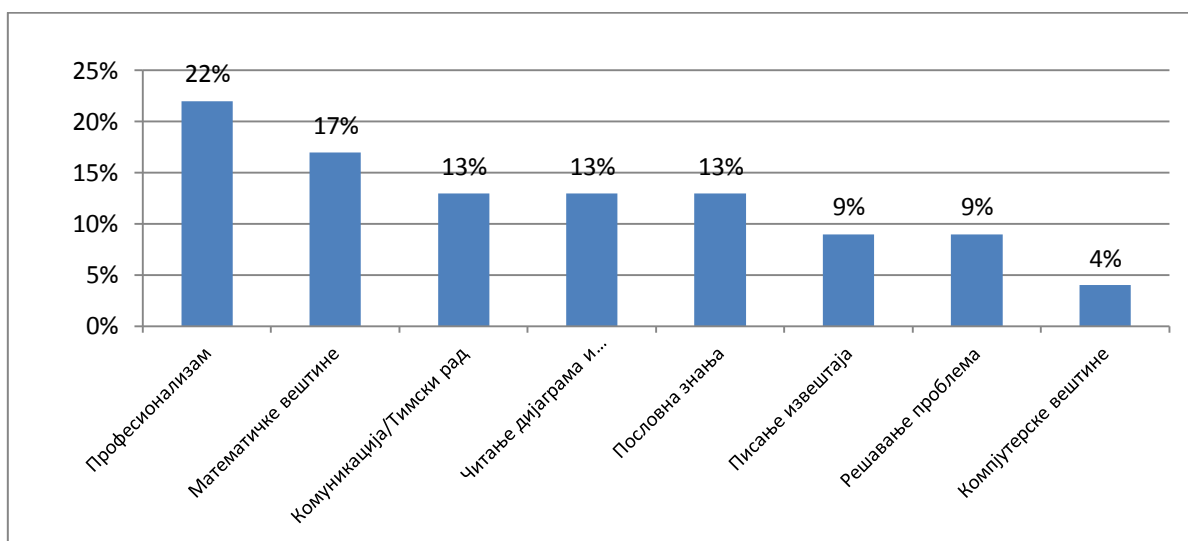
Међу вештинама наведеним у истраживању послодавци су као најзначајније истакли сарадњу и тимски рад, склоност усвајању нових вештина, интерперсоналне вештине и говорну и писану комуникацију, а као најмање значајне рад под притиском и стресом, управљање временом и развој нових идеја. Поређењем оцена послодаваца о значају одређене вештине и задовољства њеним познавањем од стране дипломираних инжењера уочен је значајан раскорак између постојећег и жељеног нивоа. Табела 2.9 приказује 10 вештина код којих је идентификован највећи геп у компетенцијама.

Геп анализа представља разлику између важности одређене вештине за послодавце из индустријских система и задовољства њеним познавањем од стране њихових запослених инжењера и присутна је у опсегу од 0.02 до 0.65 (за све вештине обухваћене истраживањем). Три области у којима је уочен највећи геп у компетенцијама су говорна комуникација, интерперсоналне вештине и писана комуникација, док је најмањи геп забележен када су у питању склоност усвајању нових вештина, рад под притиском и примена знања. Специфичност истраживања Nair et al. (2009), према тумачењу добијених резултата је што потврђује чињеницу да су у фокусу пажње послодаваца углавном опште и меке вештине дипломираних инжењера, иако је инжењерство сматрано за типичну техничку професију. Ови аутори се такође залажу за већу заступљеност глобалних вештина у инжењерским курикулумима, према моделу који су развили Patil & Codner (2007).

Табела 2.9 Геп у инжењерским вештинама (Nair et al. 2009)

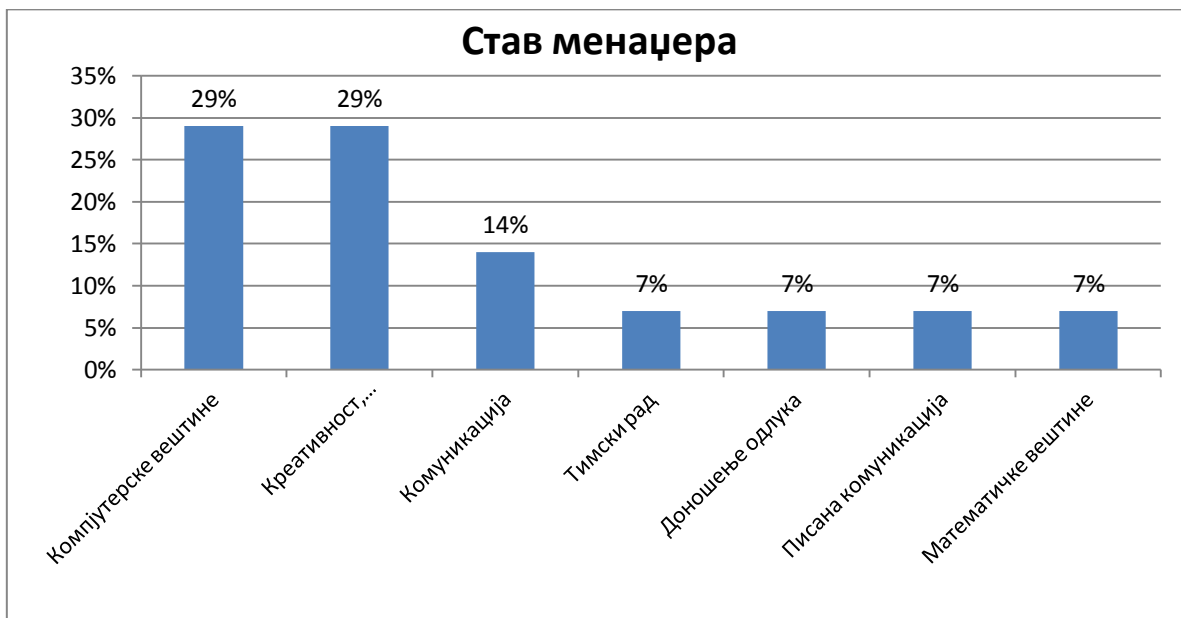
Ранг	Вештине	Значај Importance (I)	Задовољство Satisfaction (S)	Геп Gap $G = I - S$
1	Говорне комуникационе вештине	4,57	3,92	0,65
2	Интерперсоналне вештине	4,56	3,99	0,57
3	Писане комуникационе вештине	4,38	3,83	0,55
4	Анализа и решавања проблема	4,58	4,04	0,54
5	Развој нових идеја	4,17	3,72	0,45
6	Управљање временом	4,07	3,62	0,45
7	Сарадња и тимски рад	4,60	4,16	0,44
8	Примена знања	4,33	3,91	0,42
9	Рад под притиском и стресом	4,03	3,63	0,40
10	Усвајање нових вештина	4,60	4,22	0,38

Vol (2010) се у свом истраживању бавила гепом у компетенцијама новозапослених радника у производним предузећима. Интервјуисала је 10 менаџера и анкетирала 62 производна радника како би дошла до свеобухватних података о потребним знањима, вештинама и способностима запослених дипломираних инжењера. Њено истраживање је специфично због комбиновања квалитативних (интервју) и квантитативних метода (анкета) прикупљања података. Менаџери, који се најчешће јављају у улози директних послодаваца инжењера на почетку професионалне каријере, истакли су као неопходне за рад у производним предузећима, компетенције представљене Сликком 2.12.



Слика 2.12 Компетенције неопходне инжењерима у производним предузећима

Ставови учесника истраживања о вештинама у којима се најчешће јављају гекови, те им је потребно посветити посебну пажњу и унапредити их кроз додатну обуку у наредном периоду приказани су Сликаом 2.13 (став менаџера), односно 2.14 (став запослених).



Слика 2.13 Компетенције које захтевају додатну обуку - мишљење менаџера (Vol 2010)



Слика 2.14 Компетенције које захтевају додатну обуку - мишљење запослених (Vol 2010)

Истраживање Vol (2010) значајно је јер узима у обзир мишљење самих запослених у производним предузећима о компетенцијама којима не владају у потребној мери. Поредећи даље ставове менаџера и њихових запослених, уочава се значајна разлика у перцепцији вештина које треба унапредити, јер менаџерима су у фокусу меке вештине новозапослених инжењера, док су инжењери усмерени на побољшање сопствених

техничких знања и способности. Значајна размимоилажења у ставовима за последицу могу имати да дипломирани инжењери велики напор и време улажу трудећи се да развију компетенције које неће бити од пресудног значаја при запошљавању или напредовању у професионалној каријери.

У једном од скоријих истраживања **Berdanier et al (2014)** проучавали су знања, вештине и способности потребне студентима инжењерских докторских студија за каријеру у академској заједници или индустрији. Докторанди (њих 40) су добили прилику да 90 понуђених инжењерских компетенција рангирају користећи Ликертову скалу 1-5 према важности за своју будућу каријеру и нивоу академске припремљености за сваку компетенцију. Истраживање је специфично због фокусираности на компетенције доктораната, код којих је такође приметан геп у вештинама, првенствено због уске специјализације већине докторских инжењерских програма и њихове преобладајуће усмерености на академска истраживања.

Анализирањем одговора испитаника, представљених Табелом 2.10, уочено је да су докторанди усмерени на академску каријеру идентификовали двоструко више кључних компетенција потребних за успех у каријери, али и да су своју припремљеност за те компетенције оценили знатно ниже него докторанди заинтересовани за каријеру у индустрији. Већина компетенција идентификованих од стране доктораната који теже каријери у индустрији преклапа се са компетенцијама које су будући академски стручњаци препознали као важне и оне су у Табели 2.10 означене плавом бојом.

Табела 2.10 Компетенције инжењера доктораната (Berdanier et al. 2014)

Ранг	Значај за успех у академској каријери	Оцена	Ранг	Значај за успех у индустријској каријери	Оцена
1	Разлагање сложених концепата на разумљиве идеје	4.81	1	Решавање проблема	4.77
2	Говорна комуникација	4.76	1	Поштовање рокова	4.77
3	Самостално учење	4.71	2	Прилагођавање и усвајање нових технологија	4.75
3	Преглед и анализа литературе	4.71	3	Рад у тиму	4.68
3	Писана комуникација	4.71	3	Говорна комуникација	4.68
3	Комуникација са различитим публикама	4.71	4	Изражене аналитичке способности	4.66
4	Прилагођавање комуникације публици	4.67	5	Писана комуникација	4.64
5	Мотивација других	4.62	5	Разлагање сложених концепата на разумљиве идеје	4.64
5	Излагање на професионалним конференцијама	4.62	6	Системски приступ проблемима	4.61

Табела 2.11 (наставка) Компетенције инжењера доктораната (Berdanier et al. 2014)

5	Промовисање сопственог рада	4.62	6	Прилагођавање комуникације публици	4.61
6	Изражене аналитичке способности	4.57	7	Повезаност са индустријом	4.59
6	Упућеност у најновија истраживања и трендове	4.57	8	Држање презентација	4.57
6	Решавање проблема	4.57	9	Кориштење сложених алата за решавање комплексних проблема	4.55
6	Поштовање рокова	4.57	10	Управљање сложеним пројектима	4.52
6	Прикупљање средстава за истраживање	4.57	10	Писање техничких извештаја	4.52
7	Предавања на факултету	4.52	10	Рад у различитим дисциплинама	4.52
7	Проналажење истраживања са бесповратним средствима	4.52			
7	Самосталан рад	4.52			
7	Држање презентација	4.52			
8	Идентификовање предности других	4.48			
8	Познавање специфичних области	4.48			
8	Управљање буџетом за истраживачке пројекте	4.48			
8	Синтеза информација	4.48			
8	Управљање сложеним пројектима	4.48			
8	Рецензија научних радова	4.48			
9	Делегирања пројеката	4.43			
9	Разумевање ширег контекста истраживања	4.43			
9	Писање предлога	4.43			
9	Писање предлога за доделу бесповратних средстава	4.43			
10	Рад у тиму	4.38			
10	Проналажење проблема	4.38			
10	Управљање ресурсима	4.38			
10	Оснивање назависних истраживачких група	4.38			

Табела 2.12 Гепови у компетенцијама инжењера доктораната (Berdanier et al. 2014)

ДОКТОРАНДИ АКАДЕМСКА КАРИЈЕРА	ГЕП	ДОКТОРАНДИ ИНДУСТРИЈСКА КАРИЈЕРА	ГЕП
Управљање буџетом за истраживачке пројекте	2,00	Повезаност са индустријом	1,39
Прикупљање средстава за истраживање	1,67	Прилагођавање комуникације публици	0,81
Оснивање независних истраживачких група	1,62	Рад у различитим дисциплинама	0,66
Предавања на факултету	1,62	Рад у тиму	0,59
Делегирања пројеката	1,62	Управљање сложеним пројектима	0,57
Идентификовање предности других	1,62	Разлагање сложених концепата на разумљиве идеје	0,57
Проналажење истраживања са бесповратним средствима	1,57	Поштовање рокова	0,50
Мотивација других	1,43	Прилагођавање и усвајање нових технологија	0,50
Промовисање сопственог рада	1,33	Писана комуникација	0,48
Писање предлога за доделу бесповратних средстава	1,33	Писање техничких извештаја	0,45
Писање предлога	1,24	Кориштење сложених алата за решавање комплексних проблема	0,44
Разлагање сложених концепата на разумљиве идеје	1,14	Систематски приступ проблемима	0,43
Управљање ресурсима	1,05	Говорна комуникација	0,43
Комуникација са различитим публикама	1,00		
Управљање сложеним пројектима	1,00		

Резултати истраживања, приказани претходном Табелом 2.12, открили су да докторанди који очекују академску каријеру сматрају да су најбоље припремљени за самоустално учење и самосталан рад, док су највећи гепови између потребног и оствареног нивоа компетенција присутни код планирања и управљања буџетом за истраживачке пројекте, прикупљање средстава за истраживање и оснивања независних истраживачких група, итд. Докторанди који очекују каријеру у индустрији су највеће гепове између потребног и оствареног нивоа способности идентификовали код сарадње са индустријом, прилагођавања комуникације публици, рада у различитим дисциплинама и рада у тиму.

Наведени подаци указују на постојање разлике међу ставовима доктораната који теже академској и индустријској каријери, па је жељена област каријере аспект на који треба обратити пажњу у будућим истраживањима.

2.3.9. Профил инжењера 21. века

Већ поменуте глобалне промене у последње две деценије значајно су утицале на обазовање инжењера, које се и даља суочава са бројним и комплексним изазовима, али и на промену перцепције о очекиваним вештинама и способностима дипломираних инжењера. Како се од будућих инжењера очекује да свој животни и радни век проведу у изузетно динамичним и конкурентним пословном окружењу, компетенције инжењера 21. века знатно су разноврсније, комплексније и захтевније него икада раније.

Од савремених инжењера се тренутно захтева да поседују широк распон атрибута, који се креће од једноставних техничких вештина па све до комплексних интелектуалних способности и етичких вредности (Barrie 2006). Индустриска предузећа, поред тога, желе и инжењера који осећа страст према својој професији, усмерен је ка целоживотном учењу, ког карактерише системски приступ и способан је за иновирање и рад у мултикултуралном окружењу, инжењера који разуме пословни контекст и поседује интердисциплинарне, комуникационе и лидерске вештине и инжењера који је отворен за промене (NSF 2007). Дакле, од инжењера се не очекује само да буде експерт у својој области, већ и да зна како да се понаша и ради унутар предузећа (Mohanty & Dash 2016).

Свеобухватна и детаљна анализа бројних академских и практичних истраживања помаже у дефинисању профила инжењера 21. века и скупа компетенција које ће имати кључну улогу при њиховом запошљавању и изградњи професионалне каријере у савременим пословним и индустријским системима. Институције високог образовања сносе одговорност за стварање инжењера који су вишеструко талентоване личности и опремљени дугом листом тврдих (техничких) и меких (професионалних) вештина (Stone et al. 2009). Идеалан инжењер засигурно мора добро познавати основне инжењерске приципе и законе, бити у стању да у пракси примени теоријска знања, бити вешт и практичан у својој области, мора разумети утицај свог рада на шире окружење, водити рачуна о квалитету производа, разумети стручну терминологију, као и економска и политичка питања (Nguyen 1998).

Иако су се инжењери у прошлости углавном бавили техничким аспектима и проблемима, времена су се променила и приметан је заокрет ка меком инжењерству, што значи да сваки савремени инжењер, без обзира на подручје специјализације, мора бити опремљен и меким инжењерским вештинама. Меке вештине попут решавања проблема, комуникације, тимског рада, критичког мишљења и интерперсоналних вештина постале су кључне за запошљавање и вештине су које послодавци највише захтевају (Rufai et al. 2015), односно оцењују као најважније (нпр. Meier et al. 2000, Reio & Sutton 2006, Male et al. 2009, Nair et al. 2009, Vol 2010, Rajae et al. 2013, и други) за даљи развој и напредовање у каријери.

Индустријским системима, као што је истакнуто у поглављу 2.3.7.4, потребни су инжењери Т-облика, са дубоким знањем и стручношћу у својој дисциплини, али и широким мултидисциплинарним знањем и могућностима, попут разумевања пословног

контекста и личности, друштвених аспеката, комуникације, системске перспективе, целоживотног учења, иновације, прилагођавања променљивој околини и захтевима и много других (Mohd-Yusof et al. 2015).

Од инжењера се очекује да буду спремни на решавање различитих локалних и глобалних проблема и њихово постављање у одговарајући пословни, социо-технички и оперативни контекст (Topeг 2011), што наговештава да је социјална и еколошка одговорност постала важан део инжењерске струке, и да инжењери морају бити свесни утицаја својих предузетих акција на послодавце, клијенте, али и околину и друштво у целини (Conlon 2008).

У извештају Образовање инжењера за 21. век који је сачинила Краљевска академија инжењера (RAE 2007) потенцира се да инжењери имају три различите и међусобно повезане улоге у глобалном свету: да буду технички стручњаци са експертским знањем, да буду интегратори спремни да раде у иностранству и у комплексним окружењима и да буду агенти промене које карактерише креативност, иновативност и лидерство при суочавању са новим изазовима. Многи инжењери већ након 6-7 година рада у техничкој области прелазе на менаџерске и директорске позиције, па се и унапређењу њихових лидерских способности мора поклонити адекватна пажња (Palmer 2002, Goh et al. 2008).

Према истраживању СВИ (2016) у наредних 3-5 година скоро две трећине производних предузећа (63%) ће повећати своју тражњу за запосленима који поседују лидерске и управљачке вештине. Такође, интеграција технологије у свакодневни живот и њено присуство у сваком делу света учинили су да инжењери 21. века постану и предузетници, способни да сакупљају и анализирају информације, одлучују о плану акција, користе и комбинују различите алате и технике и консултују екперте у различитим областима (Mohanty & Dash 2016).

Сумирајући претходно изнете ставове и закључке, Табела 2.13 приказује најзначајније изазове 21 века, атрибуте потребне инжењерима за превазилажење тих изазова, као и пожељне карактеристике инжењерског образовања.

Табела 2.13 Атрибути инжењера 21. века (Mohd-Yusof et al. 2015)

Изазови 21. века	Атрибути инжењера	Карактеристике инжењерског образовања
економија знања	аналитичке вештине	орјентисаност на студента
глобализација	практичност	учење кроз открића и конструктивност
демографија	креативност	системска перспектива
технолошке промене	комуникативност	избегавање орјентације на садржај
технолошка иновација	лидерство	учење како учити
глобална одрживост	тимски рад	научне методе засноване на упитницима
енергија	професионализам	тимско решавање проблема
глобално сиромаштво и здравље	динамичност, агилност, флексибилност	припрема инжењера за глобалну економију
инфраструктура	целоживотно учење	
	рад у глобалној економији	
	принципи бизниса и менаџмента	
	етика	

2.3.10. Компетенције за целоживотно учење

Још једна изузетно значајна и неизоставна особина за инжењера 21. века, неопходна за успешну пословну и професионалну каријеру, свакако је склоност ка целоживотном учењу. Целоживотно учење, чији значај за каријеру инжењера и Lean системе је већ помињан у раду, је критична вештина која подразумева способност прилагођавања на промене у радном окружењу, учење нових вештина и процену сопствених способности.

У новембру 2005. године, Европска комисија је представила документ којим се препоручује увођење концепта кључних компетенција за целоживотно образовање, као првог свеобухватног оквира, који треба да потпомогне реформе наставних програма и развој стратегија целоживотног образовања. Према поменутом документу, компетенција подразумева скуп знања, вештина и ставова, а кључне компетенције су оне које се стичу током обавезног формалног образовања на образовним институцијама, а затим даље развијају кроз неформално образовање. Европски референтни оквир издваја осам кључних компетенција приказаних на Слици 2.15.

Истакнутих осам компетенција сматрају се једнако важнима, обзиром да свака доприноси успешној професионалној каријери у економији знања, а треба их развијати кроз наставне планове и програме сваке образовне институције јер унапређују квалитет

учења, знање и информисаност студената и пружају им могућност да преузму иницијативу и управљају сопственим целоживотним образовањем.



Слика 2.15 Компетенције за целоживотно учење (European Commission 2007)

Стицање разноврсних знања и искустава треба посматрати као доживотни циљ који захтева личну преданост континуираном учењу (Millennium Project 2007), па се дипломирани инжењери усмеравају на лично стицање и унапређење потребних компетенција и мимо формалних образовних институција. Уколико се ослоне само на своје постојеће знање и претходно усвојене вештине, дипломирани инжењери ће брзо изгубити своју конкурентску предност и препознатљивост на тржишту рада. Зато је један од важних изазова за едукаторе у подручју инжењерског образовања креирање курикулума који не само да ће будуће инжењере адекватно припремити за каријеру у одређеној дисциплини, већ им пружити основе и мотивацију за преузимање одговорности за развијање сопственог целоживотног образовања.

Од универзитета се стога очекује да подрже садашње и будуће инжењере стимулисањем иновација, креативности и усвајања нових знања и компетенција на трајној основи, уз процес учења који је прилагођен индустријском контексту (SEFI 2007), а потребно је и да индустријски системи, као послодавци који ће запошљавати те инжењере, пруже активну подршку процесу целоживотног образовања и препознају важност улагања у унапређење знања и вештина свог тренутног и потенцијалног инжењерског кадра.

3. АНАЛИЗА МОДЕЛА САРАДЊЕ ФАКУЛТЕТА И ИНДУСТРИЈЕ У ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАЊА

Образовање се често посматра као камен темељац целокупног технолошког, економског и друштвеног развоја, а усвајање знања и вештина кроз процес образовања предмет је интересовања научне, стручне и шире јавности већ дуг период времена. Посебно су у фокусу знања и компетенције инжењера, који се сматрају кључним актерима и лидерима у друштву знања, и од којих се очекује да својим вештинама и креативним и иновативним приступом пронађу решења за све комплексније проблеме у савременим индустријским системима. Инсистира се на заиста широком спектру знања и вештина, интердисциплинарном, флексибилном и системском приступу, што увелико превазилази оквире традиционалне инжењерске професије и могућности образовних институција, па се одговор све чешће проналази у јачању повезаности и сарадње академске заједнице и индустрије.

И сами индустријски системи, услед новонасталих околности, све више постају свесни чињенице да кључ њихове конкурентности, продуктивности и одрживости на локалном, регионалном, па и глобалном тржишту лежи у људском фактору, тачније инжењерима опремљеним свим неопходним компетенцијама, па осећају потребу да се активније укључе у процес образовања и обуке инжењера, унапређење инжењерских студијских програма и стварање релевантног наставног садржаја. Зато се више ни не поставља питање о неопходности сарадње образовних институција и индустрије, већ се сав напор усмерава на проналажење модела партнерства који ће у највећој мери погодовати интересима обеју страна.

Сарадња академске заједнице и индустрије је моћан алат за унапређење иновативног капацитета производног сектора и унапређење економског раста и одрживости (Quintana et al. 2016), а њен највећи утицај је у домену елиминисања гепа у инжењерским компетенцијама, подстицања истраживања и развоја и трансфера знања и технологија. До сада је развијен велики број разноврсних модела сарадње на релацији образовне институције - предузећа, а кандидат је у наставку дисертације представио оне који су наишли на највећу примену у савременим индустријским системима заснованим на Lean производној филозофији и који су га својим постојећим предностима, али и ограничењима, инспирисали на развој сопственог модела.

3.1. Фабрика за учење (Learning factory)

Фабрика за учење је вид сарадње индустрије и образовања чији је циљ унапређење процеса едукације и стварање инжењера светске класе. Настала као резултат потреба стејкхолдера у процесу едукације (индустрија, универзитети, студенти), фабрика за учење интегрише практично-орјентисане курикулуме и фабрике у којима се стварају производи (Lamancusa et al. 2001). У питању је својеврсна платформа за трансфер знања, где група студената тимски ради на решавању специфичних проблема

производње. Велики број дефиниција у различитим публикацијама се може пронаћи под термином „фабрика за учење”, најчешће у зависности од њиховог циља, фокуса, врсте или области примене, а међу првима су овај појам покушали да појасне Roth et al. (1994). Назив фабрика за учење, као комбинација речи “учење” и “фабрика“, користи се за системе који укључују елементе учења или предавања и производно окружење. Управо је присуство речи “учење” у називу допринело популаризацији ових фабрика, јер се наглашава учење кроз рад, односно learning by doing (Ogorodnik et al. 2016). Појам фабрика за учење се често међу истраживачима и практичарима користи упоредо са термином “фабрика за наставу”, па се ова два појма могу посматрати као синоними.

Фабрика за учење се може схватити и као практично орјентисано окружење за учење за студенте и запослене из индустрије, које обухвата мање или више сложено производно окружење (Tisch et al. 2013, Kreimeier et al. 2014). Фабрике за учење усмерене су на побољшање учења и фокусиране на производне технологије и системе, те пружају практична искуства у примени основних производних концепата, алата и технологија, како би се стекла драгоценна знања, потребна како током едукације, тако и током праксе на радном месту. Суштина фабрике за учење је да студенти из више инжењерских дисциплина раде на пројектима за клијенте из индустрије, како би се пронашло свеобухватно решење проблема или реализовале одређене иновације. Кроз рад на пројектима и решавање проблема из стварног света, студенти примењују знања, методе и алате које су усвојили током претходног образовања, а директан контакт са клијентима помаже им да развијају своје лидерске, менаџерске и комуникационе вештине.

Управо је побољшање компетенција полазника и практичан приступ образовању оно што се издваја као примаран циљ фабрике за учење, што су потврдили и Wagner et al (2012), истичући да је фокус фабрика за учење стицање практичних искустава, развој социјалних и колаборативних вештина у радном окружењу, свест о ситуацији и последицама по социо-технички систем и самостално, истраживачко учење. Фабрика за учење несумњиво је померила парадигме у образовању инжењера, показавши се као ефикасан инструмент за развој компетенција и у академском и у производном окружењу (Tisch et al. 2013), па се све чешће срећу примери фабрика за учење прилагођени посебним потребама одређеног предузећа или образовне установе (Wagner et al. 2012).

Број компетенција које се могу стећи у фабрикама за учење често је повезан са бројем процеса и расположивих машина. Ипак, како је због просторних или финансијских ограничења улагање у машине и опрему неретко ограничено, препоручује се сарадња више фабрика за учење кроз међусобно повезане процесе (Weeber et al. 2016). Фабрика за учење је окружење у ком се стварни производни процеси симулирају што је реалније и аутентичније могуће, али она није само проста, умањена реплика стварне индустријске фабрике, већ се пројектује на начин да најбоље служи процесу учења и усвајању знања. Током свог ангажовања у фабрици за учење учесници имају активну улогу у процесу учења и самостално примењују у пракси претходно усвојен наставни

садржај, што им помаже да се касније боље сналазе у комплексним, непознатим и непредвидивим ситуацијама (Abele et al. 2015). Такође, имплементација нових технологија, алата и методологија за унапређење процеса у контексту савремених индустријских система и индустрије 4.0, не могу се реализовати без присуства људског фактора, па су и питања квалификација запослених, обука, радних услова и безбедности на раду, организације рада, итд. интегрисана у сам концепт фабрика за учење. Фабрика за учење стога пружа холистички поглед, обухватајући како техничку, тако и димензију услова на раду (Prinz et al. 2016).

Циљ фабрике за учење је да обезбеди окружење за учење и трансфер теоријских и аналитичких знања и практичних искустава, као и да олакша сам процес учења кроз снажну повезаност са практичним проблемима (Tisch et al. 2013). У овом окружењу студенти добијају прилику да уче самостално, чиме развијају креативно размишљање, и стичу практичне вештина које ће им користити у будућој професији. Обзиром да значајно смањују јаз између компетенција које захтева производни сектор и профила инжењера насталог као резултат академског образовања (O'Sullivan et al. 2011), фабрике за учење се сматрају веома успешним моделом сарадње индустрије и образовања, са веома позитивним утицајем на перформансе студената који на овај начин усвајају знатно већи степен знања него путем класичних екс-катедра предавања (Abele 2012).

Поред академског окружења, овај концепт постаје све више популаран и у савременим индустријским системима, упркос неким супротним мишљењима (нпр. Mavrikios et al. 2013). Wagner et al. (2012) проучавали примену фабрика за учење у истраживању, настави и индустрији и развили шему за њихову класификацију, а Abele et al (2015) истакли како је концепт фабрике за учење значајан јер пружа и предузећима и студентима одговарајуће окружење и могућност за повећање продуктивности. Када се фабрика за учење примењује у области истраживања, као резултат настају техничке или организационе иновације, а када се примењује у области образовања или обуке, резултат је стварање неопходних компетенција, што говори да се у сваком случају остварују бенефити за индустрију. Фабрика за учење је концепт који се савршено уклапа у Lean производне системе, јер захваљујући поменутом моделу добијају прилику да директно едукују своје будуће запослене, који ће се за веома кратко време савршено уклопити у постојеће радне услове и бити опремљени свим потребним знањима, а уједно ће се значајно смањити потреба за додатном обуком на радном месту и повећати флексибилност система.

3.1.1. Настанак фабрика за учење

Концепт фабрике за учење настао је у сарадњи универзитета - Penn State, Washington и Puerto Rico-Mayaguez, државне лабораторије Sandia National Laboratories и 24 партнера из индустрије. Ово партнерство за образовање производних инжењера (енгл. Manufacturing Engineering Education Partnership - МЕЕП) добило је 15. јула 1994. године средства из државног фонда за развој концепта и створило прву фабрику за учење. Три

универзитета су се укључила у процес иновирања инжењерских курикулума како би били компатибилнији са потребама индустрије и интегрисали су развој професионалних инжењерских вештина и сазнања о пословним ограничењима кроз практичне активности у стварним индустријским пројектима. У наредном периоду подигнут је објекат који се простирао на 2000м² и био опремљен машинама, материјалима и алатима како би се реализовало неколико стотина пројеката које је спонзорисало више од сто партнера из индустрије. Програм је брзо стекао националну препознатљивост и 2006. године добио и награду Националне академије инжењера (NAE) за иновације у инжењерском образовању. Овај рани модел фабрике за учење истицао је практично искуство, стечено кроз примену знања усвојеног на универзитету, како би се решили стварни индустријски проблеми (Abele et al. 2015). Због бројних и доказаних предности фабрика за учење, како за индустрију, тако и за образовне институције, брзо је започела њихова примена широм света.

Фабрике за учење су први пут имплементиране у Европи средином 2000-их, са циљем унапређења универзитетског образовања и стручног усавршавања у домену производног инжењерства и менаџмента. Институт за Производни менаџмент, технологију и алате (TU Darmstadt) је међу првима имплементирао фабрику за учење 2007. године, а 2011. је основана Иницијатива европских фабрика за учење (енгл. Initiative on European Learning Factories). Затим се десет водећих института удружило у Мрежу иновативних фабрика за учење (енгл. Network of Innovative Learning Factories - NIL), пројекат који је основао немачки сервис за размену студената. Циљ NIL пројекта био је да обезбеди међународну мобилност у едукацији кроз иновативне образовне програме који ће побољшати квалитет постојећих и будућих фабрика за учење. У даљем развоју и имплементацији фабрика за учење значајну улогу одиграли су CIRP колаборативна радна група о фабрикама за учење и WGP Производна академија (Weeber et al. 2016). Данашње фабрике за учење концентрисане су на различита подручја примене, нпр. унапређење процеса (Lean менаџмент), ресурсе и енергетску ефикасност, управљање квалитетом, логистику, променљивост производних система, управљање променама, стратегијско лидерство, итд. (Wagner et al. 2015), а значајан број њих укључује аспекте који су од кључне важности у изградњи знања и вештина потребних за индустрију 4.0.

3.1.2. Типови фабрике за учење

Термин фабрика за учење покрива широк спектар образовних окружења која имају различите димензије, али ниједна фабрика за учење не личи на другу, нити се користи на исти начин. Фабрике за учење су данас веома распрострањене и постоје у много облика, величина, нивоа комплексности, али све их карактерише тежња ка унапређењу процеса усвајања знања и искуства студената који их похађају. ElMaraghy & ElMaraghy (2014) истакли су како се фабрике за учење могу разликовати у намени (обука, истраживање, примена), имплементацији (физичка или виртуелна, пракса или заједнички пројекти), величини (пуна величина или модули, на радној површини, Лего

и друге едукативне игре), функционалности (статичке или оперативне), и локацији (у лабораторији, даљинска веза са фабриком, у индустрији).

Фабрике за учење су окружења која реално представљају одређене аспекте стварне фабрике, али истовремено уклањају елементе који могу оптеретити студенте при усвајању знања и стицању искуства у планирању производа, производње, логистике и управљања процесима (Mavrikios et al. 2013). Ове активности могу се реализовати при планирању и имплементацији потпуно нове фабрике за учење (енгл. greenfield), али и за побољшање постојећих процеса и фабричког окружења (енгл. brownfield) (Abele et al. 2015). Како будући инжењери морају бити спремни да примене своје знање у различитим аспектима и окружењима савремених производних система, у наставку је приказано неколико типова фабрика за учење.

3.1.2.1. Фабрика за учење за аутоматизацију

У фокусу интересовања партнера из индустрије већ годинама су фабрике за учење усмерене на предавања и обуку о аутоматизованој технологији. У њима студенти и запослени у индустријским системима добијају прилику да уче о основама аутоматизације, технологији животног циклуса производа, сензорима и индустријском умрежавању, а затим и могућност да примењују усвојена знања. Основна идеја овог типа фабрике за учење је стварање поједностављене (дидактички умањене) копија стварне аутоматизоване производне линије, која ће дозволити проучавање различитих функције аутоматизоване технологије, али без оптерећивања комплексношћу стварног фабричког окружења. Модел производног процеса који се користи је углавном веома једноставан и не приказује читав процес стварања вредности, већ је акценат на представљању савремене аутоматизоване технологије. Најновија достигнућа ове врсте фабрике за учење покривају аспекте индустрије 4.0, односно тзв. паметне фабрике, интегришући контролне процесе засноване на RFID (идентификатору радио фреквенција), етернет мреже, виртуално-физичке компоненте и мобилне роботе (Pittschellis 2015).

3.1.2.2. Паметна фабрика

Паметна фабрика је концепт развијен током последњих десетак година на Универзитету у Штутгарту (Немачка) и представља производно окружење које зависи од контекста и способно је за суочавање са турбуленцијама производње у реалном времену и оптимално управљање производним процесима. Паметна фабрика је концепт који сажима производну локацију на величину једне просторије, представљајући кључне физичке и виртуелне процесе индустријске производње на опипљив начин, погодан за истраживање (Kemeny et al. 2016).

Основни мотив настанка паметне фабрике био је да обезбеди флексибилну инфраструктуру за истраживања у оквиру академске заједнице и демонстрацију добијених резултата у индустрији и широј јавности. Паметна фабрика се често схвата као умањена реплика производног окружења индустрије 4.0. Ипак, све већа укљученост

и заинтересованост студената за њено пројектовање и имплементацију отворили су врата употреби у инжењерском високом образовању, где је углавном фокусирана на различите аспекте аутоматизације, интеракције човека и машине, као и виртуелно-физичких системе и индустрију 4.0, који још увек нису заступљени у стандардним фабрикама за учење.

3.1.2.3. Процесна фабрика за учење

Још један тип фабрике за учење је процесна фабрика, која се углавном примењује на техничким универзитетима (нпр. Darmstadt или Munich). У оквиру процесне фабрике за учење студенти се не баве технологојом, већ оптимизацијом процеса, па је циљ да се детаљно упознају са свим методама унапређења процеса. Модел процесне фабрике мора бити довољно аутентична реплика стварног окружења, како би се омогућила примена истих метода за оптимизацију процеса које се користе и у стварној фабрици. Често је једини разлог за умањење ограничен капацитет производног постројења и обима производње.

Процесне фабрике за учење најчешће су присутне у домену Lean производње, логистике, енергетске ефикасности, дизајна, организационе промене. Стандардну процесну фабрику за учење чини присутна индустријска опрема и особље које управља фабриком (најчешће су у питању студенти). Овај тип фабрика за учење може наћи своју примену и у области истраживања, јер је знатно лакше интегрисати и тестирати нову технологију у дидактички поједностављеном окружењу, него у стварној фабрици.

3.1.2.4. Светска фабрика

Концепт светске фабрике, који су представили Wagner et al (2015), подучава студенте креативном размишљању и односу према проблемима тако што их укључује у окружење које пресликава различита подручја деловања предузећа на глобалном нивоу. Светска фабрика намењена је свим студентима, без ограничења у погледу области студирања, па се претежно подстиче интеракција интердисциплинарних студентских тимова (нпр. инжењеринг, друштвене науке, право, економија, технологија, итд), у оквиру већ постојећих модула.

Светска фабрика реализује се формирањем мешовитих тимова који раде на решавању проблема по сопственом избору, а често се подстичу и на покретање сопственог бизниса, при чему студенте саветују искусни ментори из индустрије. Светске фабрике су модалитет који сарадњу академске заједнице и индустрије подиже на виши ниво, кроз интензиван трансфер знања и искуства, заједничке истраживачке и развојне активности и напредне програме индустријске обуке, те представљају важну техничку, организациону и друштвену иновацију за коју се у будућности очекује да ће срушити све постојеће границе између образовних институција и савремених индустријских система.

3.1.3. Дигитална фабрика за учење

Фабрике за учење, посматране као физички производни објекти, имају за циљ да пруже својим полазницима свеобухватан поглед на животни циклус производа кроз различите фазе ланца снабдевања и омогуће им да своје теоријско знање о производњи примене у пракси, кроз оптимизацију процеса (Haghighi 2013). Фабрике за учење се углавном реализују као физичке (захтевају физичко присуство у стварном радном окружењу), али се све више пажње поклања и дигиталним окружењима, односно дигиталним фабрикама.

Дигитална фабрика подразумева интегрисану инфраструктуру за проучавање, анализу, планирање и оптимизацију процеса и производа кроз виртуелно окружење. Она представља стварну фабрику са свим значајним процесима, елементима и ресурсима који су приказани у 3D симулационом моделу. Дигиталне фабрике за учење важне су јер пружају значајну количину информација о процесима и осталим елементима, које се не могу добити кроз физичко присуство у стварном фабричком окружењу, те на овај начин знатно унапређују брзину учења и омогућавају тестирање различитих сценарија кроз виртуелна искуства. Као њихова значајна предност истиче се и могућност оптимизације људског фактора и ергономије у оквиру фабрике.

Почетни корак у дигиталној фабрици је моделирање и симулација стварног фабричког постројења, што захтева детаљно познавање производње и свих релевантних елемената производног система. Након проучавања, развија се поједностављен модел производног система уз помоћ програма за симулацију. Како је стваран производни систем углавном превише комплексан и компликован за симулацију, од кључне важности је развити адекватан модел, који ће са једне стране бити довољно упрошћен, а са друге задржати све неопходне елементе стварног производног система. По завршетку моделирања следи верификација, као финални корак у ком се проверава аутентичност креираног модела и његово функционисање.

Значајна предност дигиталне фабрике за учење је могућност увида у предности, недостатке и све битне аспекте неког производа или опреме у врло раној фази, пре самог покретања стварне производње. Рано откривање могућности за побољшање различитих производних фактора води ка значајном смањењу трошкова, уштеди времена и унапређењу продуктивности и квалитета производа. Почетна улагања у изградњу дигиталне фабрике јесу велика, првенствено због ИТ инфраструктуре, али остварене предности веома брзо оправдавају нешто већа иницијална улагања. Предностима дигиталних фабрика за учење и дигиталне производње, бавили су се, између осталих и Wiendahl et al. (2003), а неки од идентификованих бенефита су: визуализација процеса и постројења, оптимизација (процеса, дизајна производа, просторног размештаја, ефикасности и продуктивности, потрошње енергије, ергономских карактеристика, безбедоносних проблема) пре започињања стварне производње, висока поузданост и прихваћеност добијених резултата, анализа различитих сценарија уз ниске трошкове и напоре, смањење трошкова услед раног откривања грешака, скраћење времена лансирања производа на тржиште, итд.

3.1.3.1. Поређење физичке и дигиталне фабрике за учење

Детаљно поређење свих значајних параметара и карактеристика дигиталних и физичких фабрика за учење извршио је Haghghi (2013). Добијени резултати приказани су у Табели 3.1, где знак + плус представља уочену предност, а знак - недостатак за сваку од посматраних категорија.

Табела 3.1 Компарација дигиталне и физичке фабрике за учење

ДИГИТАЛНА ФАБРИКА ЗА УЧЕЊЕ		ФИЗИЧКА ФАБРИКА ЗА УЧЕЊЕ	
УЛАГАЊА			
Велико почетно улагање у ИТ инфраструктуру	-	Нема улагања у ИТ инфраструктуру	+
Нема временског ограничења (симулација се одвија великом брзином, нпр. неколико минута у виртуелном окружењу наспрам месец дана у физичком)	+	Временско ограничење (потребно дуже време за симулацију сценарија)	-
Нема буџетских и просторних ограничења	+	Буџетска и просторна ограничења	-
Лака симулација неизвесности	+	Тешка, скупа и дуготрајна симулација неизвесности (нпр. као кварови машина)	-
Погодно за холистичку анализу (посебно ланца снабдевања)	+	Ограничен обим проучавања	-
Велики број могућности за проучавање сценарија (због виртуелног окружења)	+	Унапред дефинисано и ограничено проучавање сценарија	-
ПРОЦЕС ПОДУЧАВАЊА			
Није потребна физичка присутност (због учења на даљину могућ већи број учесника)	+	Неопходна физичка присутност	-
Тестирање и проучавање сценарија без ограничења	+	Ограничено тестирање и проучавање сценарија	-
Краћи период подучавања (симулације брзе и могу се поновити више пута)	+	Дужи период подучавања (дуго се чека на резултат)	-
Нема безбедоносних ризика (важно за почетнике без искуства, могу се симулирати хитни случајеви, нпр. пожар)	+	Постоје безбедоносни ризици (због суочавања са стварном опасношћу, али су и бољи резултати учења)	-
Могуће истовремено проучавање и поређење различитих сценарија	+	Није могуће покренути различите сценарије истовремено	-
Потребно искуство у симулацији (да би предавачи могли управљати сценаријима и анализирати резултате)	-	Није потребно искуство у симулацији	+
Није ограничен број полазника (капацитет зависи од броја рачунара)	+	Ограничен број полазника.	-

Табела 3.2 (наставак) Компарација дигиталне и физичке фабрика за учење

РЕЗУЛТАТИ ПОДУЧАВАЊА			
Краће време анализе резултата	+	Дуже време анализе резултата (информација се сакупљају ручно)	-
Нема људских грешака (које понекад доприносе искуству учења)	+	Могућност људских грешака (посебно током прикупљања/уноса података из/у различит софтвер)	-
Велики број статистичких анализа (због постојања различитих статистичких софтвера)	+	Ограничен број статистичких анализа.	-
Велики број алата и могућности за визуализацију	+	Ограничени алати за визуализацију и поређење резултата.	-
ИСКУСТВА УЧЕСНИКА			
Нема физичког искуства (без тимског рада, рада на машинама, итд)	-	Физичко искуство (због физичке присутности кандидата)	+
Искуство у раду са софтвером за симулацију (веома корисно за инжењере)	+	Без искуства у раду са софтвером за симулацију	-
Стечено искуство може бити заборављено (ако се не примењује у пракси)	-	Стечено искуство се дуже памти (ако се физички искуси)	+
Процес учења може бити досадан (због дугог седења за рачунаром)	-	Процес учења забавнији и практичнији	+

Анализом резултата представљених у табели уочава се да дигиталне фабрике заиста пружају бројне предности процесу учења, али још увек не могу да замене усвајање садржаја који захтевају физичку интеракцију (нпр. тимски рад, рад на машинама, итд). Концепт потпуно дигиталне фабрике, бар са постојећом виртуелном технологијом, још увек је далеко, јер се нека искуства (попут додира, мириса) и појмови (попут тимског рада) не могу адекватно реализовати у дигиталним окружењима. Примену дигиталних окружења стога треба посматрати као помоћни алат за учење и као допуну традиционалних облика образовања и обуке који инсистирају на физичком присуству. Ипак, од дигиталних окружења се тек очекује да дају свој пун допринос унапређењу процеса едукације инжењера у савременим индустријским системима.

3.1.4. Предности и ограничења фабрика за учење

Фабрика за учење као модел сарадње образовног система и индустрије студентима пружа могућност да примењују претходно усвојене садржаје у стварном производном окружењу, што повећава степен разумевања наученог али и степен памћења у поређењу са другим наставним концептима (CIRP 2014). Студенти који похађају фабрике за учење остварују боље перформансе при практичној реализацији, али исказују и виши степен акционо оријентисаног учења у односу на колеге из конвенционалног образовања. Кроз фабрике за учење, они стичу искуства рада у производном окружењу, упознају се са различитим концептима и принципима производних система, стичу

искуства у раду са машинама, алатима и опремом, искуство рада у тиму, као и спремност да се суоче са изазовима (Cachay et al. 2012). Дакле, студенти добијају прилику да у експерименталном окружењу усвајају практична искуства о сложеној индустријској стварности, оспособљавајући се притом и за успешно управљање непредвиђеним ситуацијама (Schreiber et al. 2016). У овим фабрикама студенти се подстичу да експериментишу и уче из својих грешака, али без страха од могућих негативних последица, чиме се даље развија њихова знатижеља и флексибилност, као веома пожељне инжењерске компетенције. Међу погодности које пружа фабрика за учење битно је истаћи и могућност тестирања и рада са новим алатима и технологијама, односно могућност примене нових производних метода и концепата. Lamancusa et al. (1997) бавећи се доприносом фабрика за учење унапређењу и модернизацији инжењерских курикулума, поделили су њихове бенефите у две основне категорије - користи за студенте и користи за индустријске системе.

Фабрике за учење могу пружити следеће *користи за студенте*:

- увид у стварање производа (од фазе пројектовања до финалне производње)
- продубљивање теоријског и стицање практичног инжењерског знања
- искуство рада са алатима, машинама и новим технологијама
- искуство у решавању стварних индустријских проблема
- искуство рада у индустријским објектима
- искуство рада у тиму и комуникације са партнерима
- креативан и иновативан приступ проблемима
- интеграција знања из различитих области
- свеобухватан поглед на производне процесе
- уживање у процесу усвајања знања, итд.

Поред наведених предности за студенте, значајно је истаћи и *користи* које кроз фабрике за учење остварује *академска заједница* (Naghghi 2013):

- финансијска подршка индустрије
- донације нове опреме и машина
- увид у индустријске потребе
- рад на заједничким пројектима и истраживањима
- сарадња у развоју нових технологија
- унапређене компетенције студената
- унапређене компетенције академских истраживача
- релевантни наставни планови и програми
- раст мотивације и ангажовања студената у укупном наставном процесу
- гостујућа предавања експерата из индустрије
- организоване посете индустријским постројењима
- углед у академској и професионалној заједници, итд.

Поред доприноса образовном систему, фабрике за учење могу пружити следеће *користи за индустријске системе*:

- расположивост компетентних и обучених инжењера
- могућност препознавања потенцијала будућих запослених
- решавање актуелних проблема кроз пројекте у сарадњи са универзитетима
- сарадња са универзитетом на развоју нових технологија
- могућност додатне едукације и обуке тренутно запослених радника
- раст мотивације и иновативног потенцијала тренутно запослених радника
- тестирање разноврсних сценарија у области производње
- оптимизација индустријских производа и процеса
- иновативан и нестандардан приступ решавању проблема
- конкурентска предност кроз нова решења
- тестирање иновација и нових технологија
- углед у академској и професионалној заједници, итд.

Анализирајући истакнуто, намеће се закључак да имплементација фабрика за учење представља win-win ситуацију, која погодује интересима и академске заједнице и индустријских система. Студенти, радећи на стварним индустријским пројектима, у прилици су да усвајају бројна и актуелна производна знања и искуства, вештине тимског рада, комуникације и целоживотног учења, стичу самопоуздање и унапређују своје личне и професионалне способности.

Индустријски системи добијају могућност да активно учествују у процесу едукације и развоја компетенција инжењера које ће бити у потпуности компатибилне са њиховим потребама, остварује бенефите трансфера иновација и нових технологија из академског окружења у производни погон, тестирају нова решења и концепте пре њихове финалне имплементације у фабрици, итд. Основне предности које фабрике за учење доносе свим учесницима у процесу едукације инжењера представљени су Сликаом 3.1.



Слика 3.1 Бенефити фабрика за учење

Ограничењима и негативним аспектима развоја и примене фабрика за учење бавио се знатно мањи број аутора, тако да је и литература прилично оскудна. У студији случаја Универзитета Pennsylvania (2015) наведене су *баријере* са којима су се сусрели при имплементацији фабрике за учење, а које се могу односити и на друге образовне институције:

- Финансирање. Проблем финансирања развоја и имплементације фабрика за учење до скоро је био значајан ограничавајући фактор (посебно када су у питању мала и средња предузећа), али је у последње време евидентан раст финансирања од стране државе, што знатно смањује трошкове пројеката за остале учеснике.
- Очекивања предузећа. Финансијери и спонзори пројеката који се реализују у оквиру фабрика за учење морају бити свесни чињенице да сарађују са тимовима студената, а не са професионалним инжењерима, и томе прилагодити своја очекивања у погледу времена завршетка и резултата пројеката.
- Непостојање гаранције за успешну реализацију пројекта. На сваком пројекту у оквиру фабрике за учење углавном ради тим од 3 до 5 студената, у претходно утврђеном периоду, што најчешће подразумева један семестар тј. 15 недеља и приближно 400 сати рада. Резултати пројекта зависе од његове комплексности, али и способности чланова тима, учесталости интеракције и подршке клијената и других варијабли, па је сасвим могуће да у неким ситуацијама пројекат не буде успешно или у предвиђеном року реализован.
- Улога ментора. Резултати пројеката покренутих у оквиру фабрика за учење у великој мери зависе од ментора који надгледају и усмеравају тимове студената. Ментори одржавају недељне састанке са својим тимовима и процењују њихова достигнућа користећи недељне извештаје о напретку, али и подстичу студенте да поменуте извештаје шаљу својим спонзорима из индустрије и одржавају са њима редовну комуникацију.

Међу наведеним факторима, највеће ограничење несумњиво је проблем финансирања, јер имплементација фабрика за учење углавном зависи од предвиђеног буџета и трошкова одржавања. Још један потенцијално лимитирајући фактор је немогућност учења из искуства других, односно немогућност копирања успешне имплементације једне фабрике за учење на примеру друге, најчешће због различитих физичких или виртуелних окружења, и осталих специфичности.

3.1.5. Пренос знања у фабрици за учење

Фабрике за учење представљају облик учења кроз рад (енгл. learning by doing) са веома значајном улогом у развоју инжењерских компетенција. Учење кроз рад развија дубље и садржајније знање, као и веће ангажовање и мотивацију, него класични облици учења. Учењем кроз рад у стварном фабричком окружењу студенти брже усвајају знања, боље памте и разумеју научен садржај и боље примењују у пракси оно што су научили. Овај став потврђује и истраживање Plogin et al. (2015) о ефикасности

наставних метода, где су студенти оценили фабрике за учење, дискусију и симулацију као најефикасније методе за пренос и усвајање знања, а електронско учење, комбиновано учење и самостално учење као најмање ефикасне. Abele et al. (2015) описали су фабрику за учење као окружење у ком се учесници обучавају на стварном току вредности у производном систему и препоручили да се задаци студената реализују у лошим почетним условима у фабрици, које ће сами исправљати и побошњавати, истовремено развијајући сопствене компетенције.

Већина постојећих фабрика за учење фокусирана је углавном на једну област истраживања, али је препорука да се у будућности тежи интердисциплинарном приступу (попут светске фабрике) због могућности усвајања знања из различитих области у кратком периоду. Wagner et al. (2015) представили су фабрике за учење које комбинују различите наставне методе (нпр. предавања, замена улога, симулације) и различите техничке, нетехничке и интердисциплинарне садржаје. Фабрике за учење су веома погодне за примену симулација, учења кроз пројекте и истраживање, учења кроз игру, праксе, комбинованог учења, али и различитих едукативних алата и савремених технолошких решења (употреба медија, виртуелна и проширена реалност, QR-Code читач, електронске књиге, различите анимације, платформе и игре, итд) како би се развиле компетенције неопходне за рад у савременим индустријским системима.

3.1.6. Виртуелно окружење и фабрика за учење 2.0.

Рад у виртуелним окружењима је за данашње инжењере постао готово свакодневница, те се сматрају веома значајним и стратегијским средством које ће олакшати усвајање знања у производном образовању (Manesh & Schaefer 2010). Због могућности визуелног представљања процеса и просторног размештаја у фабрици и располагања великом количином података и анализа, виртуелна окружења имају важан допринос у унапређењу процеса учења. Ипак, како би се на најбољи начин побољшао квалитет учења, потребно је, узевши у обзир све идентификоване предности и недостатке, одредити адекватан баланс физичког и виртуелног окружења. Pan et al. (2006) препоручују употребу виртуелних окружења као веома погодног алата за изучавање производних концепата, када процес учења у реалном систему није изводљив, дуготрајан је или скуп.

Фабрика за учење 2.0. представља проширење концепта фабрике за учење, а заснива се на виртуелном окружењу и употреби виртуелних модела и симулација. Фабрика за учење 2.0 настоји да развије свест о неопходности холистичког приступа решавању проблема, за који је неопходна редовна комуникације и сарадња сектора производње и сектора развоја производа, како би се добили комплементарни резултати. Она подразумева дуготрајну обуку кроз пројекте на којима раде интердисциплинарне групе студената у периоду од најмање једног семестра. Студенти добијају задатке према својој области специјализације, па постоје групе које се баве развојем прототипа, развојем производа, унапређењем производње, али и пројектима из области пословне економије, инжењерства, услужних система.

Управо се интердисциплинарни приступ који карактерише фабрике за учење 2.0. сматра и првим кораком ка стварању “компанија за учење” (енгл. Learning Company), које ће бити намењене образовању студената у различитим дисциплинама (Bedner 2015). Концепт компанија за учење подразумева да ће се образовање и компетенције студената унапређивати најпре кроз рад на мултидисциплинарним пројектима, а затим и рад на стварним пројектима у сарадњи са партнерима из индустрије.

3.2. Кооперативно образовање (Co-operative education)

Едукатори су данас под великим притиском доказивања свог доприноса развоју студената и њиховим резултатима на радном месту (Drewery et al. 2016), па бројни образовни програми укључују различите облике учења на радном месту (енгл. Work-Integrated-Learning - WIL). WIL подразумева учење кроз радно искуство (Smith et al. 2009), а кооперативно образовање (енгл. Co-operative education - Co-op) је један његов истакнут облик. Кооперативно образовање разликује се од других облика учења на радном месту (нпр. пракса, услужно учење, стажирање), јер подразумева партнерски однос између академске институције и послодавца, углавном је плаћено и има за циљ унапређење образовања студената.

У литератури се могу пронаћи бројне дефиниције за појам кооперативно образовање. Према Schneider-у, који се сматра оцем кооперативног образовања, оно суштински представља спајање теорије и праксе. Кооперативно образовање посматра се као структуриран начин комбиновања академског образовања са практичним радним искуством (WACE - World Association for Co-operative Education), односно програм који интегрише академске студије са радним искуством студента, уз учешће послодавца (CAFCE - Canadian Association for Co-operative Education). Подразумева образовне стратегије које интегришу академске програме са учењем кроз продуктивно радно искуство у области која је повезана са академским или професионалним циљевима студента (Groenewald 2004). Кооперативно образовање стимулише решавање проблема који студенте подстичу на учење кроз радно искуство у стварном свету (Parsons et al. 2005).

Co-op подразумева наизменично смењивање периода радних искустава и академске наставе, стварајући повезаност међу њима и вршећи контекстуализацију знања и повећање радне способности (Coates 2005). Кооперативни образовни програми функционишу као полигони на којима студенти развијају и увежбавају сопствене сетове вештина (Freudenberg et al. 2011), и кроз системски приступ промовишу интеграцију академских предавања и учења у радном окружењу. Учење у образовним институцијама помаже студентима да развију способности стицање знања и критичког размишљања, док им искуство на радном месту омогућава да примењују то знање у стварном свету и развијају интерперсоналне вештине, попут решавања конфликта, комуникације и умрежавања (Drysdale & McBeath 2012). Co-op се посматра и као вид образовања које пружа убрзано интелектуално и емоционално сазревање, и много је више од простог стручног оспособљавања (Parsons et al. 2005).

У овом моделу се смењују периоди наставе на факултету и периоди стажирања у предузећима, чије учешће треба да буде минимум 30% од укупног временаведеног на академским студијама.

Кооперативно образовање, комбиновањем класичних предавања и учења кроз разноврсне радне ситуације, формира квалитетно обучене и квалификоване запослене, спремне да се суоче са динамичним и захтевним тржиштем рада. Овај вид образовања погодује послодавцима јер директно утичу на обуку и развој потребних вештина својих будућих запослених, али и студентима јер откривају свој правац каријере, развијају склоности ка одређеној врсти посла и поистовећују се са одређеним занимањем (Drewery et al. 2016). Упркос неколицини значајних дефиниција, најједноставније се може описати као спајање теорије и праксе, где образовни садржај треба да буде уско повезан са подручјем интересовања сваког студента.

3.2.1. Настанак кооперативног образовања

Први програм кооперативног образовања у САД-у покренут је 1906. на Универзитету Cincinnati од стране инжењера и педагога Германа Schneider-а (за учешће у програму пријавило се 27 студената), а затим у Канади 1957. године, на Универзитету Waterloo (за учешће у програму пријавило се 75 студената). Оба поменута програма настала су како би се задовољиле потребе индустрије за боље припремљеним инжењерима, али су наишла на велики отпор традиционалних едукатора и представника индустрије. Упркос иницијалном противљењу, програми су веома брзо остварили успех и почели да се користе као модели за велики број других универзитета који су започињали имплементацију кооперативног образовања у својим инжењерским програмима (Haddara & Skanes 2007). Временом су се почели јављати и кооперативни образовни програми ван инжењерских дисциплина, па је Универзитет Cincinnati покренуо програм кооперативног образовања у пословању 1920. године, уследио је програм на Universite de Sherbrooke 1964. године, а затим и на Меморијалном универзитету у Newfoundland-у 1968. године.

Термин кооперативно образовање јесте настао у САД-у, али се у пракси овај тип образовања примењивао још половином 19. века у Енглеској. Сматра се да је први формални програм кооперативног образовања, познат под називом „сендвич“ програм, уведен у северној Енглеској 1903. године, на Sunderland Technical College. Првобитни циљ кооперативних образовних програма био је да премости јаз између теорије и праксе у инжењерском образовању, упозна са актуелностима у индустрији и учини високо образовање доступним што већем броју студената (Sovilla & Varty 2004). Ова фаза у развоју кооперативног образовања, када је посматрано као метода допуне класичног образовања практичним искуством, трајала је око 50 година. Како је временом имплементација кооперативног образовања расла, расло је и противљење скептика који су сумњали у његову ефикасност, па су у касним 50-тим годинама прошлог века започела и прва озбиљна испитивање ваљаности модела кооперативног образовања и његовог утицаја на високо образовање.

Фактори који су довели до друге фазе у развоју кооперативног образовања су појава све већег броја кооперативних образовних програма и укључивање великог броја едукатора у осмишљавање тих програма. Такође, услед нестабилне економске ситуације тражени су чврсти аргументи за заслуге кооперативних програма, јер су њихови трошкови представљали велико оптерећење за буџет образовних институција.

Ова фаза се сматра се почетком озбиљнијег проучавања кооперативног образовања, јер већина раних студија присутних у литератури '60-их, '70-их и '80-их година имала је ограничен опсег, а понекад и контрадикторне резултате. Крајем '90-их и почетком новог миленијума почиње и трећа фаза у развоју кооперативног образовања, када оно поново доспева у фокус интересовања (нпр. Grubb & Villeneuve 1995, Wilson et al. 1996, Van Gyn et al. 1996, Schaafsma 1996, Ricks 1996, Grosjean 2003, Eames & Coll 2004).

Евидентно је да је током свог развоја кооперативно образовање прошло дуг пут и од почетног игнорисања и критиковања, временом напредовало и постало једна од доминантних образовних пракси широм света. Оно се данас примењује у већем делу света, у сваком научном подручју, од предшколских институција до факултета и програма за обучавање одраслих (Johnson & Johnson 2009).

3.2.2. Приступу кооперативном образовању

Од својих почетака у Синцинатију 1906. године, кооперативно образовање се развило у програм са два доминантна модела (Grubb & Villeneuve 1995). Први модел подразумева да студенти један семестар похађају академску наставу, па један семестар стичу практична искуства, понављајући циклус неколико пута до момента дипломирања. Други модел, који се назива и паралелни, подразумева да током дана студенти део времена проводе на факултету, а део на послу структурираном тако да се уклопи у распоред наставе студента.

Сендвич модел, који се примењује у Енглеској, и семестрални модел, који се примењује у САД, примери су првог модела кооперативног образовања и подразумевају да студенти раде 40-сати недељно (стандардно радно време) током одређеног периода (најчешће између три и шест месеци), након чега се враћају похађању наставе. Како би максимално искористили могућност учења кроз рад, пре или током радног ангажовања студенти могу похађати одређене online курсеве, нпр. о понашању на радном месту (Grubb & Badway 1998). Обзиром да се циклус наизменичног смењивања академске наставе и радног искуства често понавља и више пута, време потребно за завршетак студија полазника кооперативних програма неретко се пролонгира за годину дана или више (Gardner et al. 1992, Blair et al. 2004). Отежавајућу околност представља и чињеница да студенти немају летњу паузу, већ и током ње раде, што значи да су ангажовани 12 месеци у години (McCallum & Wilson 1988).

Истраживање о врло успешним кооперативним програмима у Синцинатију (Grubb & Villeneuve 1995) и на LaGuardia Community College (Grubb & Badway 1998) указало је да деле основну филозофију и примењују образовну стратегију „из школе-на посао“ (енгл. School-To-Work), чији је упориште у повезивању академског и учења кроз рад

стварањем структуре која ће помоћи студентима да унапреде своје вештине, истражују важне пословне и друштвене теме и развијају критичко размишљање (Grubb & Badway 1998). За успех кооперативног образовања изузетно је битна подржавајућа култура образовне институције (Grubb & Villeneuve 1995). Иако у таквој култури постоје јасна и разумљива дугорочна очекивања свих учесника у кооперативном образовању (образовне институције, послодавци, студенти), тешко ју је одржати током времена (Grubb & Badway 1998). Finn (1997) верује да одговор лежи изван тумачења со-ор као образовне стратегије, педагогије, модела, методологије или курикулума и да кооперативно образовање треба да развије и дефинише сопствена знања, истражи концепт учења кроз искуство и појасни и унапреди квалификације полазника. За Ricks (1996) кооперативно образовање треба да се залаже за унапређење економије, радног века људи и способности целоживотног учења и позиционира се тако да служи потребама учења студената у 21. веку.

Barton (1996) и Wilson et al. (1996) идентификовали су различите активности учења кроз рад (со-ор, пракса, приправнички стаж, професионалне академије, итд) које развијају повезаност и сарадничке односе на послу. Varty (1994) истиче улогу менторства, наглашавајући како со-ор модели нису адекватни за студенте у старијем добу или раднике којима је потребна преквалификација. Упркос одређеним проблемима и даље је присутан оптимизам у погледу будућности кооперативног образовања (Furco 1996), али се оно мора редизајнирати. Нова визија подразумева со-ор образовање као модел курикулума који спаја радно искуство и наставу (Wilson et al. 1996). Ricks (1996) предлаже афирмативне принципе учења кроз рад који ће интегрисати искуства у учењу у школи и на послу. Schaafsma (1996) се залаже за промену парадигме учења и померање фокуса од садржаја учења ка већем разумевању самог процеса учења, а Van Gyn (1996) за већу ефикасност кооперативног образовања јачањем рефлексије. Рефлексијом као важним елементом кооперативног образовања, који подстиче со-ор студенте да сагледају сопствена искуства и уче из сопственог рада, бавили су се и Drysdale (2012) и Pretti et al. (2014).

Улогу кооперативног образовања у инжењерском образовању треба истражити у контексту промене образовних циљева. Од будућих инжењера очекује се да поседују широк спектар вештина, а могућност да те вештине усвоје и заиста усаврше у радном окружењу битна је предност со-ор студената. Ипак, остварен академски успех не мора нужно подразумевати и успешно кооперативно учење на радном месту (Parsons et al. 2005). Cates & Cedercreutz (2008) сматрају да се процена послодаваца о радној успешности со-ор студената може искористити за континуирано унапређење академских курикулума. Fleming (2013) упућује да нови фокус треба да буде однос образовних институција и послодаваца и да образовне институције треба активније да се укључе у надгледање практичне обуке, чиме ће допринети побољшању радних услова, количине усвојеног знања и квалитет рада со-ор студената. Drewery & Pretti (2015) су сличног става и инсистирају да се већа пажња обрати на однос између студента и ментора, који у великој мери утиче на задовољство студената со-ор програмом и бенефитима које остварује.

3.2.3. Предности и ограничења кооперативног образовања

Успешност програма кооперативног образовања, која првенствено зависи од партнерства и међусобних односа послодаваца, академских институција и студената, предмет је интересовања великог броја истраживача и практичара, који су испитивали предности помнутог образовног модела. Wessels & Jacobsz (2010) истицали су корисност примене кооперативног образовања и у индустријском и у образовном окружењу и инсистирали на већем уважавању ове образовне стратегије од стране високообразовних институција.

Dressler & Keeling (2004) сумирали су *користи* кооперативног образовања *за студенте*, попут унапређеног процеса учења и усвајања знања, веће дисциплине, преузимање одговорности за сопствено учење, бољег решавања проблема, аналитичког размишљања, бољих академских резултата, већег просека оцена, веће преданости образовним циљевима, више могућности за финансирање образовања. Поред тога, кандидати који су завршили програме кооперативног образовања чешће заузимају одговорна радна места (Riggio et al. 1994, Blair & Millea 2004) и више зарађују (Gardner & Perry 2011) у каснијој каријери од других студената.

Кооперативно образовање доприноси и јачању самопоуздања студената и њихове слике о себи, унапређује социјалне вештина, доприноси стицању практичних знања и вештина и већем броју прилика за запошљавање (Garavan & Murphy 2001). Студенти добијају прилику да тестирају вештине усвојене током академског образовања и тако прошире своје знање кроз релевантно радно искуство, али и да процене сопствено задовољство изабраним будућим занимањем.

Истраживање Dickson (2006) потврдило је велико задовољство студената со-ор програмима, а Doel (2009) истакло њихову подршку запошљавању студената у свим академским дисциплинама кроз радионице за израду CV- ја, припрему за интервју за посао и курсеве стручног усавршавања. Послодавци приликом запошљавања дају предност студентима кооперативног образовања због бољих академских резултата, развијенијих интерперсоналних вештина и веће професионалности у односу на друге студенте (Drysdale et al. 2007). Такође, код ових студената приметне су и развијеније генеричке вештине, што укључује међуљудске вештине, управљање самим собом, вештине учења и прилагодљивости, решавање проблема, концептуалне и аналитичке способности, говорну комуникацију, тимске вештине (Freudenberg et al. 2011). Као предност со-ор програма истиче се и да студенти зарађују новац током образовања, што им даје могућност да финансирају сопствено образовање, у прилици су да искусе стваран живот, сазревају и професионално и емоционално, лакше проналазе посао по окончању образовања, баве се темама из индустрије у свом завршном раду, итд. (Saritas et al).

У суштини, похађајући со-ор програме студенти раде стварне послове са пуним радним временом, што побољшава њихову способност усвајања знања и припрема их за будуће радно место.

Кооперативни образовни програми интегришу академске студије студената са радним искуством код послодаваца из различитих области, а настали су као одговор на идентификоване проблеме и изазове у индустрији (минимизирање трошкова запошљавања, прилагођавање и уклапање кандидата на радно место, социјализација, учинак запослених) (Pennaforde & Pretti 2015). Велики број послодаваца сматра да им запошљавање студената уписаних на програме кооперативног образовања пружа велику корист (Braunstein et al. 2011), јер су они ангажованији, стручнији у извршавању задужења и спремни да прихвате више од стандардних радних задатака (Drewery et al. 2016).

Учешћем у кооперативним програмима *послодавци* такође остварују значајне *погодности* у виду мотивисаних нових радника који доносе нове идеје и другачију перспективу, побољшања свог корпоративног имиџа, уштеде у трошковима, динамичног радног окружења, базе кандидата за запошљавање (Reeve 2001), прилике да процене потенцијално запослене, позитивних интеракција са универзитетима и другим институцијама (Braunstein & Loken 2004). Кроз кооперативно образовање послодавци активно учествују у обуци и развоју вештина студената и тако обликују будуће запослене према потребама својих система, а со-ор студенти идеалан су извор радне снаге у случају привремених потреба за људским ресурсима (одлазак стално запослених радника из предузећа, рад на краткорочним пројектима, итд).

Од ових програма *корист* има и *академска заједница*, јер добија вредне повратне информације о квалитету и релевантности курикулума од студената и послодаваца и могућност да обликује веома компетентне студенте спремне да остваре значајну улогу у друштву. Martin (1997) је у својој студији доказао да је присуство програма кооперативног образовања фактор који највише утиче на одлуку студената при избору факултета, те да је чак 89% испитаних студената било спремно да похађа годину дана дужи програм кооперативног образовања, у односу на регуларни наставни програм. Кооперативни програми уједно обезбеђују већи упис студената и привлаче студенте који се сматрају изузетним у погледу академских и практичних резултата (Van Gyn et al. 1996). Међу осталим бенефитима за образовне институције могу се истаћи и интеракција са индустријом, информације о квалитету курикулума, информације о актуелним индустријским истраживањима и могућностима за реализацију заједничких пројеката (CAFCE), што повећава обим и квалитет њихове образовне понуде, али и статус који уживају у друштву (Breen & Hing 2002).

Упркос бројним предностима кооперативног образовања за студенте, академску заједницу и индустрију, овај образовни модел бележи и одређене *недостатке*. Дешава се да студенти пропуштањем академске наставе (услед преоптерећености), временом све више заостају у градиву, што се одражава и на дужи период студирања, али и њихов незадовољавајући учинак на послу. Велики проблем је и експлоатација студената од стране предузећа, која у неким случајевима третирају со-ор студенте као јефтину радну снагу, или их чак ни не плаћају. Како би се спречиле ове негативне последице, пожељна је и активнија улога државе и њено укључивање у питање финансирања овог вида

образовања (Haddara & Skanes 2007). Кооперативни програми на академским институцијама могу бити угрожени услед проблема са финансирањем, а за студенте проблем представља и превелик притисак са којим се суочавају. Немали број аутора осуђује и претеран акценат кооперативног образовања на практичан рад и занемаривање академског образовања (Ricks et al. 1993, Schaafsma 1996, Van Gyn 1996, Wilson et al. 1996, Crow 1997).

3.2.4. Пренос знања у кооперативном образовању

Кооперативно образовање је модел који интегрише учење кроз предавања и учење кроз искуство на радном месту како би се формирали компетентни и за тржиште рада квалификовани професионалци, па је и примена кооперативних образовних програма мотивисана потребом послодаваца за људским ресурсима одговарајућег профила и компетенција. Захтеви и процедуре о кооперативном образовању могу се разликовати међу образовним институцијама, али током трајања кооперативних програма углавном је неопходно поштовање следећих критеријума (CAFCE):

- свако радно ангажовање договорено са послодавцем мора бити одобрено од стране институције високог образовања као погодно окружење за учење
- током радног ангажовања студенти ће се бавити продуктивним радом и добијати адекватну надокнаду
- Со-ор курикулуми морају одговарати циљевима учења и личним циљевима студената
- учинак студента радном месту надгледа и оцењује послодавац
- напредак студента током кооперативног програма надгледа образовна институција
- радни и академски периоди су стандардни и прате утврђен редослед (радно ангажовање подразумева бар 30% времена проведеног у академском студирању, траје најмање 12 недеља или 420 сати плаћеног рада)
- Со-ор програми почињу и завршавају се током периода студирања.

На крају радног периода студенти углавном подносе извештај у виду пројектног задатка, чији формат одређује образовна институција на основу личних, професионалних и циљева програма, где наводе шта су конкретно радили на радном месту, која знања су усвојили и како су она повезана са њиховим академским студијама и професионалним циљевима. Процена усвајања знања кроз кооперативне програме у потпуности је у надлежности образовне институције, која процењује радни учинак студента, одговорност послодавца, као и сам програм.

У суштини, кооперативно образовање третира институције високог образовања и послодавце као ко-едукаторе задужене да осигурају да радно место представља одговарајуће окружење за учења студената (Parsons et al. 2005), а по завршетку кооперативних програма студенти стичу могућност да да интегришу своја искуства како би повећали знање, разумевање и створили повезаност између различитих искустава (Groenewald et al. 2011).

3.3. Хитозукури и Монозукури

Јапанска филозофија Kaizen, која подразумева континуирано унапређење и укореењена је у јапанску културу већ вековима, заснива се на две друге идеје - Монозукури и Хитозукури. Моно се односи на ствари, а Зукури је стварање, док се Хито односи на особе, а Зукури образовање и оспособљавање особа да постану стручњаци у стварању (производњи) ствари. Последично, Хитозукури подразумева образовање и обуку радника, а Монозукури настанак ствари у производном процесу који захтева креативност и често се поистовећује са умешношћу (Saito et al. 2012).

Иако је стварање ствари или Монозукури у самој природи индустрије, Lean филозофија додаје потпуно нову димензију, односно стварање људи или Хитозукури. Људи запослени у предузећу су у константној међусобној интеракцији да би створили систем који се развија и стално унапређује са циљем да пружи додатну вредности клијенту, уз истовремено уклањање губитака (Masai et al. 2015). Хитозукури представља много више од обучавања радника производним методама, он учи људе како да стекну и остваре пун потенцијал и примене своја знања на радним местима уз адекватно и одрживо реаговање на промене (Saito et al. 2012). Развијајући своје вештине кроз образовање и обуку, запослени у Lean предузећима истовремено раде на сталном унапређењу организационих процеса (Masai et al. 2015).

3.3.1. Настанак и развој Хитозукури и Монозукури приступа

Промовисање развоја људских ресурса и образовања вековима је у средишту јапанске филозофије развоја (Yoshida 2013). Председник компаније Тојота Fujio Cho (данас у функцији почасног председника), истакао је важност Хитозукури-ја и Монозукури-ја у свом годишњем обраћању у фабрици у Вијетнаму (Cho 1995) и истакао да TPS, као Тојотин специфичан приступ раду, под великим утицајем Хитозукури-ја (процес едукације људи) и Монозукури-ја (процес израде или стварања ствари) (Cho 2005).

Чињеница је да без адекватног разумевања улоге људског фактора, ни операције у производном систему неће функционисати, а запослени неће бити мотивисани да уклањају губитке или учествују у побољшањима. Управо зато је људски фактор најкомпликованији, најмоћнији, највреднији и најтежи елемент сваког TPS-а (Badurdeen et al. 2011). Аналогно томе, Хитозукури је темељ за Монозукури, а заједно пружају основу за уравнотежен приступ за увећање капацитета људских ресурса у савременим индустријским системима заснованим на Lean производној филозофији.

3.3.1.1. Хитозукури

Хитозукури је добио централно место у политици јапанске владе 1979. године, када је премијер Masayoshi Ohira одржао говор на Генералној скупштини Уједињених нација и истакао како је Јапан кроз историју наглашавао образовање и потенцијал људских ресурса као најважније факторе у развоју државе. Назвао их је заједничким именом Хитозукури и изјавио да ће најважнији задатак јапанске политике бити неговање

неограниченог потенцијала запослених (првенствено младих) кроз индустријску обуку. Хитозукури је данас широко заступљен у разним секторима јапанског друштва, где повећава мотивисаност сваког запосленог пружајући му могућности за лични развој. Иако се често употребљава у образовном контексту, изворна идеја Хитозукури-ја протеже се шире од сектора образовања (Yamada & Yoshida 2016). Дакле, не ради се само о развоју људских ресурса, већ Хитозукури подразумева и побољшање друштвеног контекста у ком ти ресурси раде и бораве и еквивалентан је развоју капацитета, што поред развоја људских потенцијала, укључује и развој система (ЈСА 2013). Хитозукури се најбоље може дефинисати као континуирани целоживотни процес развоја људских ресурса (Saito et al. 2013), односно опредељење организације за целоживотно развијање вештина и знања својих запослених. Он представља способност обогаћивања људи и односи се на потребу едуковања и оспособљавања особе да постане експерт за Монозукури, јер се Монозукури (изврсни производи) не могу постићи без Хитозукури-ја (изврсних људи).

Веома важан изазов са којим се суочавају савремени индустријски системи је како створити Хитозукури структуру за целоживотни развој људских ресурса, у којој ће сваки запослени бити успешан без обзира на позицију коју заузима и изазов са којим се суочава (SME Group 2016). Висок морал и мотивација запослених и подржавајућа организациона култура предуслов су трајног раста и сталног унапређења предузећа, која, како би освојила и задржала конкурентску предност на тржишту, морају код својих запослених развијати способност преузимања иницијативе, визионарски дух, флексибилност и могућност претварања кризних ситуација у шансе (Aichi Steel Report 2009). Хитозукури усмерава запослене кроз њихове радне задатке, али им и омогућава да дефинишу личне развојне циљеве и унапређују своје вештине на путу ка остварењу тих циљева. Једноставно речено, суштина Хитозукури-ја огледа се у у целоживотној посвећености организације развоју знања и вештина својих запослених.

3.3.1.2. Монозукури

Монозукури подразумева процес стварања производа, који у себи садржи и жар изврсности, вештине, духа, ревности и поноса. Односи се на дубљи осећај умешности и поноса у производњи (Imai 2012) и није рутинско понављање, већ захтева креативност и умешност које се често стичу управо кроз дуготрајну обуку и праксу, а не структуриране образовне курикулуме (Toda et al. 2013). Монозукури нас учи како направити ствари и представља филозофију дубоко укорењену у јапанско друштво. Монозукури у ствари значи имати осећај за производњу изврсних производа и способност сталног побољшања производних система и процеса, па се овај термин најбоље може превести као процес стварања супериорних производа, кроз поносну израду, изврсну производњу и континуирана побољшања. Он није скуп метода или техника, већ филозофија (Saito 2006) у којој производ настаје као резултат рада који захтева изузетно висок ниво вештина које се достижу једино кроз Хитозури. Зато се може рећи и да се Монозукури састоји од вештина, духа, полета, поноса и решености да се испоруче најбољи производи (Visavateeranon 2000).

Монозукури је у потпуности комплементаран са начелима Lean филозофије, јер се у јапанској традицији инсистира да при производњи или изради производа употреба ресурса не буде узалудна нити да се они расипају. Монозукури, као и Lean, инсистира на производњи правог производа, за правог купца, на прави начин и са најекономичнијим процесом рада, и тежи ка максимизацији вредности.

Монозукури покрива све производне процесе и, као комбинација производа, дизајна, стручности, технологије и науке, значајно је средство за достизање пословне изврсноности (Malhotra 2012). Такође, за Lean филозофију често се везује и изрека „стварање производа је стварање људи“, односно Монозукури путем Хитозукури-ја, што подразумева да се најпре треба посветити развоју људских ресурса, а затим производњи производа. Како се Монозукури не може постићи без Хитозукури-ја, значајну улогу у овој производној филозофији има и Куфу, као извор имагинације и креативности. Овладати Куфу-ом значи едуковати студенте и инжењере како да буду креативни. Ипак, не постоји ниједна универзална метода или техника за овладавање Куфу-ом, већ га сваки инжењер мора самостално развити како би постао мајстор у својој професији (Saito 2006).

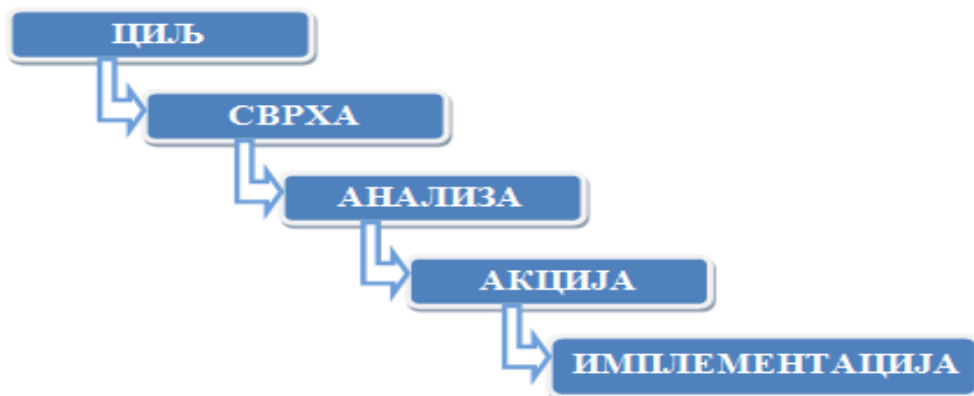
3.3.2. Harada метод за развој људских ресурса

Harada метод пружа структуру и неопходне процесе за Хитозукури, омогућавајући сваком запосленом да научи како да постане успешан. Метод је развио Takashi Harada, јапански средњошколски наставник, желећи да побољша атлетске перформансе својих ученика. Проучавајући рад успешних тимова и тренера, Harada је осмислио јединствен приступ који од сваког студента (или запосленог) ствара успешног члана тима.

Harada метод је изузетно примењив у Lean производним системима и користи се за усмеравање напора предузећа ка елиминисању осме категорије Lean губитака, односно недовољне искоришћености људских потенцијала. Често се истиче и да Harada метод, као револуционаран начин образовања и обуке широм индустрије, представља одговор на „људску“ страну Lean-а (Harada & Bodek 2012). Поред Lean-а, поменути метод се одлично надопуњује са Six Sigma, Hoshin планирањем и другим иницијативама за стално унапређење.

У основи, Harada метод представља детаљан водич за дефинисање и достизање личних и организационих циљева и сматра се најбољим начином за управљање, мотивисање и развој људских ресурса до достизања пуног потенцијала (Harada & Bodek 2012). Срж методе је у самосталности (способност сваког запосленог да постане изузетно вешт у одређеној области и тиме практично незамењив), а спроводи се кроз 5 корака приказаних на Слици 3.2. У првом кораку сваки запослени одређује свој циљ, а затим и сврху (шта се жели постићи циљем), онда се врши анализа (анализирају се претходни успеси и неуспеси како би се искористиле личне снаге и елиминисале слабости), па спроводи акција (кроз акциони план) и имплементација (акциони план се реализује на дневном нивоу).

Ових 5 корака (фаза) су различите дужине, неке могу трајати веома кратко, а неке и више месеци, што зависи од јединствене динамике развоја сваког запосленог појединца.



Слика 3.2 Фазе Nagada метода

Алат за реализацију Nagada методе представља 5 образаца који се користе у свакој фази (Goerke & Gehrmann 2014):

- образац 33 питања о самосталности (процењује се независност и способност запосленог)
- образац за дугорочни циљ (централни документ Nagada методе, употребљава се код 4 задатка - подела дугорочног циља на циљеве нижег нивоа, провера сврхе дугорочног циља, анализа сопственог претходног понашања, планирање имплементације)
- дијаграм отворен прозор 64 (врло специфичан оквир од 8 поља са по 8 активности, користи се за дефинисање активности и задатака неопходних за остварење циља)
- рутинска контролна листа (дневни списак који помаже у јачању навика, свакодневно се прати извршавање задатака који воде ка остварењу циља)
- дневник (помаже у свакодневној организацији, процењује се сопствени напредак на дневном нивоу).

Приликом примене метода, од фундаменталног значаја је дефинисање циља који ће мотивисати запосленог и вући га напред. Метод треба да омогући запосленима да делују са више самосталности, односно да сами дефинишу свој циљ, да користећи дијаграм отворен прозор 64 одреде активности и рутине потребне за остварење циља и да свакодневно прате њихово извршавање користећи дневник. Обзиром да сваки запослени самостално дефинише свој циљ и остварује га путем активности и задатака које сам одреди, постајаће временом све самосталнији, брже доносити одлуке и развијати пожељне рутине (Scharf & Pinto 2017). Применом Nagada метода побољшавају се и аналитичке вештине (кроз самоанализу, припрему, планирање и имагинацију), пословне вештине (способност решавања проблема, креативност) и лидерске вештине (менаџмент, активна комуникација) запослених (Bodek 2012).

Метод јасно и концизно подстиче људе да постављају циљеве и прате сопствене резултате (Harada & Bodek 2012) и омогућава им да постану врхунски лидер и врхунски запослени. Наглашава се и улога ментора који је подршка запосленима на путу ка развијању сопствених потенцијала и талената (још једна сличност са TPS и Lean системима).

Фокус Harada метода је поштовање и уважавање људског фактора и оспособљавање запослених да преузму одговорност за сопствену радну и животну позицију и постану висококомпетентни и самосвесни. Верује се да сваки запослени уз право усмеравање, спремност на напоран рад, постојаност и веру у остварење циља, може постати мајстор у одређеној дисциплини. Метод омогућава запосленима у организацији да дефинишу лични циљ, креирају и имплементирају план сопственог развоја и одреде динамику реализације. Лични развој и остварење циља повећавају задовољство послом, што води ка већем пословном успеху, па се остварује се и значајан синергетски ефекат (успех истовремено остварује и предузеће и запослени).

Harada метод проглашен је од стране Јапанске асоцијације за менаџмент најбољим на свету у области дневног менаџмента. Након прилагођавања за индустријску употребу, Harada метод је са успехом савладао више од 55.000 људи у 280 предузећа широм Јапана (укључујући Uniqlo, Kirin, Nomura, Mitsubishi Financial Group, итд).

3.3.3. Истраживање за развој (R4D) и Хитозукури/Монозукури

Институције високог образовања пружају значајан и у пракси потврђен допринос развоју инжењерских људских ресурса, као и активностима истраживања и развоја савремених индустријских система, са којима све интезивније сарађују на решавању бројних изазова глобалног пословног окружења.

Истраживање за развој (енгл. Research for Development - R4D) је облик партнерства индустрије и академске заједнице усмерен ка развоју технологије која директно доприноси решавању индустријских проблема и изазова. За разлику од Истраживања и развоја (енгл. Research & Development - R&D), R4D приступ је конкретно усмерен на решавање индустријских проблема. Он додатно наглашава повезаност истраживања и развоја, значајно доприноси изградњи win-win односа и експанзији сарадње између образовних институција и њихових индустријских партнера, а притом унапређује и сам процес едукације. R4D пружа изванредно образовање студентима и припрема их за решавање индустријских проблема, рад у тиму, прихватање одговорности, суочавање са притиском буџета и рокова, комуницирање са клијентима и разумевање њихових ставова (Saito et al. 2013). Почива на pull принципу где сарадњу иницира партнер из индустрије.

Како би директно и ефикасно одговорио на потребе индустрије (у конкретном случају компаније Тојота), универзитет у Кентакију основао је Институт истраживања за технолошки развој (Institute of Research for Technology Development - IR4TD). IR4TD као академска институција представља непрофитну организацију чија је делатност у домену образовања, истраживања и услуга и која блиско и интезивно сарађује са

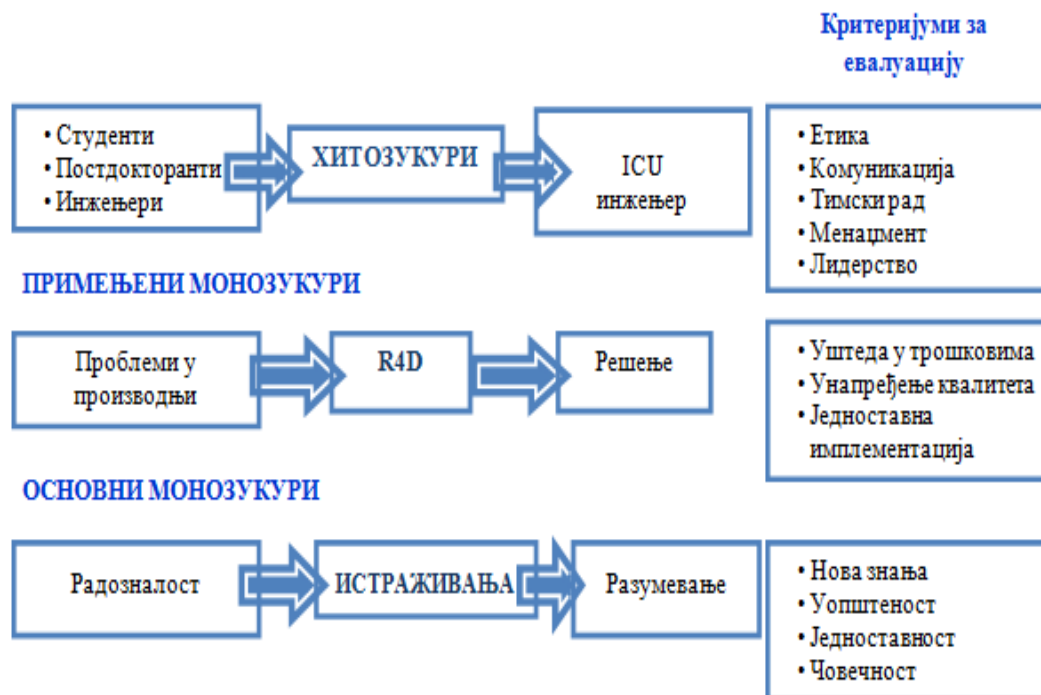
индустријским предузећима, као профитабилним организацијама одговорним за привредни и друштвени развој.

У средишту сарадње, представљене Сликаом 3.3, налази се део у ком се преплићу интереси академске заједнице и индустрије, познат под називом "Јо", према учењу чувеног филозофа Конфучија. Јо подразумева концепт узајамног поштовања и разумевања, за чије је остварење неопходно посебно окружење које ће подржавати тренутно и подстицати будуће учење и истраживање. Јо је основа за изградњу међуљудских односа и заснива се на заједничком интересу који мора постојати међу свим укљученим странама. Тај заједнички интерес постоји између компанија које уважавају Хитозукури и Монозукури принципе и академских институција које су усмерене на образовање и истраживање (Saito et al. 2011).



Слика 3.3 Партнерство на релацији IR4TD-индустрија (Saito et al. 2013)

Стварање подржавајућег и подстицајног академског окружења у ком сви чланови IR4TD тима функционишу на најбољи начин велики је изазов, па сваки појединац пролази кроз обуку како би достигао статус иновативног, креативног и јединственог инжењера (енгл. innovative, creative and unique - ICU). ICU (иновативност, креативност и јединственост) је основна вредност Института истраживања за технолошки развој. Обзиром да IR4D блиско сарађује са индустријом, његова структура поред Хитозукури-ја, који чине студенти и инжењери, обухвата и основни и примењени Монозукури, чиме се добија шира слика и проблем сагледава са више различитих становишта.



Слика 3.4 IR4TD и Хитозукури/Монозукури (Saito et al. 2013)

Адекватна равнотежа између основних и примењених истраживања неопходна је како би истраживачи са универзитета могли ефикасно решити индустријске проблеме. Често се истиче да је успешна сарадња универзитета и индустрије у домену истраживања попут узгоја воћке, где основна истраживања која се одвијају на универзитету представљају корен, а R4D грану која доноси плодове, што је приказано Сликком 3.5 (Saito 2006).



Слика 3.5 Партнерства универзитета и индустрије за win-win резултате

3.3.5. Хитозукури програми

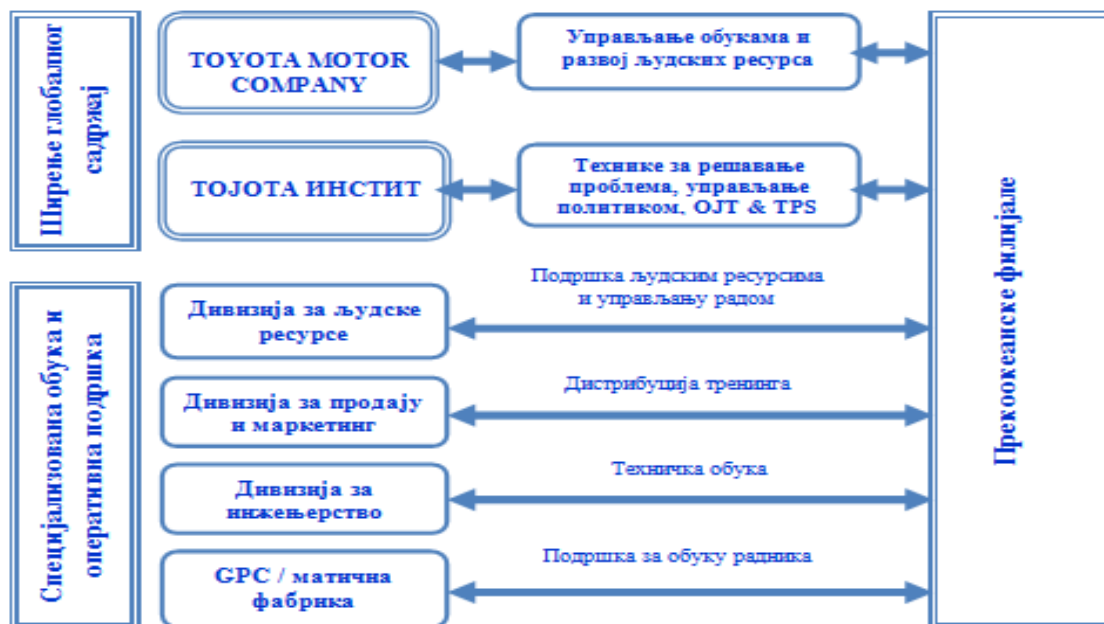
Хитозукури је систем образовања и обуке усмерен на унапређење потенцијала појединаца и организација у којима су ти појединци запослени. Тојота је дуго била једина мултинационална компанија која примењује Хитозукури принципе, да би се тренд временом проширио и на друга реномирана јапанска предузећа као што су Hitachi, Mitsumi, Sony и Nichicon.

Хитозукури програми се већином односе на трансфер знања и технологије, а суштина Хитозукури-ја је пружити запосленима прилику да се развију и постану паметнији, задовољнији и ефикаснији чланови тима, чиме ће својим предузећима омогућити производњу са најкраћим временима, најнижим трошковима, највишим квалитетом и могућност за стално унапређење. Међусобно поверење, оснаживање, целоживотно запослење и култура *genchi genbutsu* (иди на радно место и види) начела су кроз која Тојота изражава поштовање према својим запосленима (Zokaei et al. 2014). Повезујући ове концепте, Тојота верује у своју одговорност да обучава, води и буде ментор својим људским ресурсима док они практикују Монозукури, односно производе ствари на прави начин (Badurdeen et al. 2010). У фебруару 2011. године Фујо Cho, почасни председник компаније, изјавио је да је мисија Тојоте да сачува јапански Монозукури.

Монозукури, односно изврсност производа, не може се постићи без континуираног развоја људских ресурса, који мора бити снажно укорењен у организациону културу и начин живота компаније. Кроз своју посвећеност људским ресурсима, односно идентификовањем потребних вештина за сваког појединца и развијањем код њих различитих инжењерских и техничких компетенција, компаније попут Тојоте повећавају своју конкурентност, остварују висок квалитет и ниске трошкове, скраћују време производње и стичу атрибут предузећа светске класе.

Како би се подржавао развој људских потенцијала и шириле Тојотине вредности, 2002. године основан је Тојота институт, који подржава и окупља све иницијативе за организован развој људских ресурса. Тојота иначе спроводи три различите врсте групних обука за своје запослене: обуку за стицање основних вештина (намењена свима без обзира на радну позицију), обуку према радној позицији за менаџере и интернационалне раднике и TWI обуку TWI (енгл. Training Within Industry) за разумевање основних Тојотиних концепата и метода, укључујући Тојота производни систем (TPS), Тојота инструкције за посао (енгл. Toyota Job Instruction - ТЈИ) и Тојота комуникацијске вештине (енгл. Toyota Communication Skills - ТКС). Постоји и тренинг тренера (енгл. Train the Trainer - ТЗ) који подразумева периодично окупљање изузетних запослених из иностраних представништава, који се затим обучавају да постану инструктори који ће преносити запосленима у иностранству Тојотине вредности и начин рада (Sustainability Report 2006). Значајно је поменути и Тојота технички образовни програм (енгл. Toyota Technical Education Program - ТТЕП) који се спроводи у више од 50 земаља и подржава више од 450 школа и струковних института широм света. Тојота под техничким вештинама не подразумева само стручност у раду, већ и методе рада, способност унапређења процеса и способност подучавања других.

Глобални производни центар (енгл. Global Production Center - GPC), основан у Јапану 2003. године бави се развојем људских ресурса и ширењем најбоље праксе широм света. GPC обучава запослене у Тојотиним фабрикама у Јапану и иностранству основним техничким вештинама кроз стандардизовану обуку.



Слика 3.6 Тојотин систем за глобални развој људских ресурса

Тојота подржава спровођење разноврсних образовних програма који ће развити будуће лидере, кроз различите Монозукури курсеве, програме стажирања, стипендирања, курсеве језика, такмичења, гостујућа предавања на универзитетима широм света, организоване посете фабричким постројењима, заједничка истраживања. Поред Тојоте, важно је истаћи још неколико компанија са напредном праксом у домену образовања и обуке људских ресурса, као што су NTN група (програми обуке за техничаре и инжењере, такмичење, конвенција о контроли квалитета) и Aichi stil (менторски програми и организована предавања у фабрикама).

Важну улогу у унапређењу квалитета и компетенција људских ресурса несумњиво имају и образовне институције са напредном праксом, међу којима се издваја Thai-Nichi Институт за технологију (Каракури и Монозукури такмичења, размене студената и предавача, програми стажирања, програми обуке које држе експерти, 5G правило), Кеиејики школа за менаџмент (програми за пословне лидере), Nagoya Институт за технологију - NITech (мастер програм за иностране студенте, програми стажирања, комбиновани академски програми).

3.3.6. Предности Хитозукури/Монозукури програма

Хитозукури је континуирани процес који омогућава људским ресурсима да се развијају кроз свој рад на путу ка успешном овладавању вештинама. У овом приступу запослени нису усмерени само на радне задатке, већ им се омогућава да постављају личне циљеве

којима ће тежити и чијим ће испуњавањем унапредити и своје компетенције на радном месту. Често се истиче да је Хитозукури, као и Leap, усмерен на проналажење талената људи запослених у организацији, које затим развија и третира са поштовањем. Ради се о целоживотном процесу у ком се техничке вештине, вештине решавања проблема и друге компетенције усвајају и развијају у атмосфери узајамног поштовања. Захваљујући Хитозукури-ју, сопственој посвећености целоживотном образовању и неизоставној подршци ментора, запослени у индустријским системима имају могућност да (Saito 2006):

- усвоје нове и усаврше постојеће вештине
- повећају своју вредност за организацију и тржиште рада
- усвајају теоријска и практична знања
- развијају се према сопственој динамици
- развијају самопоуздање и самосталност
- напредују у каријери
- постану "мајстори" своје професије и ментори за новозапослене
- креирају и имплементирају идеје за унапређење процеса и организације у целини.

Хитозукури омогућава унапређење производних система кроз интеграцију годинама и деценијама стицаног знања и искуства у одређеној области. Примена овог приступа значајно побољшава повезаност и унапређује сарадњу универзитета и индустријског сектора, али је његов највећи допринос стварање изванредних људских ресурса, претежно инжењера, који у потпуности задовољавају индустријске потребе, досегли су и остварили своје личне и професионалне потенцијале, изузетно су посвећени и значајно доприносе унапређењу продуктивности и компетентности предузећа у којима раде. Реализацијом различитих Хитозукури/Монозукури програма у сарадњи са универзитетима, индустријска предузећа остварују бенефите кроз трансфер знања и технологије, заједничка индустријско-академска истраживања и пројекте, што је посебно својствено за нове технолошке компаније (Motohashi 2005) и развој spin-off предузећа. Овим се индустријским системима пружа прилика за остварење значајног раста продуктивности, конкурентности и профита. Најзначајније користи које имплементацијом Хитозукури/Монозукури програма остварују академске институције су у домену јачања истраживачких индивидуалних и институционалних компетенција, посебно у случају примењених истраживања, трансфера технологије и донација у опреми од стране индустријских партнера.

3.4. Дуално образовање

Дуално образовање је вид струковног образовања који подразумева да се процес едукације одвија на две локације, у образовној установи и у предузећу, одакле потиче и сам назив дуално. Улога струковног образовања, посматрано из шире перспективе, је да оспособи квалитетну и компетентну радну снагу, која ће допринети економској

стабилности и развоју, док се у ужем смислу односи на стицање тржишно препознатљивих знања и вештина и приступ запошљавању (Томић et al. 2015). Начин организације струковног образовања разликује се од државе до државе, али су углавном присутна три различита модела (Green et al. 2000):

- **Тржишни модел.** Примењује се у Уједињеном Краљевству и карактерише га образовање радне снаге под утицајем предузећа, уз малу укљученост државе. Предност модела је обучавање радне снаге према потреби конкретног предузећа, а недостатак узак профил квалификација, мала мобилност на тржишту рада и опасност од губитка посла услед промене економских услова.
- **Државни модел.** Примењује се у Француској, где су стручно образовање и обука интегрисани су у редован образовни систем. Предност модела је могућност избора између практичног и академског образовања, као и опција промене опредељења, а недостатак неусклађеност усвојених квалификација са захтевима тржишта рада и неусклађеност понуде и тражње на тржишту рада.
- **Дуални модел.** Примењује се у Немачкој, Аустрији, Данској и низу других земаља и подразумева да се један део образовања и обуке реализује у образовној установи, а други у предузећу. Модел обезбеђује широко квалификовану радну снагу, способну да ради у различитим предузећима и лако усваја знања на радном месту (Koudahl 2010).

Дуални модел струковног образовања се због својих предности највише примењује и сматра најбоље усклађеним са потребама тржишта рада. Конципиран је тако да се на радном месту усваја садржај везан за професионалну праксу, а основне вештине, теоријски и општи образовни садржаји усвајају се на струковним образовним институцијама и центрима за струковно образовање и обуку. Како практична обука у предузећима преовладава у смислу обима, предузећа и њихова удружења и представништва имају кључну улогу у обликовању дуалног струковног образовања и обуке (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft 2016).

Поред усмерености на практична знања, критеријуми на основу којих се струковно образовање одређује као дуално су (Bliem et al 2014):

- формално образовање којим се стиче друштвено призната диплома
- теоријско образовање у школи и практична обука на радном месту
- уговором уређен однос између ученика и предузећа
- новчана накнада за рад студента
- надлежност у конципирању и реализацији програма имају образовне институције, послодавци и држава.

Према CEDEFOP-у (енгл. European Centre for the Development of Vocational Training - Европски центар за развој струковне обуке) дуално образовање подразумева образовање или оспособљавање које комбинује периоде у образовној установи или центру за обуку са периодима на радном месту.

Како се овај тип образовања посматра и као замена за обуку, дуално образовање се у неким случајевима назива и "алтернативна обука", "стажирање" или "учење кроз рад". Поред дуалности места за учење (образовне институције и предузећа), код овог типа образовања присутна је и дуалност актера (јавне и приватне институције) који деле одговорност за политику и праксу струковног образовања и оспособљавања (Комитет за културу Европског парламента 2014).

Тomić et al. (2015) истичу да дуалност, поред места учења, може да се односи и на испреплетане педагошке процесе, односно комбинацију теорије и праксе, где је удео стручне праксе у дуалном моделу знатно већи него у програмима средњих стручних школа. За Euler-a (2013) дуални принцип подразумева интеграцију теорије и праксе, размишљања и деловања, системског и учења кроз појединачне случајеве. Аутор истиче значај радног окружења као јединог места где се учење одвија у стварним условима и сматра да примењивост дуалног принципа зависи учења и сарадње на конкретном радном месту.

Дуално струковно образовање и обука финансирају се поделом трошкова између јавног сектора (државе) и предузећа, где предузећа сnose трошкове за образовање које се одвија у њиховим објектима, а држава трошкове образовања у струковним школама. Како предузећа сnose већину трошкова, постоје и разни облици подршке за предузећа, који укључују субвенције и посебне државне фондове намењене струковном образовању и обуци (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft 2016). У суштини, систем дуалног образовања ужива велики углед међу свим друштвеним структурама и сматра се одличним предусловом за економски успех предузећа, па и читаве економије. У прилог изнетој тврдњи говори и чињеница да државе са развијеним дуалним образовањем (попут Немачке), имају и веома развијену привреду.

3.4.1. Настанак дуалног образовања

Корени дуалног образовања сежу све до 12. века, када су у немачким трговачким градовима настали први занатски еснафи (претеча данашњих удружења и комора). Поменути еснафи створили су модел образовања "шегрт-калфа-мајстор" и регулисали питања обуке за шегрта, калфу и мајстора у занатском сектору (Fondација Konrad Adenauer 2016). У том периоду је основано неколико школа са непуним радним временом за шегрте и калфе (допунске или недељне школе), као директне претходнице данашњих ванредних струковних школа (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft 2016).

Струковна обука била је под окриљем образовања све до 19. века, када су трговинска занимања усвојила овај систем. Кодексом о занимањима и пословању из 1869. године је први пут уведен неки вид обавезне струковне школе за раднике млађе од 18 година. Акт је допуњен 1897. године тако да укључује надзор удружење занатлија над струковним обучавањем. Законом о заштити занатлија из 1897. године занатски сектор добија нови правни оквир, којим се по први пут законом дефинише и уређује дуални принцип струковног образовања, на начин да се практична обука одвија кроз рад, а

теоријска настава у струковној школи (Fondacija Konrad Adenauer 2016). Након тога следи период унапређења у специјализованим школама за обуку.

Почетком 20. века услед индустријализације расте потреба и за трговачко-економским компетенцијама. Обзиром да су квалификације трговаца, који су се до тада обучавали у занатским школама, постале недовољне, уводе се и први економски образовни профили у дуалном систему. Струковна обука за шегрте уведена је 1920. године, а од 1930. они су у обавези да полажу испит пред комором.

Прекретницу у области струковног образовања представља 1969. година, када се ратификује Закон о струковној обуци и Министарство образовања преузима кључну улогу у подручју струковног образовања и обуке, а утицај предузећа се ограничава. Овим законом груписани су различити регионални прописи у један државни акт и извршена модернизација већине постојећих прописа, услед чега дуално струковно образовање и обука постају широко прихваћени у Немачкој и земљама немачког говорног подручја (Fondacija Konrad Adenauer 2016). Изменом Закона 2005. године извршено је опште усклађивање прописа о струковном образовању и обуци, а као последица долази до раста заступљености дуалних студијских програма у високом образовању са 512 (2004. година) на 1.014 програма (2013. година). Већину дуалних студијских програма (60%) нудили су универзитети у области примењених уметности, а у програму је учествовало више од 39.600 компанија (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft 2016).

3.4.2. Дуално образовање у Немачкој - преглед стања

Сматра се да су државе са немачког говорног подручја (Немачка, Аустрија и Швајцарска) највише одмакле у примени дуалног образовања и оствариле веома блиске везе између образовног система и индустрије (Hanushek 2012). Немачки дуални систем константно је у средишту свих иницијатива за размену знања међу државама ЕУ, што не представља изненађење, обзиром да немачко дуално образовање потиче још из средњег века, а и даље утиче на образовне системе у другим земљама. Овај утицај додатно је наглашен Меморандумом из Берлина 2012. године, који су потписале Немачка, Грчка, Италија, Летонија, Португал, Словачка и Шпанија. Немачки систем образовања ужива изузетно висок углед међу државама ЕУ због високог нивоа знања и вештина својих студената, њихове успешне транзиције на тржиште рада и ниске стопе незапослености младих. Дуално образовање омогућило је немачким предузећима да стварају профил стручњака који им је потребан, уз ниске трошкове обуке, а препознато је чак 344 различита сертификована занимања.

Чињеница је да се блиско партнерство свих учесника у процесу едукације (студената, предузећа и државе) сматра кључним фактором успеха немачког дуалног система. Према подацима из 2015, немачки студенти са дипломом струковног образовања имају већу стопу запослености у односу на студенте академских студија (њихова стопа запослености је чак 88% и за 21,4% је виша него код колега са академских студија) (CEDEFOP 2017).

Дуално струковно образовање спроводе се у предузећима и струковним школама, где се између 60 и 80% укупног времена (3 или 4 дана у недељи) проводи у предузећу, а између 20 и 40% времена у школи (1 или 2 дана недељно) (Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft 2016). Поред усмерености на практичну наставу, немачки дуални систем подразумева да две трећине курикулума у средњим школама чине стручни предмети. Наставни садржаји прилагођени су конкретном занимању и разрађују се на конкретним примерима из праксе.

Обуку ученика у предузећима врше ментори, од којих се очекује да буду експерти у свом послу, али и добри педагози. Један сертификовани ментор у просеку обучава 2 приправника. Следећи упутства ментора кроз практичну наставу у оквиру дуалног система, ученици се упознају са предузећем, процесима и условима рада и стичу радно искуство драгоцено за каснији рад у струци (Fondacija Konrad Adenauer 2016). Важно је да свако радно место буде адекватно опремљено, а технички уређаји и помоћна средства савремени и адекватно одржавани.

Укупни трошкови дуалног образовања деле се између предузећа и држава, где свако финансира свој део. Предузећа су у обавези да плаћају ученицима накнаду за радно ангажовање (приближно 1/3 плате квалификованог радника), накнаду за менторе, трошкове радног места, трошкове радионице у којој се врши обука и трошкове наставе која се одвија у предузећу. У просеку, за једног ученика у дуалном систему једно немачко предузеће издваја 17.933 евра годишње, а 62% тог износа чини зарада ученика. Иако је њихова зарада највећа ставка трошкова, ученици својим радним ангажовањем уједно доприносе и остварењу прихода. У просеку, један ученик у дуалном систему образовања на годишњем нивоу учествује у остваривању прихода у висини од 12.535 евра (Fondacija Konrad Adenauer 2016). Плаћањем радног ангажовања предузећа додатно повећавају мотивација ученика за усвајањем знања и искустава. Такође, предузеће са сваком учеником у дуалном систему склапа уговор о образовању, којим је прецизирана висина накнаде, здравствено осигурање и други радни услови.

Осим средњег, дуални систем се у Немачкој примењује и у области високог образовања, са историјом дугом скоро 40 година. У том смислу битно је издвојити 1972. годину, када су три глобална предузећа - Bosch, Daimler Benz (данас Daimler-Chrysler) и Standard Elektrik Lorenz (SEL), покренула иницијативу за развој система дуалног образовања у подручју бизниса и инжењерства и на универзитетском нивоу. Иницијатива је била директна последица неусклађености понуде и тражње висококвалификованих радника на тржишту рада. Две године касније покренут је пројекат и основане су прве Професионалне академије (нем. Berufsakademie), које су нудиле студијске програме у области пословног управљања, инжењерства и социјалног рада. Професионалне академије су се показале веома успешним и до 1985. године постојале су у 6 немачких градова, биле широко прихваћене од стране друштва и предузећа (Gao 2012), покренуле више од 500 пројеката и уписале више од 25 000 студената.

Дуални систем високог образовања у Немачкој разликује се од традиционалних универзитета и факултета, јер Професионалне академије комбинују стажирање у предузећу и образовање у образовној установи у једном програму. Студент који похађа *Berufsakademie* је уједно и запослен, и проводи своје време наизменично похађајући програм на факултету и радећи на радном месту. Периоди рада углавном трају до 12 недеља (сличност са кооперативним образовањем), а сваки семестар обухвата један теоријски и једне практични део. Основни услов за студирање на *Berufsakademie* је немачки универзитетски пријемни испит (познат као *Abitur*), а поред тога сваки студент мора потписати уговор о раду са једним од предузећа с којим сарађује *Berufsakademie* и проћи кроз интервју са послодавцем. Студент на *Berufsakademie* такође прима плату током читавог периода студирања, а након завршетка трогодишњих студија стиче *Bachelor* диплому (*Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft* 2016). Почевши од 2009. године уведена је могућност похађања дуалних програма и на универзитетима кооперативног образовања. За разлику од студената *Berufsakademie*, студенти кооперативних универзитета могу, након стицања *Bachelor* дипломе, похађати и мастер студије.

Евидентно је да се традиционални немачки модел дуалног образовања добро имплементирао и у систем високог образовања. Обзиром да је усмерен на усавршавање практичних способности студената, а не само на увећање њиховог теоријског знања, постигао је велики успех (*Zhao et al.* 2014). У просеку око 60% студената добија понуду за стално запослење у компанијама у којима су били ангажовани као приправници или код другог послодавца (*Eichhorst* 2013). Могућност да запосле студенте који већ познају систем и није им потребан период адаптације на конкретну радну позицију, велика је предност за свако предузеће. Интезивна сарадња *Berufsakademie* са немачким предузећима гарантује снажну повезаност са захтевима привреде и стварање људских ресурса који су добро припремљени да одговоре на све потребе индустрије и брзо се интегришу у предузеће, а својим знањима и компетенцијама конкурентни су и на глобалном тржишту. Просечна старост студента при дипломирању је 22 године и већина у предвиђеном року са успехом заврши програме струковног образовања. Према подацима из 2013. године, од 1041 дуалног програма у високом образовању, 43,2% је било из области пословања и економије, 40% из области инжењерства, 12,2% из области компјутерских наука и 4,5% осталих (*Germany Trade & Invest - GTAI* 2014). Чињеница је да већ дужи период немачки систем дуалног образовања остварује изузетне резултате и бројне државе покушавају да га имплементирају (*Zhao et al.* 2014). Ипак, не сме се изгубити из вида чињеница да је овај систем веома особен због своје дуге историје и друштвено-економских (па чак и културних) корена, па као такав свакако није једноставан за преношење (*Eichhorns* 2013).

3.4.3. Предности и ограничења дуалног образовања

Програми дуалног образовања познати су и признати широм света због своје способности да пруже тржишту рада високо квалификоване запослене, који се брзо прилагођавају новим и промењивим тржишним, економским и технолошким условима

и карактерише их висока мобилност на тржишту рада. Поред тога, дуално образовање омогућава и снажну повезаност образовног система са привредом и предузећима, управо због активне улоге и укључености пословних система у образовне процесе. Коначно, дуално образовање сматра се и релативно јефтиним начином образовања квалификоване радне снаге, посебно у поређењу са класичним школским образовним системима (Koudahl 2010).

Бенефити дуалног образовања су добро документовани (European Training Foundation - ETF 2013) и подразумевају развој вештина и компетенција (укључујући и оне које се теже стичу у учионици), развој професионалног идентитета, више могућности за запошљавање и успешну транзицију из образовног у радно окружење за студенте, односно повећање продуктивности и стопе задржавања запослених за послодавце (Комисија за културу и образовање Европског парламента 2014). Основна предност дуалног модела је што пружа младима могућност стицања практичног искуства током образовања кроз непосредно радно ангажовање, што за резултат има да **предузећа** добијају квалитетне будуће раднике са потребним стручним компетенцијама. Комбиновањем учења у образовној установи и практичне обуке у предузећу скраћује се време увођења будућег запосленог у посао и олакшава адаптацију на радно окружење и радне активности. Дуално образовање такође пружа могућност брзог одговора на технолошке и економске промене, а карактерише га флексибилност и променљивост према потребама послодаваца и тржишта рада (Tomić et al. 2015).

Став се надовезује на размишљања претходних аутора (нпр. Dybowski 2005) да су основне предности дуалног струковног образовања за предузећа расположивост нове генерације квалификованих радника, ниски трошкови запошљавања, утицај на садржај и начин реализације струковног оспособљавања, и као најзначајнији - спречавање и избегавање ризика појаве уског грла у вештинама људских ресурса. Дуално образовање уједно је и најбољи начин да запослени упознају структуру предузећа, оно повећава и пословну вредност предузећа и доприноси његовој будућој конкурентности (Bliem et al. 2014). Учествовањем у доношењу одлука о питањима које вештине и знања ће се стицати током образовања, предузећа обезбеђују себи радну снагу жељеног профила и могућност избора. Током периода трајања обуке предузећа добијају прилику да добро упознају кандидате и процене у којој се мери они уклапају у компанију и постојећу културу и систем вредности. Овим се значајно смањује ризик запошљавања погрешне особе, али и остварује уштеда у трошковима селекције новозапослених (давање огласа, интервјуи са кандидатима, тестирања, формирање комисија за избор кандидата, итд.), и њиховог уходавања у посао.

Обука у предузећима доприноси и посвећености и снажном везивању кандидата за колектив. У већини случајева, по окончању програма дуалног образовања, кандидати се опредељују за запослење у предузећу, што позитивно утиче на њихову радну мотивацију и степен лојалности. Овим се значајно смањује и сама флукуација радника, као још један горући проблем на тржишту рада у 21. веку (Fondacija Konrad Adenauer 2016).

Предности дуалног образовања за *кандидате* огледају се у стицању релевантног образовања, односно побољшаним шансама на тржишту рада након завршетка обуке, формирању јединственог стандарда квалификација, стицању друштвених вештина, развоју личности, мотивацији за зарађивање и учење (Dybowski 2005). Студенти се опредељују за дуално образовање и због широке понуде различитих занимања, одличних шанси за запослење по завршетку образовног циклуса и могућности да остварују зараду већ током школовања. Велику предност за њих представља и могућност усвајања знања, вештина и компетенција од искуснијих колега на непосредном радном месту. Боравком у стварном радном окружењу и бављењем конкретним радним задацима, студенти још пре ступања на тржиште рада могу увидети поседују ли спремност и способност за бављење послом који су изабрали.

Од дуалног система образовања *корист* остварује и сама *држава*, кроз могућност дошколовања кандидата који су напустили образовни систем, али и растерећења државног буџета, јер у трошковима финансирање дуалних програма учествују и предузећа (Dybowski 2005).

Упркос бројним истакнутим бенефитима дуалног образовања за све заинтересоване стране, економска криза, чије се последице у мањој или већој мери и даље осећају, негативно је утицала и на дуални систем и представља *ограничење* његовом даљем ширењу и развоју (ово се посебно односи на државе западног Балкана). Због незавидне економске ситуације у којој су се наша, одређени број предузећа је одустао од учешћа у дуалним програмима, што је проузроковало проблеме њиховим кандидатима да заврше започето струковно образовање, а индиректно угрозило и сама предузећа, због недостатка компететних радника који ће искусити у блиској будућности.

Недовољна заинтересованост предузећа и недостатак могућности за реализацију обуке на радном месту, било из економских или структурних разлога, за последицу има појаву неравнотеже на тржишту рада (Euler 2013). Неки од разлога мање спремности предузећа за учествовање у програмима дуалног образовања су значајна финансијска издвајања, велики број прописа који се морају поштовати, неадекватан квалитет кандидата, висока специјализованост предузећа која онемогућава обучавање у свим потребним подручјима, итд. Финансијски подстицаји послодавцима сматрају се једним од начина за побољшање поменуте ситуације, иако у пракси не морају нужно водите до веће понуде места за обучавање кандидата. Подстицаји су ефикаснији када су усмерени на секторе где је ангажман послодаваца низак и када послодавци нису оптерећени високим нивоом бирократије (Dybowski 2005).

Неки од препоручених финансијских подстицаја за стимулисање учешћа предузећа у програмима дуалног образовања су смањење пореза на профит и ослобађање од плаћања доприноса за здравствено осигурање кандидата током прве две године ангажовања, као и рефундирање дела њихове плате. Такође, предузећима која обучавају одрасле кандидате и оне са тешкоћама у развоју, као и предузећа која кандидате шаљу на обуку у иностранство, на располагању стоје додатни модели финансијске подршке (Dornmayr & Löffler 2014).

Следеће ограничење је мањак искуства предузећа са дуалним системом образовања, услед чега нису ни уверена у предности учествовања. Чак и у ситуацији евидентног недостатка квалификованих радника потребно је доста убедљивих аргумената да се предузећа подстакну да успоставе потребну кадровску и материјалну инфраструктуру за практичну обуку (Euler 2013).

Не сме се, притом, изгубити из вида ни чињеница да нису сва радна места квалитетан простор за учење (Nijhof & Nieuwenhuis 2008), односно да не могу сва предузећа понудити адекватне услове за ефикасно учење и развијање низа знања, вештина и способности. Квалитет искуства у учењу резултат је многих фактора који укључују организациону културу, стратегијску визију, као и специфичне услове за сваког кандидата - програм обуке, друштвена интеракција, потребни задаци, итд. (Комисија за културу и образовање Европског парламента 2014). Поред усвајање компетенција везаних за конкретно занимање, неходно је усмерити кандидате и на развој способности значајних за стицање нових знања, која ће посебно доћи до изражаја у промењивим околностима. Затим, успешан систем дуалног образовања мора размотрити и прилагођавање кандидата различитим технологијама, што је посебно важно у данашњем окружењу брзих и интезивних промена и наглашава потребу за целоживотним учењем (Hanushek et al. 2011).

Ограничење развоју дуалног образовања представља и чињеница да се оно углавном посматра као "други избор" и није пожељна опција међу најбољим студентима, већ дуалне програме већином похађају кандидати из специфичних друштвено-економских средина и они са мањим успехом у претходном образовању (Комисија за културу и образовање Европског парламента 2014). Из тог разлога потребно је уложити додатан напор у промовисање дуалног образовања, које мора бити праћено строгим контролама квалитета, првенствено како би се избегла злоупотреба кандидата као јефтине радне снаге, што је уједно и основни узрок негативне перцепције која се јавља у погледу дуалног образовања.

3.4.4. Могућност имплементације дуалног образовања у Србији

Стопа незапослености младих у Србији је веома висока (према подацима Републичког завода за статистику већ годинама се креће између 30% и 40%), а једно од решења за поменути ургентан проблем, препоручен од стране експерата, јесте прелазак на дуални систем образовања и интензивирање сарадње између образовног система и привреде. Чињеница да велики број ученика у Србији завршава средње школе које су претежно фокусиране на теоријска знања и потпуно занемарују практичне вештине које су важне предузећима, за последицу има и неконкурентност овог кадра на тржишту рада (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ 2016). Како би ускладила свој образовни систем са потребама привреде, Република Србија је започела реформу средњег образовања кроз увођење дуалног принципа, користећи притом искуства земаља са вишедеценијском праксом у овој области и узимајући у обзир постојеће услове и сопствене образовне, социјалне и економске циљеве (Дуално средње стручно

образовање у Србији - студија изводљивости 2015). На располагању су била два приступа (Табела 3.2): “копирање” образовног система Немачке (и држава са немачког говорног подручја) или селективно преузимање, адаптација и имплементација појединих елемената дуалног принципа у постојеће средњошколско образовање. Избором друге опције, 2014. године формирана је радна група коју чине представници релевантних државних и привредних институција и која је уз подршку немачке владе објавила студија изводљивости о увођењу дуалног образовања у систем образовања у Републици Србији (GIZ 2016).

При анализи и побољшању образовног система увођењем дуалног принципа, препоручује се посматрање различитих компоненти, представљених Табелом 3.3, које чине модеран дуални систем средњошколског образовања (Euler 2013), што омогућава идентификацију изазова које треба превазићи и служи као основа за унапређење. До сада предузети кораци указали су да је највећи изазов, а уједно и питање од највеће важности, привлачење послодаваца за учешће у дуалном образовању и осигурање квалитета наставе у школи и на пракси. У том смислу се од Привредне коморе Србије очекује додатни напор у смислу промовисања дуалног образовања међу послодавцима, идентификовања сектора и занимања погодних за дуалне програме, подстицања предузећа да учествују у програмима, подршке у административним и имплементационим процесима, дељење примера добре праксе, итд.

Табела 3.3 Приступу увођењу дуалног образовања (GIZ 2016)

ДУАЛНИ СИСТЕМ	ДУАЛНИ ПРИНЦИП
<ul style="list-style-type: none"> • различита места за учење • већина времена се проводи у предузећу 	<ul style="list-style-type: none"> • смењивање теорије и праксе, • флексибилна имплементација • учење кроз рад у предузећима
ПОТЕНЦИЈАЛНИ ПРИСТУПИ	
<ul style="list-style-type: none"> • копирање дуалног система Аустрије, Немачке, Швајцарске 	<ul style="list-style-type: none"> • постепено побољшање постојећег система образовања кроз увођење компоненти дуалног принципа

Табела 3.4 Кључне компоненте модерног дуалног система образовања

КОМПОНЕНТЕ ДУАЛНОГ СИСТЕМА	
<ul style="list-style-type: none"> • Дефинисање стратешких циљева • Утемељење дуалног принципа • Истраживање тражње за будућим квалификацијама и компетенцијама • Флексибилни наставни планови и програми • Партнерска мрежа између државе и заинтересованих страна. 	<ul style="list-style-type: none"> • Одрживо финансирање • Без административних оптерећења • Рад на развоју квалитета • Привлачење послодаваца у систем • Промоција за ученике завршних разреда основне школе.
Објашњење → Анализе → Изазови → Опције → Имплементација	

У почетном периоду учешће предузећа у систему дуалног образовања није било на задовољавајућем нивоу, јер су компаније у Србији биле преокупиране сопственим проблемима, недовољно информисане и сматрале овај сегмент одговорношћу државе. Ипак, реализација дуалног образовања без активног учешћа послодаваца у креирању и реализацији наставних планова и програма била би немогућа, а од њих се највећи допринос очекивао у домену обезбеђења квалитетних места за обуку.

Временом, уз одређене иницијативе од стране државе, Привредне коморе Србије, Немачке организације за међународну сарадњу (нем. Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ), Фондације Конрад Аденауер и других, ситуација се почела развијати у жељеном смеру и према подацима Министарства Просвете, науке и технолошког развоја из новембра 2018. године, више од 4.500 ученика у Србији се тренутно школује по моделу дуалног образовања, а програм подржава више од 600 предузећа. Евидентан је раст интересовања од момента имплементације првих програма, а посебна експанзија се очекује увођењем Закона о дуалном образовању школске 2019/2020 године, чиме ће се регулисати сва значајна права и обавезе свих заинтересованих страна у овој области.

Привредници у Србији коначно су изразили спремност да активним учешћем подрже наставак увођења елемената дуалног система у образовни систем и обезбеде места за обуку ученика, али, с друге стране, очекују и помоћ државе, кроз различите видове пореских олакшица. Предлаже се и активно учешће локалне самоуправе која, у сарадњи са предузећима, може пружити одређени вид подршке ученицима кроз стипендирање, финансирање превоза, топлог obroка, смештаја, осигурање, набавке школских уџбеника, донирања опреме, и тиме смањити трошкове предузећа, али и образовних институција (Fondacija Konrad Adenauer 2016).

У сваком случају, као што је доказано и у другим државама са много дужом традицијом у овој области, примена дуалних принципа у средњошколском образовању у Србији нуди бројне предности за све актере. Ученици су у прилици да усвајањем актуелних знања и компетенција постану конкурентни и тражени на тржишту рада, предузећа обезбеђују себи радну снагу потребног профила још у периоду њиховог школовања и остварују уштеде у трошковима запошљавања, укључивањем локалне самоуправе смањују се трошкови за образовне институције и предузећа, а све укупно треба да допринесе расту запошљавања и економском просперитету државе. Због тога не изненађује да је следећи планиран корак имплементација дуалног принципа и у области високог образовања.

4. ПРОИЗВОДЊА СВЕТСКЕ КЛАСЕ

World Class Manufacturing (WCM), односно производња светске класе је концепт управљања производњом настао у Јапану осамдесетих година прошлог века. Суштина овог концепта је производни систем који инсистира на нула залиха (JIT - Just in Time производња) и нула дефеката (TQM - тотално управљање квалитетом). Као доказана методологија сталног унапређења, WCM помаже при приоритетизацији ресурса, решавању проблема и елиминацији губитака, те тежи безбедним и одрживим производним процесима са нула губитака и нула дефеката. Данас производња светске класе представља један од предуслова опстанка предузећа на светском тржишту, обзиром да се од њих очекује врхунски квалитет производа, приступачна цена, брза и поуздана испорука, флексибилност у прилагођавању захтевима потрошача и спремност на континуиране иновације.

World Class Manufacturing, повезивањем процеса, активности и запослених у организацији, утемељује пут ка извршном производном систему, побољшаним перформансама пословања, унапређењу квалитета и конкурентности предузећа и повећању задовољства његових корисника и запослених. Суштина је у фокусираности на стално унапређење и елиминацију губитака, где као резултат настаје висок ниво продуктивности система и смањење трошкова пословања, па је један од главних задатака WCM-а развити производну организацију која учи и у тај процес укључити све запослене. Међу облицима WCM праксе најчешће се истичу TQM, TPM JIT, Kaizen и Lean. Снажна повезаност концепата WCM-а и Lean-а огледа се у фокусираности на смањење отпада и губитака, али производња светске класе додаје и нову, једнако захтевну парадигму у виду што бржег и адекватнијег задовољавања потреба купаца и брзог реаговање на промене на тржишту.

4.1. Преглед литературе о производњи светске класе

Производња светске класе, због својих претходно истакнутих карактеристика, нуди широк избор могућности за остварење економског развоја и игра кључну улогу у рапидним економским променама, унапређењу продуктивности и побољшању међународне компетентности предузећа (Eid 2009). Maskell (1991) истиче да је производња светске класе веома опширан назив који обично подразумева фокус на квалитет производа, JIT производне технике, управљање радном снагом и флексибилност у испуњавању захтева корисника, док је Gunn (1987) усмерен на улогу технологије, и по њему производња светске класе почива на три стуба: компјутерски интегрисана производња (енгл. Computer Integrated Manufacturing - CIM), укупна контрола квалитета (енгл. Total Quality Control - TQC) и JIT производне технике. Voss et al. (1995) дефинишу WCM као тачку у којој се достижу стандарди у перформансама и када се предузећа изједначавају или превазилазе своје најбоље међународне конкуренте у свакој области бизниса.

За Kinni (1996) производњу светске класе карактеришу три основне стратегије: фокус на купца, квалитет и агилност (способност да се брзо, ефикасно и ефективно одговори на промене) и шест подржавајућих компетенција (ангажовање запослених, управљање набавком, технологија, развој производа, одговорност према животној средини и безбедности запослених и корпоративна одговорност). Montgomery & Levin (1996) додају да циљеви WCM-а обухватају и одржавање тржишног удела, побољшање профитабилности и способности предузећа да се такмичи на глобалном тржишту. Kasul & Motwani (1995) истичу да је за успешну имплементацију WCM-а потребна интеграција читавог предузећа, док Haynes (1999) под производњом светске класе подразумева различите производне процесе и организационе стратегије којима је флексибилност на првом месту. Falah et al. (1998) закључују да упркос различитим дефиницијама производње светске класе, све носе исту основну поруку да се производња светске класе односи на најбоље светске произвођаче.

Међу ауторима којима су у фокусу били фактори који утичу на имплементацију производње светске класе, битно је поменути Flynn et al. (1999), Sohal & Terziovski (2000), Oakland (2001), Escrig-Tena (2004), McAdam & Henderson (2004), Salaheldin & Eid (2007), Sharma & Kodali (2008) и друге. У подручју WCM-а, ти фактори се односе на различите активности и праксе којима треба посветити пажњу како би се осигурала успешна имплементација. Значајно је поменути и дискусију о значају људског фактора при WCM имплементацији. У том контексту Lind (2001) истиче да WCM, мењајући ставове и уверења запослених у предузећу, омогућава брзо реаговање на захтеве корисника и високу фокусираност на купца. Подржавајућом улогом организационе културе при имплементацији WCM-а бавили су се и Salaheldin & Eid (2007), а затим и Haleem et al. (2012) за које ставови, вредности и уверења запослених имају једну од кључних улога при достизању статуса предузећа светске класе. За Kodali et al. (2004) појам предузећа светске класе односи се на организације које постижу супериорност користећи своје производне способности као стратегијско оружје.

Интересовање аутора за производњу светске класе достигло је експанзију последњих неколико година, када је објављен и велики број студија. Meу (2011) наводи да је главни циљ производње светске класе максимизација ефикасности производних система и профитабилност организације, а један од кључних фактора успешне имплементације обука запослених. За Murino et al. (2012) менаџмент светске класе је интегрисан систем усмерен ка побољшању оперативних перформанси, а Goriwondo et al. (2013) уочили су да постоји потреба за стратегијама које ће осигурати опстанак и одрживост предузећа светске класе током времена. Главни допринос Furlan et al. (2011) је идеја да је Lean производња идеална основа за WCM, јер интегрише велики број социо-техничких пракси у настојању да елиминира губитке и отпад у предузећу. Haleem et al. (2012) закључују да је фокус WCM предузећа побољшање операција, елиминација отпада и губитака, управљање односима са купцима, стварање Lean организација и имплементирање “зелене” праксе, док је за Hosseinie et al. (2012) највећи бенефит WCM-а могућност остварења глобалне конкурентске предности предузећа која су имплементирала ову методологију.

Silva et al. (2013) посматрају производњу светске класе као сет концепата, принципа и техника за управљање оперативним процесима предузећа, чији су најзначајнији аспекти, према мишљењу De Oliveira et al. (2016), Lean производња, управљање ресурсима и флексибилност. Sandeep et al. (2016) додају да производне организације све више примењују WCM праксе ради достизања врхунских перформанси и конкурентности на глобалном нивоу. Чињеница је ипак, као што су својевремено истакли и Digalwar & Sangwan (2007), да у литература још увек не постоји консензус о прецизној и универзално прихватљивој дефиницији производње светске класе.

4.2. WCM модели

Концепт производња светске класе први пут је поменут 1986. године, када је Richard Schonberger објавио истоимену књигу у којој критикује до тада примењиване методе организације и управљања производњом и предлаже развој потпуно нових. Schonberger-ов нови модел управљања производњом подразумевао је интеграцију више до тада познатих алата, метода и приступа, а објединио их је под називом производња светске класе, јер омогућавају предузећима да спроведу темељне промене и истакну се међу конкурентима на светском тржишту (Schonberger 1986).

Schonberger је тврдио да су седам кључних фактора за успех WCM-а: смањење укупног времена, смањење оперативних трошкова, убрзање времена изласка на тржиште, превазилажење очекивања корисника, управљање глобалним предузећем, поједностављење спољних процеса и побољшање видљивости пословних резултата. Сумирајући претходно изнето, може се закључити да термин производња светске класе подразумева потрагу за најбољом праксом у производњи, а њени различити облици, као што су TQM, JIT, Kaizen, Lean, TPM, ангажовање запослених, имају велики потенцијал за побољшање продуктивности производних система.



Слика 4.1 Schonberger-ов WCM модел

Данас се концепт производња светске класе (WCM) углавном везује за две јапанске школе које су носиоци његовог теоријског и практичног развоја, едукације, имплементације и сертификације.

Јапански институт JIPM (енгл. *Japan Institute of Plant Maintenance*) основао је професор *Seiichi Nakajima*, који се сматра оцем система Тоталног продуктивног одржавања (TPM). Институт је развио широм света признат и цењен програм за оцењивање достигнућа предузећа у области увођења концепта TPM/WCM. Постоји пет нивоа награда, а највиша је признање за предузећа светске класе, коју је до данас добило 16 фабрика (од чега само 6 фабрика ван Јапана). Предузеће Tetra Pak Production д.о.о из Горњег Милановца је, након освајања 4 награде нижег нивоа, 2015. године проглашено за предузеће светске класе.

WCM асоцијација (енгл. *WCM Association*), чији је председник професор *Hajimi Yamashina* са Универзитета у Кјоту, а чланови познате светске корпорације (Fiat - Chrysler Group, Tarket, Ariston Thermo Group, Volvo и друге), додељује 4 нивоа признања за увођење WCM концепта - бронзани, сребрни, златни и предузеће светске класе (још увек није додељено ниједној компанији). Фабрика аутомобила FCA Србија из Крагујевца је 2015. године освојила признање за сребрни ниво.

На Слици 4.2 приказан је модел који је проф. Yamashina развио 2005. године за потребе Fiat Group Automobiles. WCM је представљен као интегрисан производни систем који обухвата све фабричке процесе, а чији је циљ стално унапређење производних перформанси и остварење нула губитака, дефеката, отказа и залиха, како би се осигурао максималан квалитет производа и флексибилност у реаговању на захтеве корисника (De Felice et al. 2015).



Слика 4.2 Fiat-ов WCM модел

4.3. Предузећа светске класе

Производња светске класе је термин који се користи за описивање производних предузећа која су изврсна у обављању своје делатности и која су достигла изванредне перформансе наспрам своје глобалне конкуренције (Eid 2009). Да би једно предузеће постало произвођач светске класе, оно мора остварити што боље резултате у домену квалитета, цене, брзине, поузданости испоруке, флексибилности и иновација. Ипак, када једном достигне те резултате, предузеће је у стању да своје производне капацитете и процесе организује на начин који му омогућава јединствену и одрживу конкурентску предност. Битна, а можда и кључна карактеристика предузећа светске класе је да се веома брзо прилагођавају тржишним променама и изменама у захтевима корисника, због своје флексибилности и проактивног деловања у односу на пословно окружење.

Природа WCM-а је да тежи константном и правовременом побољшању различитих ресурса организације како би се остварило најбоље решење (Gharakhani 2011), па интеграцијом WCM принципа предузеће достиже већу компетентност, иновативност и флексибилност, развија нове и побољшава постојеће технологије, унапређује комуникацију, повећава квалитет рада запослених и оснажује их (нпр. Yamashina 2000, Haynes 1999, Hendry 1998), односно остварује повећање профита, смањење трошкова набавке, смањење трошкова производње и боље усклађивање са потребама корисника, итд. (Anh et al. 2015, Hosseinie et al. 2012).

Колико ће успешна једна организација бити у достизању статуса предузећа светске класе, зависи првенствено од различитих фактора, међу којима се издвајају посвећеност топ менаџмента, организациона култура, мотивација, тимски рад, посвећеност запослених, образовање и обука, адекватни финансијски ресурси, стил лидерства, итд. (Sandeep et al. 2016). У суштини, да би се једно предузеће квалификовало као светска класа, оно мора демонстрирати изузетне перформансе у погледу продуктивности и квалитета (Oliver et al. 1994). По мишљењу Yamashina (2000), светском класом се може назвати производно предузеће које се истиче у примењеном истраживању, производном инжењерству, способности унапређења, знању из производног погона и интегрисаности те компоненте у комбиновани систем.

Заједничко за већину предузећа која примењују WCM принципе су усмереност на стратегијско размишљање, глобална конкурентност у домену квалитета производа, трошкова и флексибилности производње, боље профитне перформансе у односу на конкуренцију, брза реакција на промене у окружењу, уважавање захтева купаца, елиминација сувишних процеса, склоност ка иновацијама, уважавање запослених, итд. Ипак, појам производње светске класе потребно је јасније дефинисати, јер претходна истраживања показује недостатак консензуса о томе која тачно предузећа треба сматрати произвођачима светске класе (de Oliveira et al. 2016).

4.4. WCM пилари и имплементација

Имплементација WCM-а у предузећима одвија се кроз увођење тзв. стубова или пиlara. Пиларска структура назива се WCM храм или кућа, приказана је на Слици 4.3, а чини је 20 пиlara, од чега 10 техничких, а 10 менаџерских. Сваки од пиlara има своје прецизно дефинисане кораке, којих се при имплементацији мора придржавати, како би предузеће постигло ниво светске класе.



Слика 4.3 Пилари WCM куће

Пиларска структура представљена храмом указује на неопходност упоредног развоја свих пиlara на путу ка достизању изврности. Сваки пилар се фокусира на одређену област производног система и користи одговарајуће алате за постизање глобалне изврности. У том смислу, WCM представља тежњу за сталним унапређењем укупне ефикасности организације елиминисањем узрока губитака у производном систему кроз имплементацију активности груписаних око пиlara.

Технички пилари WCM система су:

- **Безбедност на раду** (енгл. *Safety*) је пилар који спречава безбедоносне ризике, штити запослене од повреда на раду и осигурава сигурне радне услове. WCM системи увек теже ка нула небезбедних радњи и нула небезбедних услова.
- **Анализа трошкова** (енгл. *Cost Deployment*) служи као компас за све друге пиlare, јер идентификује проблеме са становишта трошкова. Пилар указује на највеће губитке, доприноси максималној искориштености ресурса, прати напредак пројеката и финансије осталих пиlara.
- **Фокусирано побољшање** (енгл. *Focused Improvement*) је пилар који користи различите специјализоване алате за решавање специфичних проблема. Долази до нових сазнања захваљујући којима се додатно редукују трошкови пројекта.

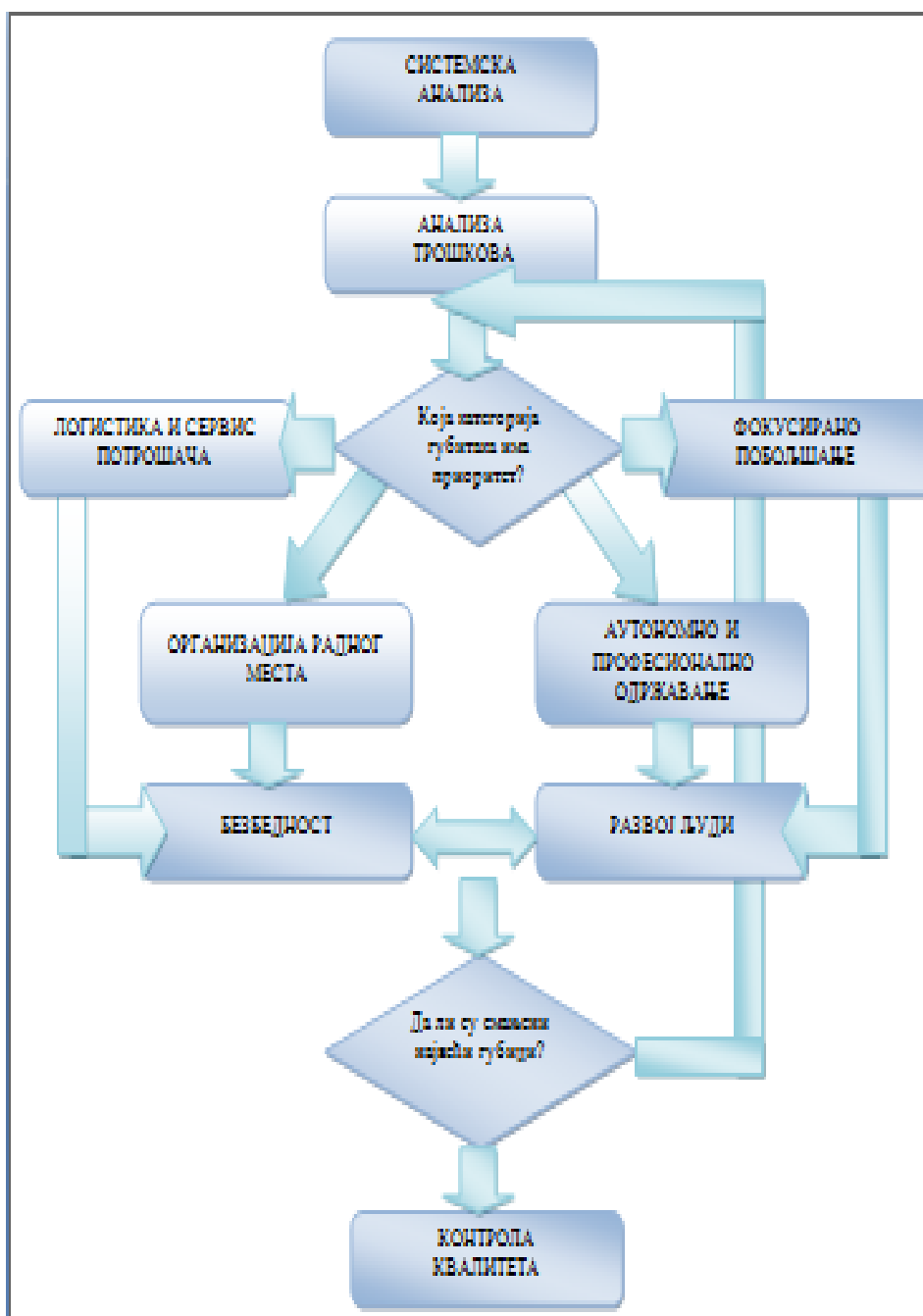
- **Организација радног места и аутономно одржавање** (енгл. *Workplace Organization and Autonomous Maintenance*) је пилар који напада три врсте губитака, Муда (отпад), Мури (беспотребно оптерећење) и Мура (недоследност), и елиминише активности које не доносе вредност, односно осигурава основне радне услове на дневном нивоу уз оператера који сам одржава машину.
- **Професионално одржавање** (енгл. *Professional Maintenance*) односи се на периодично одржавање машина и опреме од стране обучених професионалаца, како би се повећало време између отказа опреме, смањило време поправке и спречили губици услед квара машина. Тежи се ка нула кварова при одржавању.
- **Контрола квалитета** (енгл. *Quality Control*) је пилар који води рачуна о стандардима и захтевима да производи задовољавају очекивања купаца. Тежи ка нула дефеката и нула грешака и користи високо специјализоване алате за анализу и осигурања квалитета.
- **Логистика** (енгл. *Logistics*) је пилар одговоран да производ буде доступан на правој локацији, у право време и на прави начин. Има за циљ да задовољи потребе производње и купаца за безбедном и трошковно ефикасном испоруком.
- **Рано управљање** (енгл. *Early Management*) обухвата две димензије - рано управљање опремом (енгл. *Early Equipment Management*) и рано управљање производима (енгл. *Early Product Management*).
- **Развој људских ресурса** (енгл. *People Development*) је пилар који ствара изузетне људе, олакшава размену знања и стварање најбоље праксе кроз стално унапређење, односно којим се обучавају људи за производњу светске класе.
- **Заштита животне средине** (енгл. *Environment*) подразумева одговорност према околини и њеном очувању. Тежи остварењу нула отпада кроз механизме поновне употребе и рециклирања, спречава све еколошки опасне радње и услове и ствара осећај одговорности међу запосленима.

Менаџерски пилари производње светске класе су такође веома важни и представљају основу на коју се надограђују поменути технички пилари. Менаџерски пилари су: Посвећеност менаџмента, Јасноћа циљева, Мапа до WCM-а, Алокација високо квалификованих људи по модел зонама, Посвећеност организације, Спремност организације за побољшање, Време и буџет, Ниво детаља, Ниво ширења и Мотивација оператера.

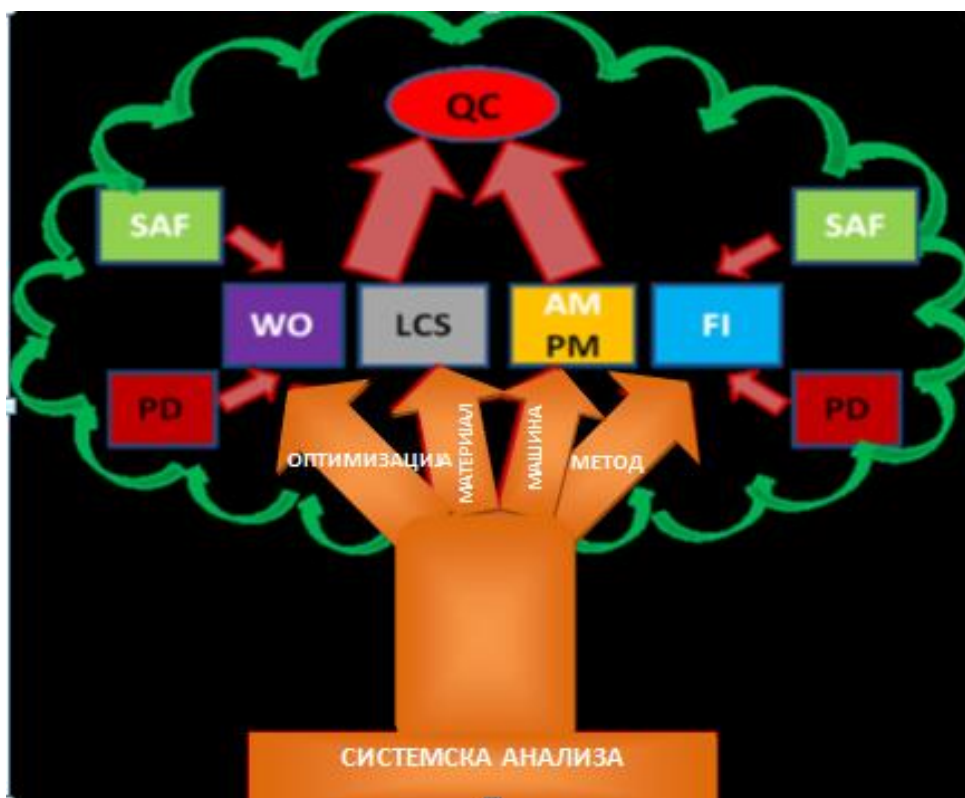
Унапређење система и практична имплементација WCM пиlara врши се помоћу Kaizen приступа (стално унапређење) кроз чувени PDCA (енгл. *Plan-Do-Check-Act*) циклус, али је веома битно и да се WCM пилари имплементирају према одређеном препорученом редоследу примене, приказаном на Слици 4.4. Поменути редослед имплементације пиlara, поред класичног дијаграма тока, може се приказати и путем модела WCM дрвета (Слика 4.5). У оба случаја полази се од анализе тренутног стања организације и идентификује проблем који је потребно решити. Затим се врши прецизно лоцирање

проблема и на бази утврђених трошкова одређују приоритети. Након анализе проблема, пратећи смер који показује пилар анализа трошкова, одређују се метода за редукацију или потпуно отклањање проблема, односно примењују различити WCM алати за опис проблема, проналажење основног узрока проблема и стандардизовање резултата.

По успешном решавању проблема, утврђени начин решавања се прихвата као интерни стандард и користи се за отклањање истих или сличних проблема у будућности. Овим се решава један од главних проблема WCM имплементације, јер непостојање стандарда и смерница при имплементацији пилара често изазива контрапродуктиван ефекат и не остварују се жељени резултати. Модел дрвета стога представља ефикасан начин за решавање проблема имплементације WCM пилара.



Слика 4.4 Дијаграм тока WCM имплементације (Murino et al. 2012)



Слика 4.5 Модел WCM дрвета (Murino et al. 2012)

Процес унапређења система, односно увођења сваког од носећих WCM пиlara спроводи се кроз укупно седам корака који се деле у три фазе (представљене Сlikом 4.6), а број корака у појединим фазама разликује се од пиlara до пиlara.

Поменуите три фазе су:

- **Реактивна**, подразумева спровођење корективних мера након што се проблем јави и обухвата све активности усмерене ка идентификовању постојећих проблема и њиховом отклањању.
- **Превентивна**, подразумева да се на основу стеченог искуства усвајају одговарајуће превентивне мере, како би се избегло понављање постојећег и њему сличних проблема.
- **Проактивна**, подразумева да се на основу анализе ризика усвајају одговарајуће проактивне мере како би се у старту спречила појава проблема.

Уобичајено је да се при унапређењу система и увођењу пиlara дефинисане мере и активности не примењују кроз комплетан пословни систем, већ се тестирају у претходно одабраним ограниченим деловима, тзв. модел зонама. Тек када се у модел зонама остваре и верификују позитивни резултати, креће се са експанзијом на тзв. зоне ширења, а затим и на читаво предузеће. Овим приступом се обезбеђује рационална употреба расположивих ресурса и могућност да се свака мера најпре тестира и коригује пре него што се усвоји и прошири по осталим зонама, а затим и читавом предузећу.



Слика 4.6 Кораци у имплементацији WCM пилара

4.4.1. Пилар развој људских ресурса

Међу наведеним WCM пиларима за докторску дисертацију кандидата највећи значај имају пилари Рано управљање и Развој људских ресурса, те ће се њима посветити посебна пажња. Развој људских ресурса (енгл. Human Resources Development - HRD) је организациона функција чији је циљ да максимизира перформансе запослених, а односи се првенствено обуку, развој каријере, организациони развој и развој запослених (McGuire & Jørgensen 2011). Сем тога, развој људских ресурса настоји да интегрише културу учења у укупну организациону стратегију и усмерава организационе напоре ка испуњавању високих перформанси (Slotte et al. 2004).

Развој људских ресурса је међу најважнијим аспектима WCM-а, па се у овим системима велика пажња посвећује програмима едукације и обуке и запослених и читав један технички пилар посвећен је управо овим активностима. Пилар Развој људских ресурса (енгл. People Development - PD) обједињава активности усмерене на боље искоришћење и унапређење расположивих људских потенцијала, пре свега кроз увођење принципа укључивања свих запослених (енгл. Total People Involvement - TPI) и принципа континуираног побољшања (Kaizen).

Овај пилар подразумева реализацију активности усмерених ка подизању нивоа знања и компетенција запослених људских ресурса кроз спровођење различитих програма тренинга и едукација. Пилар се у сличним концептима управљања индустријским процесима (TPM) назива и Едукација и тренинг (енгл. Education & Training - E&T).

Образовање и обука запослених кроз стално унапређење њихових компетенција је основни елемент и предуслов за стицање статуса предузећа светске класе, па је и ултимативни циљ PD пилара унапредити начин на који се у индустријским системима управља људским ресурсима и смањити све облике људских грешака. У правцу остварења поменутог циља реализује се велики број активности фокусираних на повећање нивоа знања, способности и компетенција запослених, али и позитивну промену у њиховом односу према радним задацима и радном окружењу. Унапређење пилара Развој људских ресурса, односно Едукација и тренинг, такође се врши кроз седам корака приказаних на Слици 4.7.



Слика 4.7 Кораци пилаара Развој људских ресурса

Прва три корака су реактивна и подразумевају реализацију тренинга и обука на основу идентификованих потреба и утврђених грешака, губитака и проблема уочених у осталим пиларима, док је четврти корак превентивног карактера и подразумева увођење свеобухватног интегрисаног система тренинга и обука. Тренинзи и обуке који се спроводе у прва четири корака имају за циљ смањивање броја људских грешака, оспособљавање радника за аутономно одржавање, професионално одржавање и управљање квалитетом. Пети, шести и седми корак су проактивни и усмерени на развој напредних вештина које ће допринети способностима запослених да проактивно приступе унапређењу и развоју производног система, смањењу свих облика губитака и спречавању настанка проблема, отказа, дефеката, повреда, итд. Алат који се често користи за визуелно представљање нивоа знања и компетенција људских ресурса је радар дијаграм (енгл. radar chart) и приказује у којој мери запослени познају одређене области, у односу на ниво знања који је потребан да би се елиминисали идентификовани губици, откази, дефекти и проблеми у производним системима.

Пилар Развој људских ресурса, кроз идентификацију и елиминацију генова у знањима и компетенцијама људских ресурса настоји да стално унапређује вештине запослених кроз постојеће програме тренинга и обука и тако помогне предузећу у достизању статуса светске класе. Неискоришћеност расположивих потенцијала људских ресурса представља један од основних губитака у сваком пословном систему, па свако побољшање у овом сегменту доноси бројне директно и индиректно мерљиве бенефите (Hosseine et al. 2012, Jinhui Wu et al. 2012).

5. РАЗВОЈ МОДЕЛА РАНОГ УПРАВЉАЊА ИНЖЕЊЕРСКИМ ЉУДСКИМ РЕСУРСИМА

У уводном делу рада истакнута је потреба за проналажењем новог и проактивног приступа проблему развоја и едукације људских ресурса чије су компетенције компатибилне са захтевима и потребама савремених индустријских система заснованих на принципима Lean производне филозофије. Детаљном анализом принципа, модалитета, предности и ограничења до сада представљених модела сарадње на релацији академска заједница - индустријски системи (издвојени примери приказани у поглављу 3), кандидат је уочио потребу за проналажењем новог модела који ће редефинисати полазне претпоставке и инсистирати на трансформацији и подизању поменуте сарадње на виши ниво.

Модел Раног управљања инжењерским људским ресурсима (енгл. *Early Human Resources Management - EHRM*) инспирисан је пиларским структурама Lean (WCM и TPM) индустријских система и дизајниран кроз интеграцију концепата, односно пилаара Рано управљање и Развој људских ресурса. Модел користи принцип вертикалног стартовања (енгл. *Vertical start-up - VSU*) како би драстично смањио време потребно за достизање пуног потенцијала и жељеног нивоа знања и компетенција људских ресурса за рад у Lean индустријским системима (Vukadinovic et al. 2018).

Интегрисан и проактиван приступ управљању људским ресурсима један је од најважнијих елемената пословне стратегије Lean индустријских система и кључан предуслов за остварење конкурентске предности, али и сам опстанак ових система на захтевном глобалном тржишту. Чињеница је и да успех Lean система у великој мери зависи од способности људи да препознају и разумеју сложене проблеме са којима се суочавају модерни индустријски системи и да поседују знања и вештине неопходне за дефинисање и примену одговарајућих корективних, превентивних и проактивних мера (Needy et al. 2002). Поред тога, Lean индустријски системи, фокусирани на континуирану и систематску елиминацију или минимизирање губитака и нерационалности, дефинишу захтев да сви људски ресурси већ при запослењу и доласку у предузеће буду у потпуности интегрисани и прилагођени постојећем систему и његовим вредностима. То је продубило потребу за проналажењем нових модела управљања људским ресурсима који ће превазићи све уочене недостатке постојећих традиционалних модела, а уједно одговорити и на комплексне захтеве индустријског и пословног окружења 21. века.

Анализирајући претходно развијене модела управљања људским ресурсима (Gruman & Saks 2011, Lapina et al. 2014), а узимајући у обзир интезитет промена и пораст индустријских захтева, као и фундаменталне принципе Lean филозофије, кандидат је редефинисао сложену базу иницијалних претпоставки, развојних праваца и ограничења. Предложен је нов и унапређен модел развоја и управљања људским ресурсима, фокусиран на принципе, методе и алате који се употребљавају Lean индустријским системима, попут WCM-а и TPM-а.

Модел Раног управљања људским ресурсима, односно EHRM модел, настао је интеграцијом напредних индустријских метода за управљање ресурсима и позитивних елемената постојећих модела сарадње индустрије и образовања у једну кохерентну стратегију, и са циљем смањења и елиминисања јаза између очекиваног и стварног нивоа перформанси људских ресурса у раној фази њихове професионалне каријере. Методологија и принципи раног управљања (енгл. *Early Management - EM*) послужили су као концепт и алат за увођење новог приступа развоју и управљању људским ресурсима, како би се новозапосленим инжењерима пружила адекватна едукација и припрема за рад у савременим индустријским системима (Vukadinovic et al. 2018).

5.1. Lean концепти у индустријским системима

Lean као менаџмент концепт усмерен на смањење губитака и стално унапређење процеса, током свог развоја константно се унапређивао и налазио примену у различитим областима индустрије, те као такав представља основу за увођење знатно опширнијих и свеобухватнијих стратегија за управљање индустријским системима и свим припадајућим производним и пословним процесима. Ове стратегије комбинују различите технологије и техничке и организационе методе, засноване на принципима јапанске производне филозофије, али и бројне друге инжењерске и управљачке алате из различитих концепата и приступа. Као резултати настају сложени концепти индустријског менаџмента, глобално прихваћени од стране водећих мултинационалних компанија које су принуђене да се такмиче за опстанак и раст на све захтевнијем и конкурентнијем глобалном тржишту, како би се осигурала рационална и профитабилна производња. Међу ових неколико глобално признатих и познатих концепата посебно се истичу Тотално продуктивно одржавање - TPM и Производња светске класе - WCM (представљена у поглављу 4).

TPM је првобитно уведен као напредна стратегија за одржавање ресурса, али се у протеклим деценијама развија у свеобухватан индустријски концепт фокусиран не само на одржавање опреме, већ и на постизање оптималног производног окружења и минимизирање дефеката, временских ограничења, застоја, кашњења и незгода. TPM представља методологију унапређења производње која оптимизује поузданост опреме и осигурава ефикасно управљање ресурсима фабричког постројења, користећи ангажовање и оснаживање запослених и повезујући производне, инжењерске и функције одржавања (Ahuja & Khamba 2008). TPM настоји да повећа расположивости и ефикасности постојеће опреме кроз минимизирање инпута (побољшање и одржавање опреме на оптималном нивоу како би се смањили трошкови животног циклуса) и инвестирање у људске ресурсе (Chan et al. 2005).

Овај приступ оптимизује ефикасност опреме, елиминише кварове и промовише аутономно одржавање које ангажује комплетну радну снагу (Hooi & Leong 2017), па иако су његови основни циљеви побољшање квалитета и смањење трошкова, TPM укључује и неке праксе усмерене на људске ресурсе (Vukadinovic et al. 2018).

Концепт производње светске класе, као што је већ наглашено у раду, интегрише неколико познатих алата, метода и приступа, међу којим је TPM. Данас се WCM односи на напредне приступе и методе за организацију радних места, контролу квалитета, одржавање и логистику чијом имплементацијом се остварује значајно повећање продуктивности, смањење неуспеха и побољшање квалитета производа кроз укључивање свих запослених и стално унапређење кључних аспеката производње кроз ригорозно дефинисане циљеве (нулта стопа застоја, отпада, неуспеха, залиха, незгода и повреда). У суштини, принципи WCM-а усмеравају предузећа ка повећању конкурентности, развоју и побољшању технологија и иновација, повећању флексибилности, повећању комуникације између менаџмента и запослених, повећању квалитета рада и оснаживању запослених (De Felice et al. 2013), а предузећа која остварују највише успеха у WCM-у су она која се стално унапређују и максимално искориштавају потенцијал у људима (Bellgran & Säfsten 2010).

5.2. Улога људских ресурса у Lean системима

Lean је препознат као веома успешна стратегија за побољшање конкурентности индустријских система, јер позитивно утиче на оперативне перформансе (времена циклуса, отпад, трошкови дораде, продуктивност рада, производни трошкови, итд.), а може се посматрати и као интеракција између људских и технолошких елемената који теже смањењу отпада (Shah & Ward 2003). Последице, искоришћеност људских ресурса један је од важних атрибута који утичу на способност индустријског система да буде Lean. Другим речима, ефикасна употреба људског фактора у било ком агилном окружењу може смањити обим посла и повећати профитабилност било које организације (Ajay Guru Dev et al. 2016).

Људи, као најважнији ресурс сваке организације, имају кључну улогу у унапређењу производње и ефикасном коришћењу свих доступних ресурса, па имплементација Lean производње у комбинацији са адекватним третирањем људских ресурса води ка значајном повећању аутономије и задовољства радом и достизању жељених оперативних перформанси (Rodríguez et al. 2016). Lean производња укључује управљање укупним квалитетом (енгл. Total Quality Management - TQM), управљање људским ресурсима (енгл. Human Resources Management - HRM) и људски фактор, као и поштовање људи и безбедност на радном месту (Yang & Yang 2013).

Актуелне перспективе које посматрају Lean производњу као социо-технички систем прошириле су њен фокус ван производних алата и рефлектују ширу менаџмент филозофију, која укључује и техничке оперативне алате и праксу људских ресурса. Технички алати користе се за смањење губитака у људским напорима, смањење времена до изласка на тржиште и смањење површине производног простора, док из перспективе људских ресурса, Lean производња настоји да промени начин на који људи раде, пружајући им изазовније послове, већу одговорност и могућност рада у тиму (Cullinane 2013).

5.2.1. Ергономија и безбедности на раду у Lean системима

У сваком WCM/TPM индустријском систему, највећа пажња се посвећује људима, јер без одговарајућег третмана људских ресурса и ефикасног управљања запосленима не могу се реализовати ни пун потенцијал и бенефити Lean индустријских система (Vukadinovic et al. 2018). Доприноси које истраживања о људским ресурсима могу донети индустрији углавном су присутни у областима дизајнирање производа и дизајнирања и употребе производне опреме (Corlett 1973). Термин "ергономија" се често користи да опише подручје познато и под називом "људски фактор" или "инжењеринг људског фактора", а бави се проучавањем односа између људи и машина.

Домен људског фактора и ергономије су људске способности и ограничења, интеракцију између људи и машина, тимски рад, алати, машине и дизајн материјала, фактори окружења, рад и организациони дизајн (Stanton et al. 2004). Интеракција између човека и машине проучава грешке повезане са непотпуним тумачењем улаза и излаза система, као и недостатке или неадекватности у пројектовању система који ограничавају перформансе корисника (Leaver & Reader 2016). Стога је фокус људског фактора да побољша перформансе и благостање дизајнирајући бољи систем и боље интегришући човека у тај систем. Поменуто се постиже прилагођавањем окружења човеку, а манифестује кроз перформансе система (нпр. продуктивност, ефективност, ефикасност, квалитет, иновативност, флексибилност, безбедност и сигурност, поузданост, одрживост) и благостање корисника (нпр. здравље и безбедност, задовољство, уживање, учење, лични развој) (Dul et al. 2012). Кроз историју, најпре су дизајниране машине, а потом се тражио оператер који ће радити на њима, док се данас машине и опрема морају дизајнирати тако да одговарају могућностима људских ресурса, те је и ергономија усмерена на стварање опреме која оптимизује људске способности и минимизира људска ограничења (Meister 1999).

Ергономија је постала важна тема у свим индустријским подручјима, а један од њених главних доприноса је спречавање незгода на раду и пружање безбедног радног окружења. Циљ ергономије је да предвиђена радна задужења и њихови захтеви буду у оквиру капацитета запослених радника (Ayoub et al. 1983), односно да се радно место обликује према потребама оператера. Дакле, људски фактор и ергономско знање користе се за дизајнирање производа, опреме и окружења погодног за потребе људи (Stone 2008).

Циљ је потенцирати даљу употребу ергономских метода при дизајнирању индустријских система, јер људски фактор и ергономија имају велики потенцијал да унапреде дизајн свих система који укључују људске ресурсе (радни системи, производни и услужни системи) и осигурају да сваки дизајнирани предмет, од производа до организационог окружења, буде обликован око капацитета и потреба људи (Dul et al. 2012). То даље води ка поштовању и уважавању људских ресурса, дизајнирањем решења која испуњавају ергономске принципе већ од самог почетка, смањивањем ризика за настанак проблема и потребе за корективним акцијама (Vukadinovic et al. 2018).

Интеграција безбедности и људског фактора у фазу дизајнирања индустријских система је витална потреба, ако се жели осигурати трансформација очекиваних перформанси у остварене резултате индустријских система (Fadier & De la Garza 2006). Обзиром да је једна од значајних иницијатива у домену људских ресурса повећање сигурности, промовисање здравља и безбедности на раду (енгл. Occupational Health and Safety - OHS) довело је до бројних побољшања која могу смањити ризике рада у различитим ситуацијама (Kogi 2012).

Поменута проблематика је од изузетне важности и за савремене Lean индустријске системе који велику пажњу посвећују питањима здравља и безбедности људских ресурса, како би се спречиле незгоде, људске грешке и повреде на раду. Зато је један од важних задатака људских ресурса запослених у Lean предузећима да константно проучавају начине за унапређење безбедности на раду, која често бива угрожена лошим дизајном машина, недовољном обуком оператера и неадекватним употребом машина од стране оператера. Испитује се и однос између ангажованих радника и радног окружења у ком бораве, са фокусом на побољшање ефикасности и продуктивности рада и минимизацији грешака, што укључује и међусобну повезаност људских ресурса и опреме коју користе на радном месту, с циљем надоградње радних процеса и радних услова. У суштини, побољшање услова рада за људске ресурсе запослене у Lean системима олакшава и спровођење ергономских унапређења која имају за циљ да спрече опасности по здравље радника, оптимизују време производње и побољшају квалитет производа (Vukadinovic et al. 2018).

Ергономија настоји да заштити оператере од стресних и опасних послова и пружи им најбоље могуће услове рада како би се избегле случајне повреде или умор и побољшале перформансе. Интеграцијом ергономских принципа Lean индустријски системи профитирају и у кратком и у дугом року, јер се остварују побољшања, како у домену људских ресурса (смањење нелагодности, бола и умора), тако и у домену система (брзина реаговања, смањена стопа одбијања, бољи квалитет услуге). Иако укључивањем проактивне ергономије (физичка и организациона ергономија и психосоцијални фактори) предузећа остварују побољшања у продуктивности и квалитету (Zare et al. 2016), ергономија се често посматра као алат користан само за превенцију повреда на раду и болести оператера, те занемарује њен потенцијал да побољша продуктивност и квалитет и смањи трошкове Lean система.

Повреде и проблеми у извршавању задатака због лоше дизајнираног радног места су примери губитака људског фактора, што је један од губитака који се јављају у Lean системима. Када до ових ситуација дође, предузећа су принуђена да реагују на проблеме који већ постоје у производном процесу, па их карактерише приступ решавања проблема. Супротно томе, као пожељнији приступ, спречавање проблема инсистира да се предупреду губици повезани са људским ресурсима, што омогућује управо проактивна употреба Lean алата за елиминисање ергономских и сигурносних ризика и повећање квалитета и продуктивности (Morse 2014).

5.3. Људски ресурси у WCM/TPM системима

Људски ресурси, као носиоци организационих промена, један су од најзначајнијих фактора успешне имплементације WCM/TPM иницијатива. Seth & Tripathi (2005) истакли су да позитиван утицај стратегијских фактора орјентисаних на људске ресурсе (посвећеност топ менаџмента и лидерство, укључивање свих запослених, обука и образовање) на имплементацију WCM/TPM-а и побољшању перформанси индустријских система. Организације стога, не смеју бити усредсређене само на техничке или финансијске утицаје и занемарити људски аспект WCM/TPM-а система (Hooi & Leong 2017). Оба поменута концепта имају организациону структуру засновану на пиларима, са 8 техничких пилара у TPM-у (Ranteshwar et al. 2013) и 10 техничких пилара у WCM-у (De Fellice et al. 2013). Пилари WCM концепта који се претежно баве људским ресурсима и ергономијом су Безбедност, Аутономно одржавање и организација радног места и Развој људи (представљен у поглављу 4.4.1), односно Безбедност, здравље и животна средина, Аутономно одржавање и Обука и образовање у TPM концепту.

Пилари Безбедност (WCM) и Безбедност, здравље и животна средина (TPM) спречавају безбедносне ризике, штите запослене од ризика и повреда на раду (узрокованих људским, ситуационим или факторима окружења) и осигуравају сигурно радно окружење, тежећи нултим небезбедним акцијама и нултим небезбедним условима. Активности ових пилара фокусиране су на елиминисање основних узрока појаве нежељених и непланираних догађаја, спречавање њиховог поновног појављивања и проактивно смањење ризика будућих догађаја третирањем потенцијалних опасности. Штавише, постоји консензус да је обука из OHS вештина користан начин за спречавање повреда на раду (Laberge et al. 2014). Да би се постигли наведени циљеви, стратешке иницијативе у оквиру пилара Безбедност (WCM) или Безбедност, здравље и животна средина (TPM) укључују усвајање сигурносних мера за заштиту производних радника од незгода са опремом, чине операције безбедним и промовишу пријатно радно окружење, усвајају одговарајуће мере за заштиту животне средине (бука, вибрације, врућина, дим, итд.), воде рачуна о здрављу и хигијени запослених. Зато је посвећеност обезбеђењу сигурног радног места и окружења за запослене и остале стејкхолдере интегралан део пословне филозофије и вредности предузећа (Singh & Ahuja 2015). Непоштовање принципа и стандарда безбедности може донети непоправљиву штету у виду финансијских и људских губитака, па је безбедност људских ресурса веома високо на листи приоритета Lean система, а овај пилар има веома значајну улогу у свим другим пиларима.

Пилари Аутономно одржавање и организација радног места (WCM) и Аутономно одржавање (TPM) одговорни су за дизајнирање радног места како би се напали Муда (прекомерна производња, залихе, чекање, кретање, транспорт, завршна обрада, прекомерна обрада), Мури (непотребно оптерећење) и Мура (варијације и недоследности) у Lean системима. Аутономно одржавање усмерено је на откривање абнормалности од стране оператера и обављање ситних задатака везаних за одржавање

и развија оператере који врше своје радне задатке на начин да остваре нула кварова, нула проблема квалитета и нула незгода. Интегрисањем проблема безбедности у активности аутономног одржавања елиминишу се сви небезбедни услови и небезбедно понашање на радном месту. Организација радног места подразумева елиминисање свих активности које не додају вредност (NVA) и побољшање радних услова кроз употребу ергономских принципа. Уводи веома интересантне концепте златне зоне (енгл. *golden zone*) који подразумева да сви предмети треба да буду у видном пољу оператера и зоне замаха (енгл. *strike zone*) који подразумева да сви предмети треба да буду на дохват руке оператера, што радницима омогућава да се лакше крећу и минимизирају све физичке напоре.

Пилари Развој људи (WCM) и Обука и образовање (TPM) обихватају активности усмерене на боље управљање и унапређење расположивих људских ресурса, првенствено увођењем принципа укључивања свих људи (енгл. *Total People Involvement - TPI*) и принципа сталног унапређења (*Kaizen*). Кроз претходна поглавља дисертације уочено је да је питање образовања и обуке људских ресурса несумњиво један од кључних фактора за успешну WCM/TPM имплементацију, па овај пилар подразумева све активности којима се подиже ниво знања и компетенција запослених кроз циљане програме едукације и обуке, истовремено тежећи унапређењу у домену управљања људским ресурсима и смањењу свих облика људских грешака.

Пилари Развој људи и Обука и образовање баве се, дакле, људским ресурсима и њиховим утицајем на квалитет, одржавање, безбедност, логистику итд., са фокусом на успостављање одговарајућих и ефикасних метода обуке, стварањем инфраструктуре за обуку и ширењем знања о другим WCM/TPM пиларима. Уопштено говорећи, циљ пилаара је постизање нула кварова, нула дефеката и нула незгода, кроз повећање нивоа знања, вештина и техника оператера и елиминисањем гепова у њиховим компетенцијама.

Кроз претходне наводе уочава се да WCM/TPM концепти значајну пажњу посвећују људским ресурсима, кроз низ активности организованих око предметних пилаара, што свакако представља добру индустријску праксу. Међутим, основни циљ докторске дисертације кандидата је да истакне могућност за додатно и значајно побољшање начина на који се управља људским ресурсима, кроз увођење принципа Раног управљања у област управљања људским ресурсима у савременим Lean системима.

5.4. Рано управљање у WCM/TPM системима

Филозофија Раног управљања (енгл. *Early Management - EM*) орјентисана је ка постизању високе ефикасности већ од фазе пројектовања, а WCM пилар Рано управљање чине два дела: Рано управљање опремом (енгл. *Early Equipment Management - EEM*) и Рано управљање производима (енгл. *Early Product Management - EPM*), оба фокусирана на учење из претходних искустава како би се елиминисали потенцијални губици кроз адекватно и благовремено планирање, пројектовање и развој.

Активности Раног управљања имају за циљ брзо и економично стварање производа који се могу лако произвести и опреме која се може лако одржавати и користити (Al-Hassan et al. 2000), а обично их извршавају одељење за истраживања и развој (енгл. *Research and Development - R&D*) или инжењерске функције унутар организације. Оператери су задужени да прикупљају све податке о операцијама и стању опреме од одељења за одржавање, квалитет, производњу и инжењеринг и шаљу повратне информације одељењу за пројектовање и развој, са циљем да се скрати период истраживања и развоја и оптимизују перформансе производа и опреме.

ЕЕМ настоји да уведе процесе без губитака и дефеката, што резултира минималним временским ограничењима опреме (нултим прекидима) и оптимизованим трошковима одржавања, док ЕРМ тежи да скрати време развоја, тако да се стартовање производње постиже са нултим губитком квалитета (нултим дефектима). Сходно томе, свако предузеће развија систем Раног управљања производима који укључује информације о потенцијалним проблемима и захтевима још у процесу развоја, тако да се већ из првог покушаја остварује жељени старт и жељени обим производње без проблема и прекида.

ЕЕМ обухвата развој производа кроз специфичан дизајн и опрему која је изузетно сигурна, поуздана, приступачна, једноставна за управљање, одржавање, инспекцију и чишћење, прави низак ниво буке и производи висококвалитетне производе. Слично томе, како наводе McKone & Weiss (1998), овај приступ узима у обзир однос између карактеристика опреме као што су поузданост, одрживост, оперативност и сигурност, а циљ му је постизање стабилне производње пуног обима при самом пуштању у рад и испуњавање прописаних детаљних захтева за опрему.

ЕЕМ спречава кварове и дефекте бавећи се одржавањем већ током фазе пројектовања опреме. Побољшава се ефикасност пројектовања и обезбеђује беспрекорно функционисање већ од старта производње, коришћењем крос-функционалних тимова и (менаџмент, инжењеринг, квалитет, одржавање и производно особље) и јасних процедура за рану детекцију проблема и спречавање њиховог преношења у касније фазе. Оператери производње и инжењеринга за одржавање су веома посвећени проблемима који се јављају током тестирања, пуштања у рад и покретања нове опреме, обично узроковане лошим избором материјала и производне опреме и грешкама при инсталацији. Поред једноставнијег функционисања и одржавања опреме у реалном времену, ЕЕМ укључује све запослене у оптимизацију опреме и осигурава да је набавка будуће опреме трошковно оправдана, а сама опрема прецизно дефинисана и исправно пројектована и инсталирана.

Четири главна дела ЕЕМ-а су осигурање квалитета (енгл. *Quality Assurance - QA*), трошкови животног циклуса (енгл. *Life Cycle Costs - LCC*), превентивно одржавање (енгл. *Maintenance Prevention - MP*) и вертикално стартовање (енгл. *Vertical Startup - VSU*). Осигурање квалитета значи проналажење свих могућих дефеката који утичу на квалитет производа и одлагање покретања производње у почетној фази пројектовања. QA одређује да ли су испуњени сви услови и да ли је производни процес правилно стандардизован и под контролом.

Трошкови животног циклуса опреме су сума директних, индиректних и других сродних трошкова током периода ефикасности. То је збир свих трошкова насталих током процеса пројектовања, развоја, производње, рада, одржавања и подршке. LCC опреме могу се смањити користећи различите методе - пројектовање минималних почетних трошкова (енгл. Minimum Initial Cost Design), пројектовање минималних текућих трошкова (енгл. Minimum Running Cost Design), пројектовање редукације (енгл. Reduction Design) и пројектовање у неизвесним околностима (енгл. Design under Uncertain Circumstances) (Gotoh 1991).

Превентивно одржавања је скуп активности које се спроводе током планирања и пуштања у рад нове опреме која води високом степену поузданости, одрживости, економичности, оперативности, безбедности и флексибилности, узимајући у обзир информације о одржавању и новој технологији (Shirose 1996). Активности превентивног одржавања, као саставни део ЕЕМ-а, усмерене су на минимизирање оперативних проблема опреме, тежећи опреми без дефеката од самог почетка, и вршећи ревизије дизајна у свакој фази животног циклуса опреме. Чињеница је да је лош дизајн главни узрок смањене профитабилности, смањене ефикасности производње и ниске укупне ефикасности опреме (Suzuki 1994). Активности превентивног одржавања побољшавају поузданост опреме истражујући слабости у постојећој опреми и преношењем тих информација пројектантима опреме. Период од почетне производње до производње са пуним капацитетом опреме мора бити врло кратак и без икаквих додатних проблема, заустављања и отказа. Да би се то постигло, неопходно је јасно дефинисати потребне карактеристике (инпути, производи, материјали, људски фактори, методе), пласирати производ на тржиште, елиминисати све губитке опреме и максимизирати поврат од инвестиције. Другим речима, производна опрема треба да буде једноставна за коришћење и јефтина за одржавање, приступачна, изузетно издржљива и добро дизајнирана. Са таквом опремом, дугорочно осигурање квалитета је једноставно.

ЕЕМ је усмерен на вертикално стартовање, ефикасно коришћење информација о превентивном одржавању и ревизији дизајна, као и опрему која је поуздана, безбедна и флексибилна, са ниским оперативним трошковима и нултим дефектима (Ahmed et al. 2005). Иако се вертикални старт и минимизирање укупних LCC-а често посматрају као два главна циља у реализацији Раног управљања опремом, значајна пажња се посвећује и безбедности људских ресурса и стварању окружења без незгода, па се највећим неуспесима сматрају инциденти са опремом који директно угрожавају безбедност запослених. ЕЕМ обухвата и критеријуме за оцену безбедности нових производа и машина, а инжењери воде рачуна о дизајну нове опреме, може ли она евентуално повредити оператера и одлучују да ли је и у којој мери неопходна обука за безбедно управљање машинама. Неретко се процењује неопходним да оператери, пре самог почетка рада са новом опремом, унапред прођу кроз теоријску и практичну обуку. Покретање нове производне линије са новом опремом није лак задатак, посебно узимајући у обзир чињеницу да је већина предузећа под сталним притиском да што пре достигне жељени обим производње.

Свако одлагање у овим околностима значи потенцијалан губитак прихода и нарушавање репутације произвођача. Зато се тренутак покретање нове производне линије сматра кључним моментом учења за организације (Ball et al. 2011).

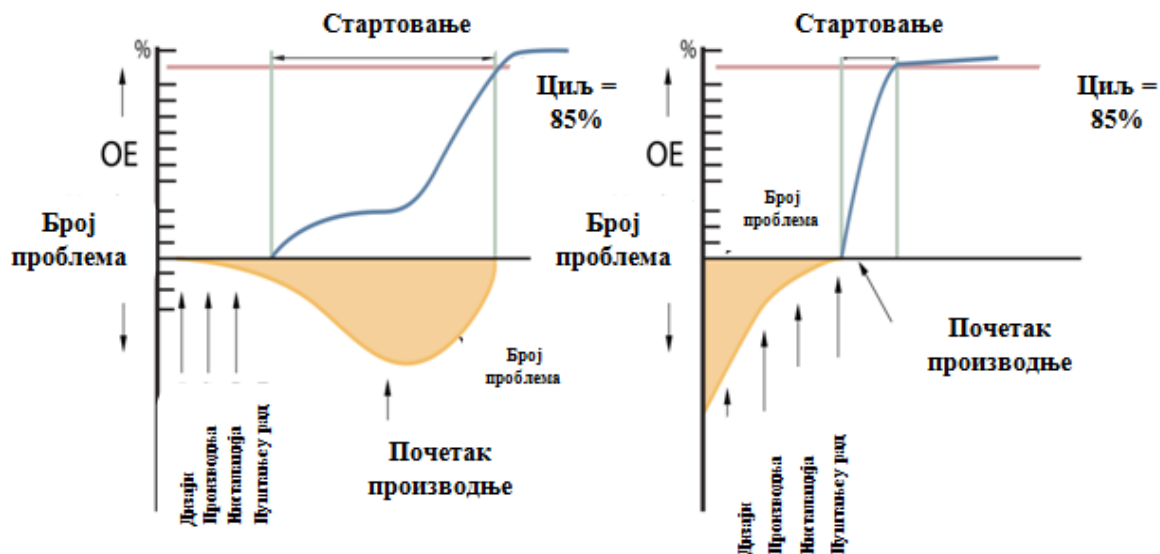
У ситуацији када је животни век производа и опреме све краћи, проналажење нових начина за развој новог производа или инвестирање у нову напредну и ефикасну опрему сматра се веома битним. Обично када се инсталира нова производна опрема није могуће одмах произвести велике количине (Ball et al. 2011), али као решење ЕЕМ и ЕРМ пилари настоје да драстично смање време од иницијалног развоја новог производа или опреме до остварења пуног производног капацитета, применом претходно поменутог принципа вертикалног стартовања - VSU.

Вертикално стартовање је изузетно значајно у ЕЕМ и представља принцип покретања производње (новог производа или постојећег производа на новој опреми) са вертикалним успоном, што значи брзо и ефикасно инсталирање опреме за нови или постојећи производ, која ће од првог момента радити пуним капацитетом. У суштини, то значи "урадити праву ствар из првог покушаја" (енгл. doing the right thing from the first), где су сва очекивања од опреме и производа у смислу ефикасности, квалитета, губитака, сигурности, капацитета итд. на жељеним вредностима већ приликом покретања иницијалне производње. Као резултат, вертикално стартовање нове опреме или новог производа испуњава све дефинисане циљеве на самом старту производње. Период од ког почиње мерења VSU је тренутак када материјал додирне било који део производне опреме и назива се квалификациони период. Идеално вертикално стартовање изводи се у најкраћем времену, под пуним обимом производње и без икаквих модификација опреме.

Успех вертикалног старта мери се односом $\alpha / (\alpha + \beta)$, где α представља све проблеме идентификоване у развојној фази нове опреме, док β представља све проблеме који настају током почетне производње. Крајњи циљ је елиминисање свих потенцијалних проблема кроз успешан развој, пројектовање, инсталацију и пуштање у рад и остварење вертикалног старта. Ако вредност коефицијента прелази 0.85, старт производа или опреме се сматра успешним.

Без стриктног раног управљања, опрема или производ могу ући у фазу тестирања са доста скривених дефеката, па су рана детекција и исправљање недостатака изузетно важни за смањење укупних оперативних трошкова, а нарочито трошкова одржавања. Al-Najjar (1996) је нагласио важност развоја ефикасног програма одржавања како би се обезбедила доступност машина и квалитет аутпута и представио нови концепт одржавања укупног квалитета којим се постижу континуирана побољшања и осигурава производња висококвалитетних производа.

Пилар Раног управљања (ЕМ), поред претходно поменутог поједностављења и смањења трајања активности одржавања, скраћује време од пројектовања до инсталације опреме, смањује оперативне трошкове кроз животни циклус, смањује издатке за средства одржавања, пружа искуство и учење кроз процес сталног унапређења, омогућава достизање пописаних стандарда за производе и опрему, итд.



Слика 5.1 Традиционалан и вертикални старт

5.5. Рано управљање људским ресурсима у Lean системима

Научна дисциплина управљање људским ресурсима (енгл. Human Resources Management - HRM) развила се због потреба менаџера да ангажују, мотивишу и развијају људе са знањима, талентима и карактеристикама које су неопходне предузећима. Потенцијал и могућности људских ресурса су од кључног значаја за раст и одрживост организација, што резултира да управљање људским ресурсима постаје основна функција у предузећу (Voxall 2014). Став да су људи најважнија имовина предузећа и да усмереност на њихов развој пружа дистинктивну и неограничену конкурентску предност, изазвао је велико интересовање за ефикасним управљањем људским ресурсима. Све већи број објављених истраживања и студија које су приметиле позитиван однос између управљања људским ресурсима и корпоративних перформанси продубиле су то интересовање (Guest 2002).

HRM модели омогућавају управљање људским ресурсима који поседују тражено знање, вештине и потенцијале и комбинују их и примењују у постојећим производним системима, с циљем побољшања радних услова и процедура. Литература препознаје бројне и разноврсне HRM моделе широм индустрије, али од пресудног значаја је да менаџери људских ресурса у сваком моделу буду свесни потребе за висококвалитетним људским ресурсима, што ће се постићи кроз комуникацију са различитим интересним групама, изградњом партнерстава са њима и едукацијом свих заинтересованих страна (Morse 2014).

На основу 5.4 поглавља дисертације могло се закључити да је Рани менаџмент (EM) веома важан пилаар у WCM/TPM методологији, фокусиран на различите активности у раној фази припреме нове опреме или новог производа. Међутим, проблем, који је уједно послужио и као инспирација кандидату за рад на дисертацији, је што се у EM недовољна "рана пажња" посвећује људским ресурсима и ергономији.

У прилог овој тврдњи говори и чињеница да након инсталације нове опреме значајан број (у неким случајевима и већина) имплементираних Kaizen програма је управо из области ергономије. Kaizen је алат за континуирано побољшање, који интегрише сигурносне, ергономске и функције квалитета како би се спровеле промене на боље (Magas & Karwowski 2006) и покрива све потребе људских ресурса укључених у производни процес. Kaizen иницијативе сматрају се природним следом и допуном ергономских иницијатива, уз које запослени остварују побољшане ергономске и радне услове (Vieira et al. 2012). Kaizen се примењује кроз тимски рад инжењера и оператера који су у сталној потрази за савршенством, те подстиче комуникацију и учешће запослених, а нови процеси су ефикаснији и мање фрустрирајући за раднике (Morse 2014). Још један доказ недовољне пажње која се посвећује људским ресурсима током инсталације нове опреме је чињеница да се већина сигурносних проблема у индустријским системима односи на ергономске пропусте. Насупрот томе, примена ергономских принципа у домену безбедности води ка повећаној ефикасности људских ресурса и индустријских система у којима раде, а препознавање ергономских пропуста смањује или елиминише многе проблеме и ограничења продуктивности (Morse 2014).

Имплементација Lean-а принципа без ергономије узрокује мању ефикасност индустријских система услед занемаривања људског фактора, док интеграција ергономије са Lean-ом резултира већом способношћу људи да безбедно извршавају своје радне задатке (Vukadinovic et al. 2018). Ипак, питање да ли су радни услови у Lean индустријским системима штетни или корисни за здравље и добробит запослених је тема о којој се расправља већ дуги низ година (Cullinane et al. 2014) и до данас не постоји консензус о томе како Lean принципи утичу на ергономију на радном месту и безбедност радника, јер је већина истраживача проналазила и позитивне (предности) и негативне (недостаци) утицаје (Arezes et al. 2015). Како би се смањили негативни ефекти имплементације Lean принципа у савременим индустријским системима, кандидат сматра да се већ у раним фазама (кроз превентивне и проактивне акције) значајна пажња мора посветити ергономији и проблемима људских ресурса, користећи алате и принципе Раног менаџмента. Тиме би се Lean алати (попут Kaizen-а) користили на одговарајући начин и пружали подршку људским ресурсима, али и оствариле значајни бенефити у подручју ергономије и безбедности запослених.

Упркос чињеници да људски ресурси, без сваке сумње, представљају један од најзначајнијих елемената у сваком индустријском систему, до сада није било покушаја да се концепт и идеја Раног менаџмента примене у овом сегменту. То је разлог зашто EHRM (енгл. *Early Human Resources Management*) модел представља оригиналан модел управљања људским ресурсима, који је чврсто утемељен како на постојећим научним сазнањима, тако и на индустријској пракси. Поменути EHRM модел заснива се на проактивном приступу људским ресурсима, за разлику од других модела који су реактивни, те само реагују на проблеме који се јаве у овој области. Суштина EHRM модела је да проактивним деловањем пружа подршку развоју и неговању компетенција људских ресурса кроз адекватне програме обуке и образовање (Vukadinovic et al. 2018).

5.6. Развој EHRM модела

Партнерство индустрије и образовних институција у домену реализације и унапређења образовног процеса тема је која је већ дуго у фокусу интересовања представника академске заједнице и стручњака из индустрије. Висок ниво исказаног интересовања и осећај потребе за сарадњом и заједничким деловањем резултирао је појавом читавог низа модела који су у претходном периоду, са мањим или већим успехом, представљени стручној и научној јавности и тестирани у образовним институцијама и индустријским системима. Сваки од предложених модела имао је сличне полазне претпоставке и дефинисане циљеве, а разлике су се огледале у методама за остварење тих циљева, врсти и обиму активности за реализацију образовног процеса и степену учешћа актера у самом процесу едукације. Нажалост, још увек смо далеко од усвајања и примене јединственог и глобално прихваћеног модела партнерства између индустријских и академских институција у области образовања. Из тог разлога поменута тематска област је и даље веома актуелна и у наредним годинама може се очекивати још веће интересовање за унапређењем постојећих и развојем нових модела и приступа.

Иновативан приступ проблему обезбеђивања, развоја и интегрисања људских ресурса у Lean индустријске системе и дизајнирања новог, унапређеног модела базиран је на примени основних принципа Lean производне филозофије. Lean филозофија и искуства Lean индустријских система у управљању људским ресурсима пружају значајне теоријске и практичне основе које су послужиле као основа за редефинисање модела и приступа образовању људских ресурса. Принципи и идеје Lean-а коришћени су као платформа за унапређење процеса обуке и образовања да би постигао рационалан и оптималан систем, лишен свих облика губитака, расипања, грешака и нерационалног ангажовања људског рада, док су развијене пиларске структуре WCM и TPM индустријских система послужиле као инспирација за развој побољшаног модела управљања људским ресурсима. Фокус активности усмерених ка управљању људским ресурсима концентрисан је у пилару за Развој људи (WCM), односно пилару Образовање и обука (TPM). Циљ ових активности је боља искоришћеност и унапређење компетенција расположивих људских ресурса увођењем принципа укључености свих запослених и принципа сталног унапређења (Kaizen). Наведене премисе послужиле су као предуслови од пресудног значаја за развој и имплементацију EHRM модела.

Почетна тачка у развоју EHRM модела је чињеница да концепт Раног менаџмента (EM) треба да обухвата два сегмента, односно да има два фокуса представљена на Слици 5.2. Први сегмент је већ постојеће Рано управљање опремом (EEM) које мора укључивати људске ресурсе и ергономију као подједнако важне предуслове током пројектовања и уградње нове опреме. Други сегмент је још увек непостојећи, али подједнако важан, и односи се на Рано управљање људским ресурсима (EHRM). Предложени EHRM модел има за циљ да побољша тренутни ниво знања, вештина и способности будућих инжењера током активног укључивања Lean индустријских система у процес развоја људских ресурса (Vukadinovic et al. 2018).

Поред стандардних знања и вештина, од људских ресурса запослених у Lean предузећима се очекује да поседују читав низ додатних, софистицираних и комплексних вештина и компетенција, истовремено инсистирајући на флексибилности и способности рада у различитим срединама и на различитим радним задацима. Да би се наведено реализовало у пракси, неопходно је интензивирати сарадњу између индустрије и образовних институција у погледу обуке и образовања људских ресурса.



Слика 5.2 Фокус раног управљања (Vukadinovic et al. 2018)

Примена принципа Раног управљања подразумева да се предузећа морају активније укључити у процес едукације и стварања и припреме својих будућих запослених, што ће значајно смањити време потребно да се постигне пројектован жељени ниво знања и компетенција људских ресурса. Овим ће EHRM модел допринети смањењу јаза између очекиваних и стварних перформанси људских ресурса још у раној фази њихове професионалне каријере и омогућити им ефективну и ефикасну транзицију из академског у индустријско окружење. У исто време унапредиће се сарадња, комуникација и трансфер знања између индустрије и универзитета у домену развоја наставних планова и програма и њихове усмерености на апликативна знања, вештине и методе.

Како се у WCM концепту сваки пилар уводи и развија кроз програм од седам корака са различитим корективним, превентивним и проактивним активностима, по истом принципу предложено је увођења и имплементација EHRM модела. Кораци модела Раног управљања инжењерским људским ресурсима су (Vukadinovic et al. 2018):

Корак 1. *Геп анализа постојећег нивоа знања и вештина*. Индустријски системи треба да истраже и утврде просечан нивоа знања и вештина својих новозапослених инжењера, а затим га упореде са пожељним нивоом, дефинисаним на основу актуелних потреба предузећа. Потребна знања треба да укључују општа и специфична знања, вештине везане за посао, “меке” вештине, додатне способности и стручности, итд. Подаци о потребним знањима и вештинама прикупљају се из свих WCM/TPM пиlara. Суштина првог корака је у проналажењу и описивању гепова између постојећег и пожељног нивоа знања будућих инжењера.

Корак 2. **Припрема програма обуке за превазилажење идентификованих генова.** Превазилажење идентификованих генова спроводи се кроз додатне, интензивне програме обуке, које припремају и спровode запослени у предузећу или спољни експерти. Важно је да програми обуке свој фокус преусмере од теоретског ка практичном приступу и омогуће полазницима да употпуне, надограде и освеже део својих претходно стечених теоријских знања и практично их примене у стварном индустријском окружењу.

Корак 3. **Реализација програма обуке заснованих на Раном управљању људским ресурсима.** Реализација претходно припремљених програма обуке треба да буде организована у оквиру предузећа или у екстерним центрима за обуку (у овом случају примат су академске институције). Важно је да се програми обуке спровode по принципу Раног управљања, што значи да их полазници похађају већ у завршној фази својих редовних образовних програма.

Корак 4. **Успостављање програма индустријске обуке.** У следећој фази одабрани, претходно обучени полазници започињу облик праксе у виду индустријске обуке. У овом кораку је битно у раној фази каријере обезбедити одговарајуће менторство и директан трансфер знања и вештина од индустријских експерата и искусних радника ка кандидатима за запошљавање.

Корак 5. **Увођење концепта Фабрике за учење.** Додатно унапређење окружења за обуку и учење у предузећу може се остварити имплементацијом концепта фабрике за учење. Фабрике за учење (представљене у поглављу 3.1.) могу имати различите облике од тренинга и радионица до потпуно развијене и интегрисане инфраструктуре за обуку са свим битним карактеристикама стварних индустријских система. Ова инфраструктура омогућава реализацију практичне обуке у стварном индустријском окружењу унутар предузећа, без утицаја или прекида главног производног процеса.

Корак 6. **Интеграција принципа Раног управљања људским ресурсима у друге WCM/TPM пиларе.** Имајући у виду утицај људских ресурса на ниво перформанси свих WCM/TPM пиlara, али и индустријских процеса уопште, у овом кораку се предузимају одговарајуће активности како би се осигурало увођење EHRM принципа. Поменуто подразумева и сталан рад на ажурирању података о пожељном нивоу знања и вештина за сваки пилар, укључујући општа и специфична. Поред тога, програме обуке треба стално побољшавати и надограђивати на основу постигнутих резултата претходних група полазника и њихових резултата у пракси након запослења.

Корак 7. **Увођење партнерства компанија - академска заједница у припрему и реализацију наставних планова и програма.** У последњем кораку, предузећа треба да иницирају сопствено директно учешће у креирању и развијању, а затим и реализацији наставних планова и програма у академским институцијама. По успостављању партнерства и дефинисању наставних програма за будуће запослене, они се усвајају и реализују у оквиру образовног процеса, али и константно иновирују како би пружали знања и вештине компатибилне са потребама и очекивањима индустријских система.

Наведених седам корака представљени су на Слици 5.3 и могу се спроводити паралелно са одговарајућим корацима за Рано управљање опремом (ЕЕМ), али то није обавезно. Рано управљање људским ресурсима (ЕHRM) треба увести у сваком случају, а ЕЕМ је у фокусу интересовања само када је предузеће у процесу куповине нове опреме.



Слика 5.3 Модел Раног управљања људским ресурсима (Vukadinovic et al. 2018)

Може се закључити да је предложени ЕHRM модел обавезан оквир за модерне Lean индустријске системе који ће им омогућити да напусте свој тренутни пасиван приступ и кроз сарадњу са образовним институцијама активно се ангажују у процесу едукације, развијања и интеграције људских ресурса са потребним нивоом знања и компетенција.

5.7. Значај ЕHRM модела

Основна сврха докторске дисертације кандидата је да укаже на додатну могућност побољшања начина на који се људски ресурси третирају у Lean индустријским системима, кроз употребу принципа Раног менаџмента у управљању људским ресурсима. Кандидат је представио модел и идеју Раног управљања људским ресурсима (ЕHRM), дизајниран кроз интеграцију концепата и пилара Раног менаџмента и Развоја људских ресурса (концентрисаних у пилару Развој људи у WCM-у и пилару Образовање и обука у TPM-у). Предложени ЕHRM модел неопходан је модерним Lean (WCM/TPM) индустријским системима да напусте свој тренутни приступ и праксу према људским ресурсима и интензивирајући сарадњу са образовним институцијама активно се ангажују у процесу стварања, едуковања, припреме, привлачења и интеграције својих будућих запослених.

ЕHRM модел користи принцип вертикалног стартовања (VSU) како би се драстично скратило време од иницијалног развоја људских ресурса у образовним институцијама до достизања њиховог пуног потенцијала и остварења жељеног нивоа знања и компетенција, пре стварног запошљавања у Lean индустријским системима. Спровођењем Раног управљања људским ресурсима и активним ангажовањем у процесу образовања и обуке на образовним институцијама, Lean предузећа ће омогућити ефективну и ефикасну транзицију инжењерских људских ресурса, као својих будућих запослених, из академског у индустријско окружење.

Новозапослени инжењери, опремљени свим неопходним знањима и компетенцијама, почеће да раде са пуним капацитетом и неће им, након доласка у предузеће, бити потребна било каква додатна обука. Овим ће се решити веома актуелан и ургентан проблем неадекватне припреме и неусаглашености између знања, вештина и компетенција које захтева индустрија и оних које поседују људски ресурси након завршетка образовања на формалним образовним институцијама. Додатна кључна предност ЕHRM модела је што се велика пажња посвећује ергономији и проблемима безбедности људских ресурса запослених у Lean системима већ у раним фазама (кроз превентивне и проактивне акције), што доводи до веће ефикасности и продуктивности система и значајног унапређења оперативних перформанси.

6. ПРИКАЗ МЕТОДА, АЛАТА И МОГУЋНОСТИ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ EHRM МОДЕЛА

6.1. Кораци у имплементацији EHRM модела

EHRM модел посвећен је развоју компетенција инжењерских људских ресурса за рад у Lean индустријским системима, и имплементира се спровођењем одговарајућих активности које су груписане у седам корака, а у оквиру сваког корака потребно је извршити одређене задатке како би се прешло на наредни. Дефинисаних 7 корака EHRM модела такође се реализују у 3 фазе.

Прва фаза обухвата три реактивна корака усмерена на идентификовање и отклањање проблема, фаза подразумева превентиван приступ како би се избегло понављање претходно идентификованих проблема, док трећа фаза подразумева проактиван приступ којим ће се спречити да се проблем уопште и појави. Паралелно са имплементацијом активности, кључно је радити и на промени начина размишљања будућих инжењера и осталих запослених, најпре од реактивног ка превентивном, а затим и проактивном, јер срж сваке промене је у ставовима, веровањима и вредностима људских ресурса.

6.1.1. Реактивни кораци EHRM модела - Концепт "1-2-3"

Реактивни кораци EHRM модела реализују се по концепту "1-2-3" и предвиђају 3 фазе. Прва фаза "1" траје месец дана и у њој се врши избор кандидата, тестирају њихове способности и утврђују гепови у знањима и компетенцијама, друга фаза "2" траје два месеца и подразумева програме обуке за превазилажење идентификованих гепова, док трећа фаза "3" траје три месеца и у њој се кандидати укључују у рад на практичним пројектима, уз надгледање ментора.

6.1.1.1. "1" - Селекција људских ресурса и анализа постојећег нивоа знања и вештина

Прва фаза EHRM модела траје 1 месец и у том периоду се врши селекција људских ресурса и анализа постојећег нивоа знања и способности. Посвећена је избору потенцијалних кандидата за увођење у EHRM програм на основу знања и вештина којима располажу, а спроводи се кроз следеће активности - утврђивање потребног нивоа знања и вештина за сваку позицију у предузећу, контакт са универзитетом и пријављивање заинтересованих кандидата, тестирање и утврђивање знања и способности пријављених кандидата, интервјуисање и финална селекција кандидата, и на крају утврђивање гепова у знањима и способностима изабраних кандидата. У оквиру ове фазе се врши и процена на коју би се радну позицију у предузећу изабрани кандидат најбоље уклопио.

1. Утврђивање потребног нивоа знања и вештина за сваку позицију у компанији

Изузетно је важно спровести детаљну анализу сваке радне позиције у компанији, како би се прецизно и недвосмислено утврдио ниво захтеваних знања и вештина за реализацију активности и задатака које та позиција подразумева. Анализа радне позиције обухвата прикупљање и евалуацију свих релевантних података о садржају и природи посла, факторима који утичу на рад, као и неопходним знањима, вештинама и способностима извршиоца. Подаци се прикупљају путем упитника, интервјуисањем непосредних извршиоца, њиховим посматрањем у непосредном радном окружењу, те се на основу анализе података пишу опис и спецификација за сваку радну позицију. Детаљан преглед пожељних знања, вештина и способности будућих инжењера приказан је у поглављу 2.3.

Разумевање и анализа потребних компетенција помажу индустријским предузећима да остваре бољи континуитет и ефективније и ефикасније планирање и управљање инжењерским људским ресурсима. Захтевани ниво компетенција подразумева знања и вештине неопходне за бољи учинак на радној позицији, док се тренутни ниво компетенција односи на стварно или постојеће знање и вештине запослених који раде на тој позицији. При формулацији захтеваног нивоа компетенција, предузећа треба да имају у виду и будуће потребе, јер за развој одређених компетенција може бити потребан и дужи временски период (чак и неколико година). На овај начин ће предузећа проактивним приступом обезбедити себи праве запослене, за прави посао, и на дужи рок.

2. Контакт са универзитетом и пријављивање заинтересованих кандидата

У следећем кораку представник компаније (менаџер за људске ресурсе) ступа у контакт са универзитетом, чиме започиње процес привлачења заинтересованих кандидата квалификованих за учешће у програму. Битно је привући довољан број будућих инжењера како би компанија могла да изабере најбоље кандидате за сваку радну позицију. Приликом пријављивања, кандидати достављају попуњен пријавни формулар, примерак своје биографије (CV), мотивационо писмо и препоруку професора, као и доказ о оствареном академском успеху током досадашњег студирања.

Темељно попуњен пријавни формулар доказ је заинтересованости кандидата за учешће у програму и служи као полазни докуменат у његовом досијеу. У радној биографији је битно истаћи личне податке, податке о образовању, познавање страних језика, компјутерске и остале релевантне вештине, као и хобије и интересовање кандидата. Препорука подразумева податке о знању и ангажовању кандидата, његовом односу према професорима и колегама, радним навикама, постигнутим резултатима, наградама и признањима и слично. Препорука, ради веће објективности, треба да буде у форми званичног документа на стандардизованом обрасцу факултета. На основу достављених информација и пристиглих пријава менаџер за људске ресурсе предузећа врши прелиминарну селекцију и позива изабране кандидате на тестирање.

3. Тестирање и утврђивање знања и способности пријављених кандидата

Менаџер за људске ресурсе мора што концизније дефинисати захтеве сваке радне позиције, како би се спрам тога креирали адекватни тестови селекције. Тестирањем се прецизно утврђује тренутни ниво знања, вештина и способност заинтересованих кандидата. Тестови знања примењују се када је потребно утврдити у којој мери кандидат поседује конкретна знања неопходна за обављање посла, док тестови способности утврђује способност решавања одређених техничких и практичних проблема. Тестови знања и способности намењени су процени техничких или тврдих знања и вештина (основе инжењерства, инжењерски алати, операциона истраживања, управљање индустријским процесима, Lean методе и алати, итд).

Битан аспект тестирања је и утврђивање личних особина кандидата које су значајне за обављање посла, попут мотивисаности за учешће у програму, амбициозности, жеље за сталним усавршавањем, склоности тимском раду, итд. Тестови личности утврђују начин понашања и реаговања кандидата у различитим ситуацијама. Бројна истраживања, детаљно представљена у поглављу 2.3, истичу значај управо меких вештина (комуникација, тимски рад, лидерство, мотивисаност, преговарање, презентационе вештине, управљање временом, решавање проблема, емпатија и емоционална интелигенција, флексибилност, итд) које се утврђује путем тестова личности. Избор квалификованих кандидата за обављање одређених послова захтева што потпуније знање, али и компетенције неопходне за његово извршавање.

По окончању тестирања, сабирају се укупно остварени резултати на свим тестовима (Табела 6.1) и издвајају кандидати са највећим бројем поена, који се затим позивају на лични интервју.

Табела 6.1 Укупни резултати пријављених кандидата

ЗНАЊА И ВЕШТИНЕ								Укупно
	T1	T2	T3	T4	T5	...	Tn	Σ
K1								Σ K1 _{T1-Tn}
K2								Σ K2 _{T1-Tn}
K3								Σ K3 _{T1-Tn}
...								
Kn								Σ Kn _{T1-Tn}

4. Интервјуисање и финална селекција кандидата

Интервју је један од инструмената који се најчешће користи у процесу селекције пријављених кандидата и осмишљен је ради бољег упознавања кандидата и њихових вештина, способности и личних карактеристика, како би се утврдило да ли одговарају захтевима предвиђених радних позиција.

Интервју је посебно значајан за утврђивање меких и социјалних вештина, као што су комуникативност, вербалне способности, вештине презентације, способност импровизације, креативност, итд. Интервју спроводи HR менаџер, у сарадњи са будућим ментором кандидата, односно њиховим непосредним руководиоцем на будућем радном месту, чиме се обезбеђује већа објективност и конзистентност у процени. Интервју се углавном спроводи према унапред припремљеним и дефинисаним питањима, а на основу утврђеног поступка и структуре, што осигурава да се током разговора фокус задржи на релевантним информацијама и касније донесе исправна одлука. Питања на интервјуу односе се на личне карактеристике кандидата, њихове планове, циљеве, амбиције, заинтересованост за посао, хобије и ваннаставне активности, сналажење у одређеним и непредвидивим ситуацијама, процену уклапања у организациону културу и постојећи систем вредности предузећа, склоност ка тимском раду, итд. Интервју се може спроводити са сваким кандидатом понаособ или са групом кандидата истовремено.

У окружењу у ком послују Lean индустријски системи знања вештине и способности су од пресудног значаја за успешно обављање послова и задатака, па се процес селекције будућих инжењера одвија на основу резултата тестирања, али и општег утиска који су кандидати оставили на интервјуу. Често се истиче како тестирање пружа увид у то колико кандидат зна, а интервју показује колико је он заиста вољан да ради. Одлуку о финалној селекцији кандидата за учешће у EHRM програму доноси менаџер за људске ресурсе у сарадњи са надређеним руководиоцем - ментором кандидата на радној позицији. Пожељно је изабрати минимално 10, а максимално 20 полазника програма међу студентима мастер студија.

5. Утврђивање генова у знањима и способностима изабраних кандидата

Компетенције кандидата имају кључну улогу у процесу селекције, јер из њих произилазе разлике у успешности обављања предвиђених радних задатака. Запослени који су способнији ће ефективније и ефикасније обављати исти посао од оних који то нису, па се дефинисање компетенција и утврђивање генова са правом сматра кључним предусловом у развоју инжењерских људских ресурса.

За процену нивоа компетенција кандидата користи се следећа описна скала:

- 0-5 - непостојање потребних знања и вештина (кандидат је свестан информација, идеја и ситуација везаних за компетенцију, али је не поседује, нити практикује).
- 6 - ограничени ниво знања и вештина (кандидат поседује лимитирано знање и недовољно разумевање компетенције, те је неопходно побољшање)
- 7 - основни ниво знања и вештина (кандидат поседује елементарно познавање и разумевање компетенције, које жели унапредити)
- 8 - просечан ниво знања и вештина (знање и разумевање компетенције од стране кандидата је на нивоу просека у индустрији)
- 9 - напредни ниво знања и вештина (кандидат поседује напредно познавање и разумевање компетенције)

- 10 - експертски ниво знања и вештина (кандидат је у потпуности овладао компетенцијом и може обучавати друге кандидате).

За финално изабране кандидате врши се поређење претходно, путем тестова и интервјуа, утврђеног нивоа знања и способности са потребним нивоом компетенција, који је дефинисан у првом кораку, и утврђују се гепови. Геп у вештинама се дефинише као недостатак тврдих или меких знања, вештина или способности који доприноси негативним пословним перформансама предузећа. Као што је већ више пута истакнуто у раду, најчешћи узрок гепова у производним предузећима је што су новозапослени инжењери неадекватно припремљени и образовани за своју будућу позицију.

Подаци приказани у Табели 6.2 омогућавају поређење у нивоу знања кандидата, па се тако може закључити да је тренутно најквалификованији Кандидат 4 (са 4 компетенције на потребном нивоу), затим Кандидат 5 (са 3 компетенције на потребном нивоу), па следе Кандидати 3, 6 и 9 (са 2 компетенције на потребном нивоу) и Кандидат 7 (са 1 компетенцијом на потребном нивоу), док Кандидати 1, 2, 8 и 10 тренутно не поседују ни једну компетенцију развијену на нивоу који је потребан предузећа.

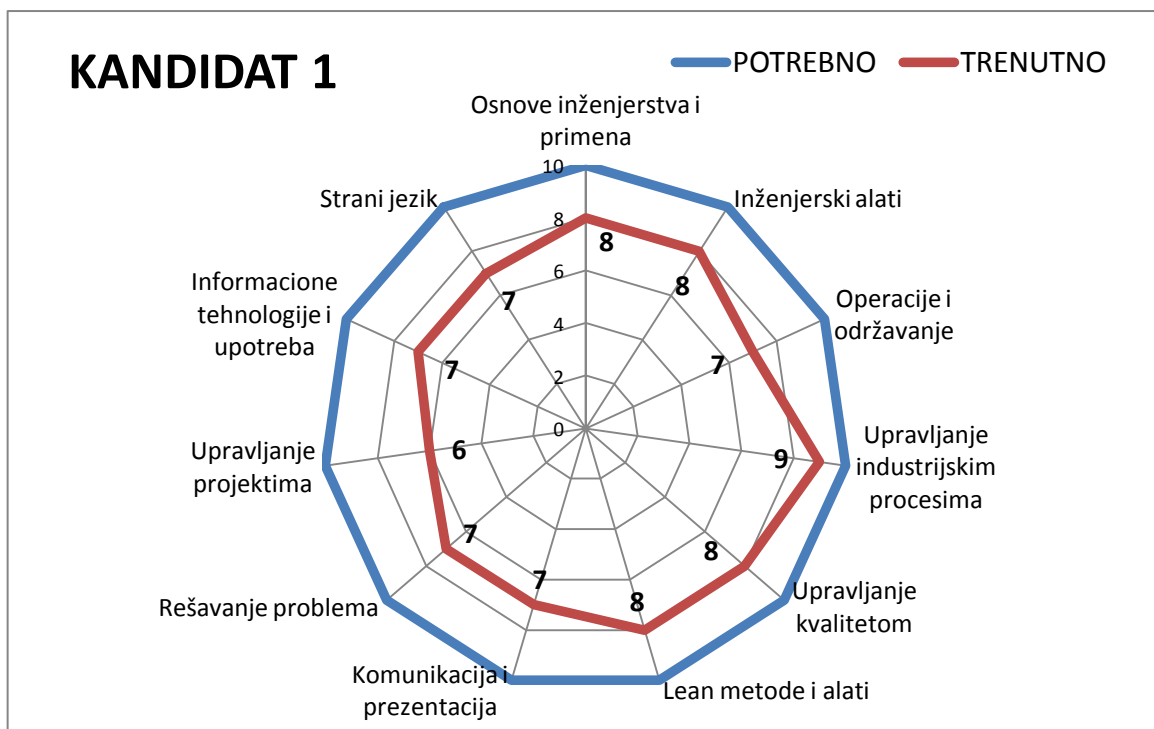
Компетенције представљене у табели изабране су као пресек најчешћих резултата истраживања у овој области (представљених у поглављу 2.3), а затим је на основу дубинских интервјуа и разговора које је кандидат при изради дисертације имао са представницима Lean индустријских система у Србији (претежно на функцији менаџера људских ресурса, менаџера производње, менаџера квалитета и генералног директора).

Подаци из табеле омогућавају и међусобно поређење компетенција, те се закључује да највиши ниво знања кандидата исказују када је у питању страни језик (3 од 10 кандидата остварили су максималан резултат), затим основе инжењерства и примена, комуникационе и презентационе вештине и решавања проблема (2 кандидата са потребним нивоом знања), док су најмањи степен знања показали у области управљања индустријским процесима и управљања пројектима (ни један од кандидата не поседује потребан ниво знања). Ови подаци су изузетно значајна информација за седми корак EHRM модела, јер указују које области је неопходно побољшати при реформи инжењерских курикулума.

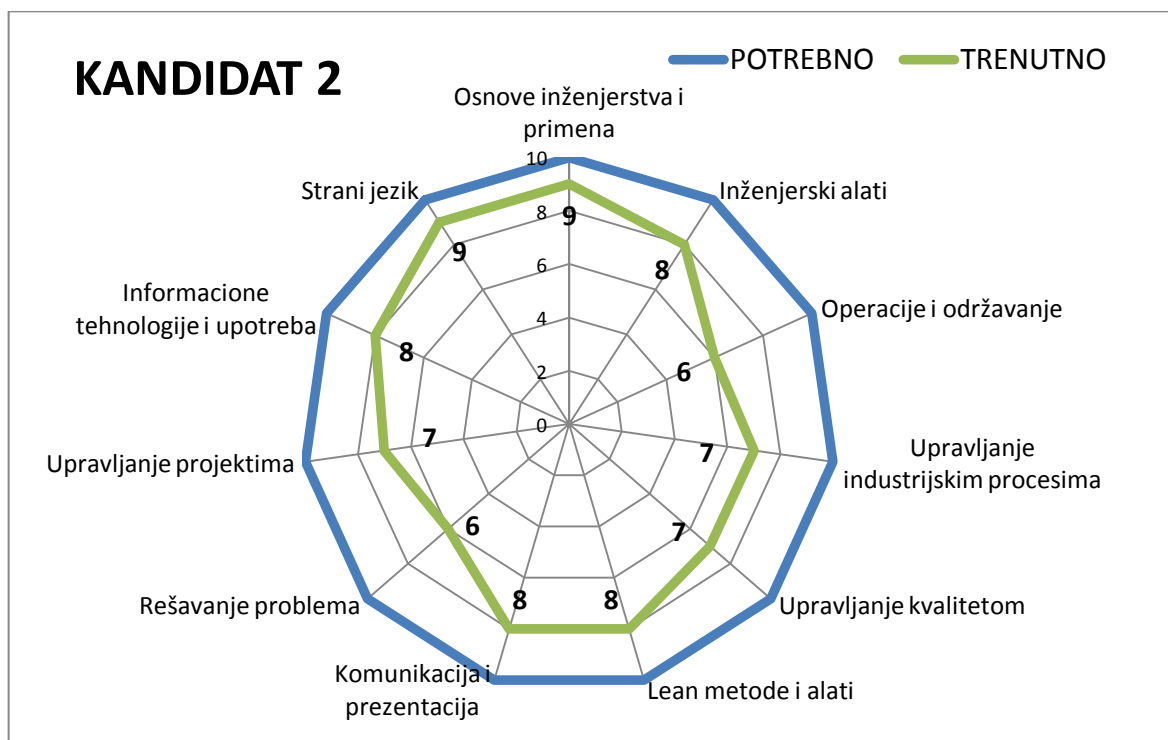
Табела 6.2 Приказ тренутног ниво компетенција свих кандидата (пре обуке)

	Основе инжењерства и примена	Инжењерски алати	Операције и одржавање	Управљање индустријским процесима	Управљање квалитетом	Lean методе и алати	Комуникација и презентација	Решавање проблема	Управљање пројектима	Информационе технологије и употреба	Страни језик	Број компетенција на захтеваном нивоу	Број гетова у компетенцијама
Кандидат 1	8	8	7	9	8	8	7	7	6	7	7	0	11
Кандидат 2	9	8	6	7	7	8	8	6	7	8	9	0	11
Кандидат 3	10	9	9	8	8	9	8	9	8	10	9	2	9
Кандидат 4	9	10	9	8	9	10	9	10	9	10	10	4	7
Кандидат 5	9	9	10	8	9	8	10	9	9	9	10	3	8
Кандидат 6	8	8	9	9	10	9	9	10	9	8	9	2	9
Кандидат 7	10	9	9	9	8	8	7	8	8	8	7	1	10
Кандидат 8	8	8	7	9	9	8	9	8	8	7	7	0	11
Кандидат 9	9	7	8	8	7	7	10	8	8	9	10	2	9
Кандидат 10	8	8	8	9	8	9	9	8	8	7	9	0	11
Σ Кандидата	2	1	1	0	1	1	2	2	0	2	3		

Алат који се користи за визуелно представљање гетова у знањима и вештинама кандидата је радар дијаграм. Радар дијаграми се израђују за све учеснике у EHRM програму, али су у дисертацији као пример представљени радар дијаграми за Кандидата 1 (Слика 6.1) и Кандидата 2 (Слика 6.2).



Слика 6.1 Геп у компетенцијама Кандидата 1



Слика 6.2 Геп у компетенцијама Кандидата 2

Након утврђивања и визуелног представљања гепова у компетенцијама за све кандидате, прелази се на наредни корак.

6.1.1.2. "2" - Припрема и реализација програма обуке за превазилажење идентификованих гепова

У другој фази реактивног сегмента EHRM модела битно је у што краћем року надоместити недостајућа теоријска знања (елиминисати утврђене гепове) потребна за обављање послова и задатака на будућој радној позицији. Поменута фаза подразумева превазилажење идентификованих гепова у знањима и способностима кроз програме додатне, интензивне обуке. Програми обуке одвијају се путем вербалне презентације информација изабраним кандидатима (попут академских предавања), али и допуњују другим наставним методама и алатима учења, попут електронског учења и система за управљање учењем. Пожељно је да материјали за обуку буду практично оријентисани, уз бројне примере из свакодневног живота, јер теоријски садржај је користан само ако пружа функционална и сврсисходна знања. Веома битан предуслов је и добра интеракција кандидата са додељеним предавачем/ментором.

Реализација претходно припремљених програма обуке организује се унутар компаније или евентуално у екстерним центрима за обуку. Препорука је да академске институције буду укључене у процес припреме садржаја теоријске обуке (највише због методолошке структуре), како би се помогло кандидатима да у потпуности овладају вештинама неопходним за успех на будућој радној позицији. Програми обуке за превазилажење идентификованих гепова су веома интензивни и организовани према областима обуке, односно према идентификованим геповима у знањима и вештинама. Предвиђено време трајања програма обуке је 2 месеца и подразумева интензивно ангажовање кандидата трајања у просеку 8h дневно, односно 40h на недељном нивоу.

1. Припрема плана обуке изабраних кандидата

У оквиру ове фазе креирају се оквир и детаљан садржај обуке и бирају методе обуке. При дефинисању плана обуке, дефинише се садржај обуке према утврђеним наставним садржајима - модулима, дужина трајања за сваки модул, ресурси неопходни за реализацију обуке (предавачи и ментори, наставни материјал, наставна средства, итд). План обуке треба да дефинише који кандидати похађају који наставни модул, садржај сваког наставног модула, место и начин одржавања обуке, распоред предавања, очекиване резултате обуке. План обуке за кандидате полазнике EHRM модела организован је тако да предвиђени наставни садржаји обезбеђују стицање неопходних знања и компетенција и подржавају мултидисциплинарност програма. Поред стицања интердисциплинарних перспектива у различитим областима знања, студенти ће стицати искуство у самосталном, колаборативном и креативном решавању проблема, социјалне вештине неопходне за функционисање у контексту већег социо-техничког система, као и вештине управљања потребне за решавање структурних проблема и одговорно коришћење техничких и људских ресурса (Kemeny et al. 2016).

С обзиром да сви одабрани кандидати као полазници обуке немају уједначен ниво знања и компетенција (последично се и гепови у наведеним знањима и компетенцијама разликују), за сваки модул M1-M11 биће предвиђен основни - O_{1-n} и напредни ниво -

N_{1-n} . Основни ниво похађају кандидати чији тренутни ниво ниво знања и вештина је оцењен оценом 6 или 7, док напредни ниво похађају кандидати чији ниво знања и вештина је оцењен оценом 8 или 9. Уколико је ниво знања кандидата за одређени модул оцењен оценом 10 (не постоји геп између тренутног нивоа знања и оног који захтева радна позиција), кандидат је ослобођен похађање обуке за тај модул (подаци доступни у Табели 6.3).

Табела 6.3 Наставни модули теоријске обуке EHRM модела

МОДУЛ	M1 - Основе инжењерства и примена	M2 - Инжењерски алати	M3 - Операције и одржавање	M4 - Управљање индустријским процесима	M5 - Управљање квалитетом	M6 - Lean методе и алати	M7 - Комуникација и презентација	M8 - Решавање проблема	M9 - Управљање пројектима	M10 - Информационе технологије и примена	M11 - Пословни страни језик
O_{1-n} ОСНОВНИ НИВО	M1-O ₁	M2-O ₁	M3-O ₁	M4-O ₁	M5-O ₁	M6-O ₁	M7-O ₁	M8-O ₁	M9-O ₁	M10-O ₁	M11-O ₁
	M1-O ₂	M2-O ₂	M3-O ₂	M4-O ₂	M5-O ₂	M6-O ₂	M7-O ₂	M8-O ₂	M9-O ₂	M10-O ₂	M11-O ₂
	M1-O ₃	M2-O ₃	M3-O ₃	M4-O ₃	M5-O ₃	M6-O ₃	M7-O ₃	M8-O ₃	M9-O ₃	M10-O ₃	M11-O ₃
		M2-O ₄	M3-O ₄		M5-O ₄	M6-O ₄	M7-O ₄	M8-O ₄	M9-O ₄	M10-O ₄	M11-O ₄
		M2-O ₅				M6-O ₅	M7-O ₅	M8-O ₅	M9-O ₅		
N_{1-n} НАПРЕДНИ НИВО	N1-O ₁	M2-N ₁	M3-N ₁	M4-N ₁	M5-N ₁	M6-N ₁	M7-N ₁	M8-N ₁	M9-N ₁	M10-N ₁	M11-N ₁
	N1-O ₂	M2-N ₂	M3-N ₂	M4-N ₂	M5-N ₂	M6-N ₂	M7-N ₂	M8-N ₂	M9-N ₂	M10-N ₂	M11-N ₂
	N1-O ₃	M2-N ₃	M3-N ₃	M4-N ₃	M5-N ₃	M6-N ₃	M7-N ₃	M8-N ₃	M9-N ₃	M10-N ₃	M11-N ₃
		M2-N ₄	M3-N ₄	M4-N ₄	M5-N ₄	M6-N ₄	M7-N ₄	M8-N ₄	M9-N ₄	M10-N ₄	M11-N ₄
		M2-N ₅				M6-N ₅	M7-N ₅		M9-N ₅	M10-N ₅	M11-N ₅

Сваки модул има превиђен број тематских наставних јединица, а подржавају га одговарајуће Power Point презентације са додатним појашњењима и осталим едукативним материјалом. Такође, сваки модул има своје циљеве и очекиване резултате учења. Циљеви учења модула су детаљни захтеви у погледу знања, вештина и компетенција које студенти морају показати након завршетка модула, а формулисани су од стране представника академске заједнице у сарадњи са партнерима из индустрије.

2. Реализација обуке кандидата

Реализација обуке подразумева имплементацију претходно дефинисаног плана обуке и примену изабраних наставних метода, средстава и медија. Приликом реализације програма теоријске обуке примењиваће се неколико метода, у зависности од циљева модула у оквиру обуке, броја наставних јединица у модулу, идентификованих гепова у знањима и вештинама кандидата, броја и личних карактеристика кандидата, итд. Препорука је да будући инжењери своја знања и вештине не унапређују само кроз стандардна екс-катедра предавања, већ да она буду допуњена кроз анализе стварних случајева и ситуација, дискусије о проблемима, рад на пројектима уз подршку ментора, симулације, играње улога, употребу мултимедијалног материјала, итд.

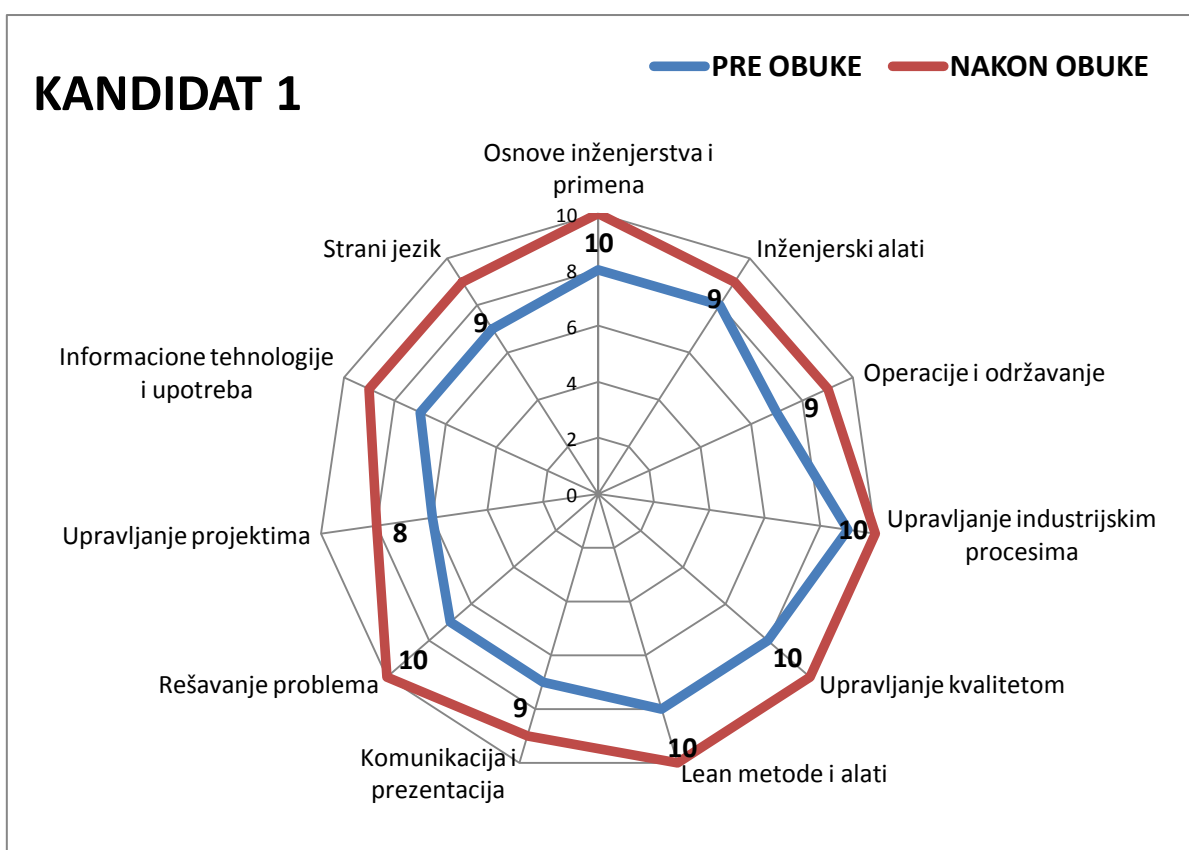
Такође, пожељно је да се садржај курсева обухваћен модулима реализује кроз комбиновано учење, где је традиционална настава уклопљена са web подршком у Moodle e-learning окружењу. Moodle (*Modular Object Oriented Developmental Learning Environment*) се сматра једним од најпопуларнијих и највише коришћених (101.158 сајтова из 229 земаља широм света на дан 7.10.2018.) система за управљање учењем (LMS) и омогућава будућим инжењерима приступ модулима и наставним јединицама и садржајима курса у било које време и са било ког места, уз могућност дискусије са осталим кандидатима и остављања коментара на форумима и блоговима који прате курс. На овај начин кандидати, који из објективних разлога нису у могућности да физички присуствују предавањима из одређеног курса или лекције у оквиру модула, могу самостално да савладају тај садржај и надокнаде пропуштено. Поред Moodle платформе у склопу е-учења, употребљаваће се и други едукативни алати и методе учења, које ће бити детаљније представљене у наставку рада.

3. Процена резултата обуке

Процена резултата обуке подразумева у којој мери су остварени циљеви обуке, односно елиминисани гепови у знањима и способностима кандидата. Како би се утврдили резултати обуке, након свих одслушаних курсева у предвиђеним модулима, кандидати се подвргавају тестирању усвојених знања. По окончању тестирања, пореди се ниво знања и способности за сваког кандидата понаособ пре и након периода обуке. Кандидати код којих су елиминисани сви првобитно утврђени гепови (на тестирању су добили оцену 10 из свих предвиђених модула M1-M11), квалификовали су се за наредну, трећу фазу EHRM програма.

Кандидати код којих и даље постоји геп у одређеним знањима и способностима, у обавези су да поново одслушају курсеве и лекције модула у којима је поновљен геп у компетенцијама. Након реализације обуке врши се и обавезно анкетирање полазника о задовољству обуком и добијени резултати се користе као значајан инпут у планирању и прилагођавању програма обуке за наредну групу полазника. Резултати пре и после спроведене обуке за све кандидате се поново представљају помоћу радар дијаграма. На Слици 6.3 приказани су резултати Кандидата 1 након реализоване обуке.

Увиђа се да је током обуке Кандидат 1 стекао је потребан ниво знања и вештина на модулима М1 (Основе инжењерства и примена), М4 (Управљање индустријским процесима), М5 (Управљање квалитетом), М6 (Lean методе и алати) и М8 (Решавање проблема), док је у обавези да поново похађа предавања на модулима М2 (Инжењерски алати, напредни ниво, лекције N₁₋₅), М3 (Операције и одржавање, напредни ниво, лекције N₁₋₄), М7 (Комуникација и презентација, напредни ниво, лекције N₁₋₅), М9 (Управљање пројектима, напредни ниво, лекције N₁₋₅), М10 (Информационе технологије и примена, напредни ниво, лекције N₁₋₅) и М11 (Пословни страни језик, напредни ниво, лекције N₁₋₅).



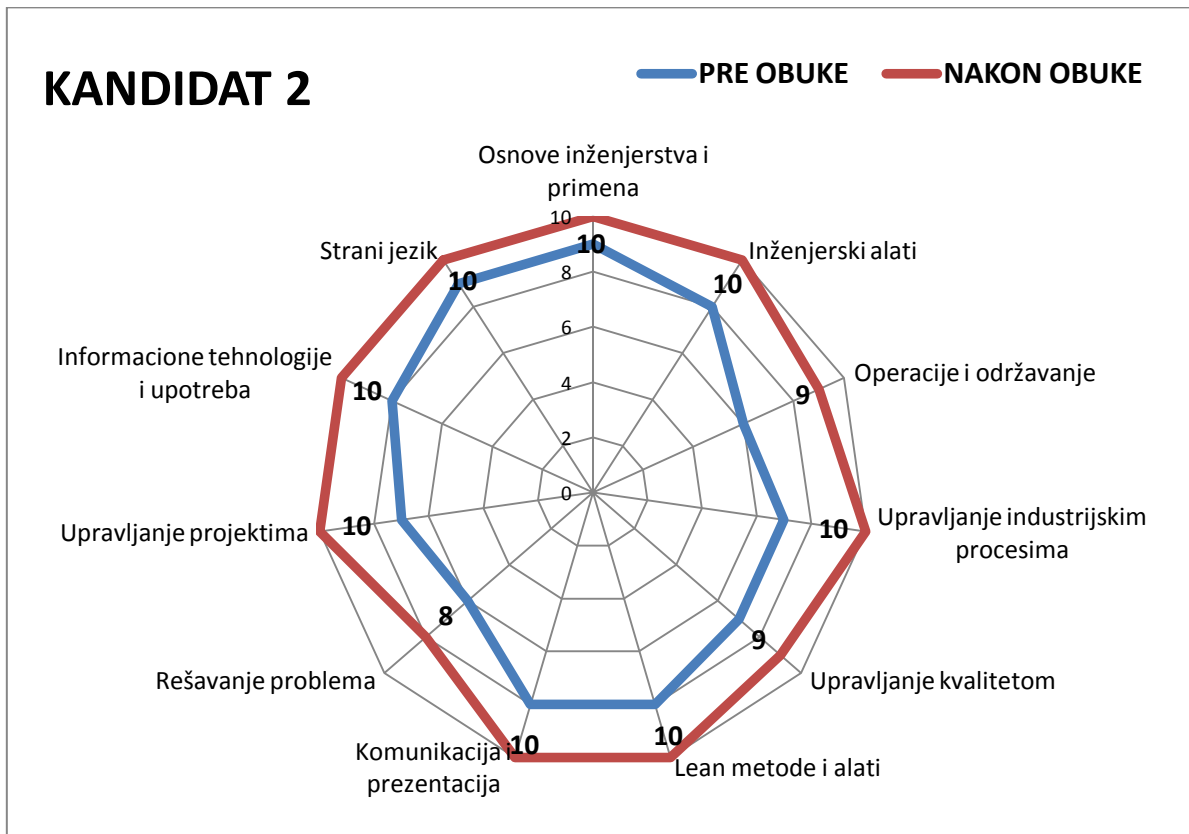
Слика 6.3 Компетенције Кандидата 1 након обуке

Резултати Кандидата 2 приказани су Сликаом 6.4. где се увиђа да је стекао потребан ниво знања и вештина на модулима М1 (Основе инжењерства и примена), М2 (Инжењерски алати), М4 (Управљање индустријским процесима), М6 (Lean методе и алати), М7 (Комуникација и презентација), М9 (Управљање пројектима), М10 (Информационе технологије и примена) и М11 (Пословни страни језик), док је у обавези да поново похађа предавања на модулима М3 (Операције и одржавање, напредни ниво, лекције N₁₋₄), М5 (Управљање квалитетом, напредни ниво, лекције N₁₋₄) и М8 (Решавање проблема, напредни ниво, лекције N₁₋₄).

Укупни резултати тестирања свих кандидата након иницијалне теоријске обуке по модулима приказани су Табелом 6.4. Увиђа се да је током обуке највиши степен усвајања знања примећен код Кандидата 5 (без гедова у компетенцијама након

завршетка обуке), Кандидата 4 (приметан 1 геп у компетенцијама) и Кандидата 3 (приметна 2 гема у компетенцијама).

Насупрот њима, кандидати 1 и 8 (6 идентификованих гема након обуке), односно 7 и 10 (5 идентификованих гема након обуке) нису показали задовољавајуће резултате.



Слика 6.4 Компетенције Кандидата 2 након обуке

Сви кандидати код којих су приликом тестирања поново идентификовани гемови, у наредних 15 дана уз подршку ментора још једном прелазе садржај неопходних лекција по модулима, уз индивидуалан рад помоћу Moodle платформе, а затим се организује додатни круг тестирања. Кандидати који су на финалном тестирању након додатне обуке добили оцену 10 из модула у којима им је по завшетку првобитне обуке идентификован геп (нпр. у случају Кандидата 1, то су модули М2, М3, М7, М9, М10 и М11, а Кандидата 2, модули М3, М5 и М8), стекли су услов за прелазак у наредну фазу EHRM модела, док кандидати који ни у другом кругу тестирања нису усвојили неопходан ниво знања, губе статус полазника EHRM модела.

Анализирајући саме модуле, уочава се да су најбољи резултати обуке постигнути у оквиру Lean метода и алата и Управљање пројектима (9 од 10 кандидата остварило максималан резултат), а најмање похвални у модулима Инжењерски алати, Операције и истраживања и Управљање квалитетом, па је препорука да се ови програми прилагоде и унапреде за следећу групу полазника, користећи анкету о задовољству обуком коју су попуњавали кандидати, препоруке ментора и консултације са представницима академске заједнице.

Табела 6.4 Приказ нивоа компетенција свих кандидата (након обуке)

	Основе инжењерства и примена	Инжењерски алати	Операције и одржавање	Управљање индустријским процесима	Управљање квалитетом	Lean методе и алати	Комуникација и презентација	Решавање проблема	Управљање пројектима	Информационе технологије и употреба	Страни језик	Број компетенција на захтеваном нивоу	Број гелова у компетенцијама
Кандидат 1	10	9	9	10	10	10	9	10	8	9	9	5	6
Кандидат 2	10	10	9	10	9	10	10	8	10	10	10	8	3
Кандидат 3	10	10	10	9	10	10	9	10	10	10	10	9	2
Кандидат 4	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	1
Кандидат 5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	0
Кандидат 6	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9	10	9	2
Кандидат 7	10	10	9	10	9	9	9	10	10	10	8	6	5
Кандидат 8	9	9	8	10	10	10	10	9	10	10	9	5	6
Кандидат 9	10	9	10	9	9	10	10	9	10	10	10	7	4
Кандидат 10	9	9	10	10	9	10	10	9	10	9	10	6	5
Σ Кандидата	8	5	6	7	6	9	7	6	9	7	7		

6.1.1.3. "3" - Укључивање изабраних људских ресурса у реализацију практичних пројеката

Трећа фаза реактивног сегмента EHRM модела је најкомплекснија и у оквиру ње се кандидати, након спроведене интензивне теоријске обуке, укључују у реализацију практичних пројеката. Предвиђено трајање треће фазе је 3 месеца и она има за циљ да кандидати кроз тимски рад и уз надгледање ментора - супервизора из индустрије имплементирају одређене пројекте. Сваки кандидат именује се за вођу одређеног пројекта, док остали учествују у његовој реализацији као чланови пројектног тима. Пројекат који сваки кандидат води представља уједно и практичан задатак у склопу израде мастер рада на академској институцији.

У оквиру ове фазе примењује се неколико иновативних метода учења, попут тимског рада, студија случаја, учења кроз решавање проблема, учења кроз пројекте, учења кроз игру, brainstorming, замена улога, симулација, итд. Пројекат се често дефинише као скуп активности које је потребно реализовати како би се остварили дефинисани циљеви у оквиру предвиђеног буџета и планираног времена (Bruce & Langdon 2000). У оквиру извршавања додељеног пројектног задатка кандидат ће се бавити планирањем, реализацијом, праћењем, завршетком и оценом пројектног задатка.

1. Израда плана пројектног задатка

У оквиру израде плана пројектног задатка, кандидат изабран за вођу пројекта утврђује циљ пројекта, дефинише све активности које је потребно извршити на путу ка остварењу циља, као и носиоце активности. Неопходно је дефинисати време потребно за завршетак пројектног задатка (рок завршетка пројекта), потребне материјалне и остале ресурсе, као и трошкове (буџет за реализацију пројектног задатка). Укратко, израда плана пројектног задатка подразумева одређивање свих активности, њиховог трајања, потребних ресурса за реализацију и утврђивање динамике извршавања у складу са предвиђеним роком завршетка пројектног задатка. Такође, сви додељени пројекти се реализују тимски, јер се тако постижу знатно бољи резултати него индивидуалним радом кандидата (Larson & Gray 2015).

2. Реализација и праћење пројектног задатка

Реализација пројектног задатка подразумева да вођа сваког пројектног тима (нпр. Кандидат 1 је вођа тима за Пројектни задатак 1) утврди и у сарадњи са осталим члановима тима (осталим кандидатима) спроводи дефинисан редослед активности које морају бити међусобно координисане и усклађене, па вођа пројектног тима организује, надгледа и контролише рад осталих чланова свог тима и додељује им задужења. Ресурси неопходни за реализацију ових активности и задужења треба да буду доступни у време и на месту када је то сваком кандидату потребно, као и у захтеваном обиму. Обзиром да су наведени захтеви веома комплексни, пожељно је због боље организације и визуелне прегледности графички представити најзначајније елементе пројектног задатка, а сама реализација се најбоље може пратити путем Мрежног дијаграма или Гантограма. Гантограм је јасан и прегледан графички приказ активности, времена и ресурса потребних за завршетак пројекта, захваљујући ком се брзо долази до потребних информација о пројекту (Schroeder et al. 2000).

Сваком кандидату на располагању је максимално 3 месеца (12 недеља) за реализацију свог пројектног задатка. У том периоду потребно је реализовати све предвиђене активности, које се најчешће не одвијају линеарно, нити су једнаке важности и значаја. Неке активности се морају реализовати секвенцијално (предуслов за извршење једне је претходно реализована друга активност), а неке могу и симултано (паралелно). Имајући у виду сва ограничења, вођа пројектног задатка додељује задужења члановима свог тима водећи рачуна о компетенцијама потребним за реализацију сваке активности. На овај начин вођа пројектног задатка додатно усавршава своје менаџерске вештине (управљање људима, управљање временом, доношење одлука, координација, итд.).

Иако на додељеним задужењима кандидати углавном раде тимски, за сваку активност постоји једно одговорно лице. Вођа тима одржава састанак са члановима свог тима једном недељно, а током састанка се разматра напредовање пројектног задатка и расправља о евентуалним ограничењима. Пожељно је да недељном састанку физички присуствују сви чланови тима, а дневна комуникација може бити и online.

Табела 6.5 Гантограм Пројекта 1

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК - Кандидат 1														
Активност	1. месец				2. месец				3. месец				Одговорно лице	
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.		
Активност 1	■	■												Кандидат 3
Активност 2		■	■	■										Кандидат 5
Активност 3			■	■										Кандидат 7
Активност 4					■	■	■	■						Кандидат 2
Активност 5							■	■						Кандидат 4
Активност 6						■	■	■	■					Кандидат 10
Активност 7								■	■					Кандидат 8
Активност 8							■	■	■	■				Кандидат 6
Активност 9											■			Кандидат 2
Активност 10											■	■		Кандидат 9

Узимајући у обзир чињеницу да већина проблема и ограничења у оквиру пројекта настаје услед људских грешака, неопходно је посебну пажњу обратити на усмеравање и пружање помоћи кандидатима, њихову мотивисаност, решавање проблема и конфликта. Из тог разлога, састанцима пројектних тимова обавезно присуствује и ментор на EHRM програму, који усмерава и саветује вође пројектата. Поред тога, ментор је на свакодневном располагању за консултације свим пројектним тимовима.

Активности пројектних задатака већином захтевају благовремено генерисање, прикупљање, дистрибуцију, чување и распоређивање велике количине података и информација, па је веома важан сегмент сваког пројекта је употреба информационо-комуникационих технологија, али и савремених алата и техника за управљање пројектима. Trello је један од алата намењених за организацију и управљање пројектима, идеалан за попис задатака, њихово сортирање и праћење и веома једноставан за употребу, па ће се користити у оквиру EHRM модела. Trello се заснива на Канбан приступу, тј. листама и картицама које одговарају пројектима, активностима и задацима. Свака картица у оквиру листе садржи опис, рок завршетка, прилоге, коментаре чланова, ознаке о статусу довршености, итд.

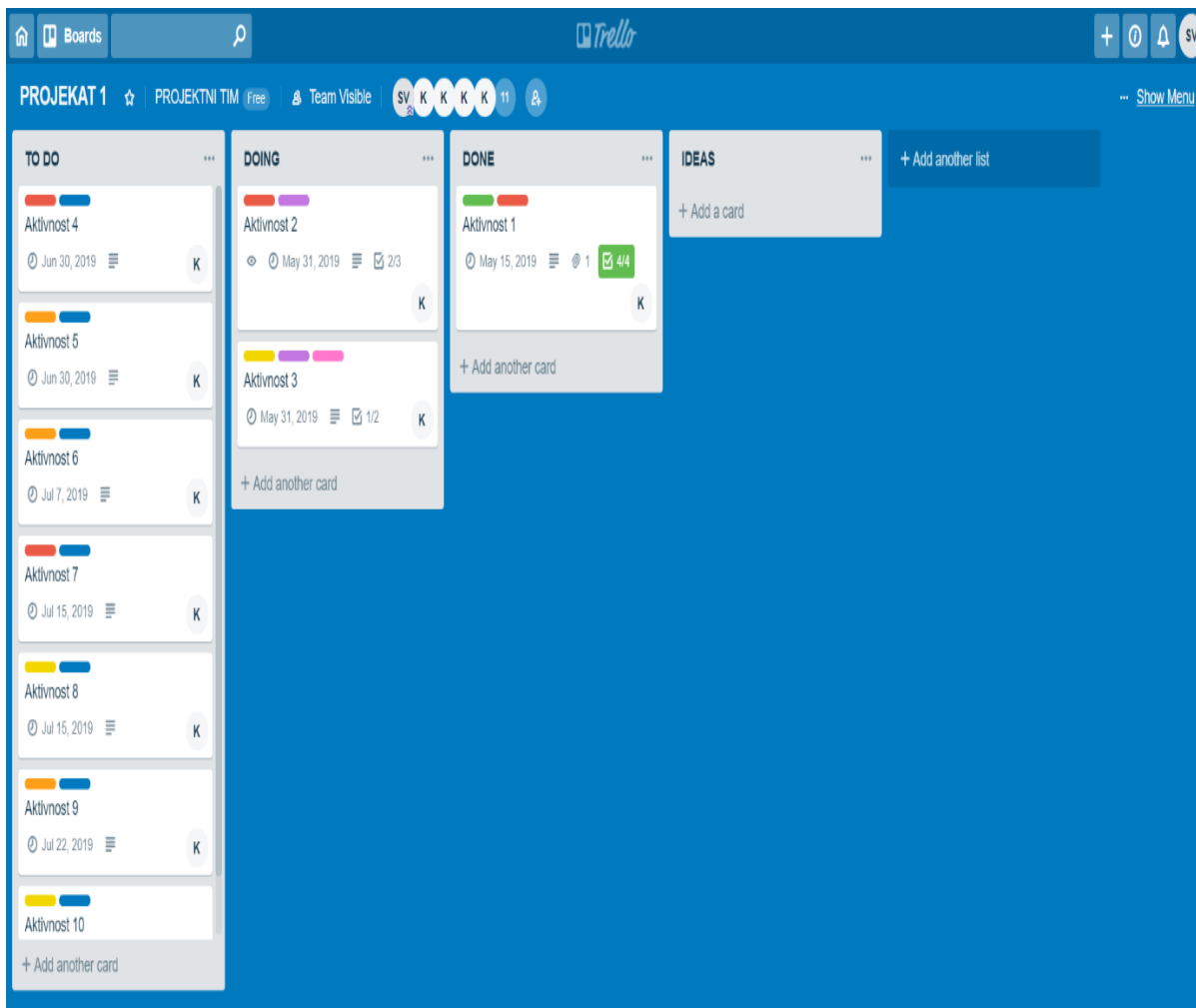
Trello је попут неке врсте огласне табле којој могу приступити сви чланови тима који учествују у реализацији пројекта, а може се креирати неограничен број табли, листи и картица. Картице могу бити видљиве само члановима пројектног тима или јавне, а све промене су видљиве у реалном времену. Највеће предности Trello су једноставност, веома функционална бесплатна верзија, доступност преко стандардних web претраживача и постојање мобилних апликација за Android, iPhone и остале мобилне платформе и уређаје.

У оквиру Trello алата најпре се формира главна табла Пројектни тим (Слика 6.5), чији су чланови сви кандидати (K1-K10), а која ће приказивати појединачне пројектне задатке сваког кандидата (Пројекат 1-10). Администратор Пројектног тима је ментор на програму и има увид у ток реализације пројектних задатака свих кандидата.



Слика 6.5 Главна табла Пројектни тим

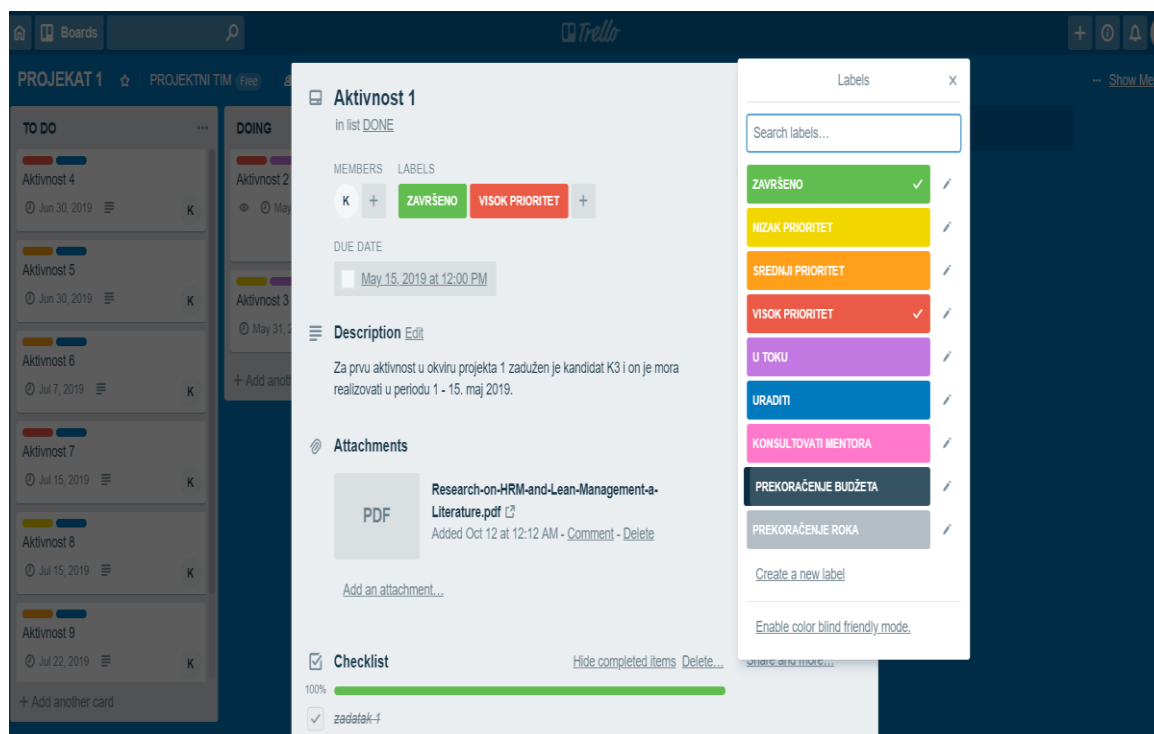
Уласком у сваку појединачну таблу, нпр. Пројекат 1 представљен на Слици 6.6, биће приказане активности које је потребно реализовати у оквиру пројектног задатка. Препорука је да се све пројектне активности представе картицама и поделе у 3. групе, тј. листе TO DO (активности које треба обавити), DOING (активности на којима се тренутно ради), DONE (активности које су већ извршен) и IDEAS (предлози и идеје везане за пројекат). На овај начин, веома брзо и једноставно, вођа пројектног задатка је у сваком тренутку упућен у рад на активностима и може установити статус пројекта и бавити се његовим праћењем и анализом напретка, као и координацијом, проценом и контролом реализације.



Слика 6.6 Табла Пројекат 1 са припадајућим листама и картицама

За сваку активност представљену картицом, као што приказује Слика 6.7, дефинише се одговорно лице (нпр. за Активност 1, кандидат К3) и рок завршетка (нпр. 15.5.2019.), а постоји могућност да кандидати у оквиру картице додају своје описе, коментаре, размењују литературу и корисну документацију, фајлове, итд. Свакој активности се такође додаје ознака (label), која одређује њен статус (урадити, у току, завршено), приоритет (низак, средњи, висок) или неку другу карактеристику (прекорачење рока, прекорачење буџета, консултовати ментора, итд).

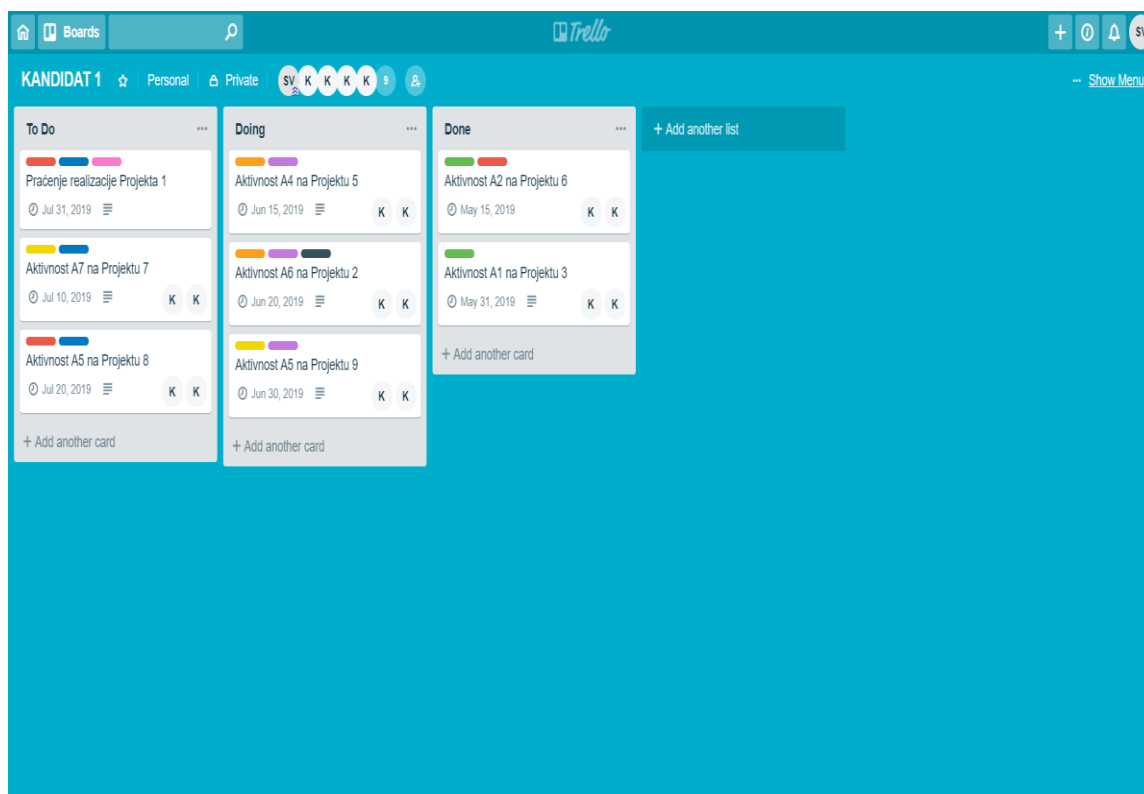
Реализацији активности се приступа према установљеном хронолошком и редоследу приоритета, тако да се активности на којима се тренутно ради премештају из листе TO DO у листу DOING, а затим по остварењу у листу DONE. Сваку активност могуће је даље рашчланити на појединачне задатке - подактивности у оквиру списка (checklist) и пратити проценат остварења тог задатка.



Слика 6.7 Картица Aktivnost 1 са припадајућим карактеристикама

Поред табле која се односи на пројектни задатак који му је додељен, сваки кандидат има могућност да креира своју персонализовану таблу, где ће поред пројекта којим руководи, пратити и своја задужења на пројектима других кандидата, те моћи да се лакше организује при реализацији задатака. Персонализована табла кандидата 1 представљена је на Слици 6.8. Веома је значајна и могућност коментарисања активности и задатака на картицама, где је могуће означити (таговати) друге кандидате на пројектном задатку, ако се коментар на неки начин односи на њих или би требало да га прочитају. Такође, омогућено је додавање разноврсних фајлова као вид размене корисних информација на картици, као и могућност повезивања са другим картицама.

У суштини Trello омогућава члановима пројектног тима константну међусобну комуникацију, без обзира на њихову евентуалну физичку дислоцираност, али и унапређује међусобну сарадњу, јер кандидати поред индивидуалних пројектних задатака активно учествују у реализацији пројектних задатака других кандидата, усклађују задужења и рокове, размењују фајлове и документацију, итд. Trello се, поред једноставне употребе, истиче и својом транспарентношћу - он обавештава вођу сваког пројектног задатка да је одређена активност завршена, ко ју је и када реализовао, да ли је дошло до прекорачења рока или буџета, итд. Тиме се индиректно подстиче и већа одговорност, радно залагање и мотивација сваког кандидата, јер је његов учинак видљив свим осталим члановима пројектног тима. Такође, Trello има изузетан утицај на побољшање вештина управљања временом и мултитаскинга, што је веома битно кандидатима како би ускладили своје обавезе током редовног школовања, са обавезама у EHRM програму. Због бројних наведених предности, овај алат за управљање пројектима наилази на широку примену и заступљеност у образовном сектору.



Слика 6.8 Пример персонализоване табле

3. Завршетак и оцена пројектног задатка

По истеку временског периода од 3 месеца, ментор на програму врши оцену пројектних задатака свих кандидата, као и рад вође пројекта и чланова тима. Врши се поређење планираних и остварених активности у оквиру пројектног задатка, тј. проверава се да ли је остварен циљ пројекта и да ли су испоштовани установљени рокови и буџет. Уколико су све активности извршене у предвиђеном року и у оквиру предвиђеног буџета, пројектни задатак се сматра успешно реализованим. По успешном окончању свог пројектног задатка, кандидати се квалификују за прелазак у наредну фазу ЕHRM модела.

Реализација пројеката и презентација постигнутих резултата представљају финални корак у формалном образовању кандидата (обзиром да је пројектни задатак део мастер рада који се брани на факултету), а они се затим упућују на интензиван програм индустријске обуке и припрему за конкретне захтеве на будућем радном месту. Веома је важно да се прва три реактивна корака (1-2-3) ЕHRM модела спроводе по принципу Раног управљања, односно да изабрани кандидати похађају програм у завршној фази формалног образовања. Првобитно реализовани ЕHRM пилот програми показали су да реализација три реактивна корака треба да траје најмање шест месеци, па је препорука да се са моделом стартује по завршетку трећег семестра на мастер студијама. То значи да би се у периоду 1. фебруар-1. март спроводио 1. корак (селекција кандидата), у периоду 1. март-1. мај 2. корак (програми обуке), а 1. мај-1. август 3. корак (реализација практичних пројеката).

6.1.2. Превентивни кораци ЕHRM модела

Превентивни кораци ЕHRM модела подразумевају успостављање програма индустријске обуке и увођење концепта фабрике за учење. Циљ ових корака је да се избегне понављање претходно утврђених проблема (геп у компетенцијама) и у њих треба имплементирати сва сазнања до којих се дошло у претходним, реактивним корацима. Превентивни кораци врше даље унапређење знања и компетенција људских ресурса са циљем побољшања њихових перформанси на радном месту и елиминисања свих облика гепова. Примена знања, вештина и компетенција у радном окружењу се процењује на основу стандарда учинка, дефинисаног за сваку радну позицију.

6.1.2.1. Успостављање програма индустријске обуке

Практичне активности и практичан рад су основни елемент свих облика образовања, а посебно је значајно да у образовању инжењера постоји период индустријске праксе (Stefanović et al. 2011). Зато се кандидати након успешног завршетка пројектних задатака упућују на програм индустријске обуке, која ће помоћи будућим инжењерима да стекну практичне компетенције и омогућити им да радне задатке обављају у складу са дефинисаним стандардима и даље унапреде сопствене перформансе. Индустријска обука пружа кандидатима прилику да комбинују и користе претходно усвојена теоријска знања, вештине и способности при реализацији радних задатака.

Програм индустријске обуке реализује се кроз следеће активности:

1. *Распоређивање кандидата на радне позиције и додељивање ментора*

На основу резултата које су показали у претходним корацима, кандидати се распоређују и обучавају за конкретне радне позиције у компанији. Како би се што боље и брже уклопили на предвиђене позиције сваком кандидату се додељује ментор чији је задатак да кандидата информише о свим детаљима предстојећег радног ангажовања, што је и неопходан предуслов за остваривање VSU. Под тим се подразумева добијање општих информација о предузећу (визија, мисија, детаљан опис делатности, пословна политика, перспективе развоја, итд.), али и детаљна упутства о конкретној радној позицији за коју ће се кандидат обучавати (опис посла, поступци и процедуре рада, радни услови, упознавање са запосленима, итд.). Пожељно је постојање и тзв. приручника о обуци где ће се налазити сви набројани и остали релевантни подаци.

Део програма индустријске обуке спроводи се индивидуално за сваку радну позицију, тако што ментор уводи свог кандидата у посао и демонстрира му начин извођења радних задатака. Ментор има изузетан значај у развоју компетенција, посебно у раној фази професионалне каријере кандидата и омогућава бржи и успешнији прелаз из академског у радно окружење. Улози ментора се посебна пажња посвећује у TPS, где преовладава став да уз континуиран рад и вођство искусног ментора, сваки радник може постати експерт (Liker & Meier 2007). Како се индустријска обука превасходно ослања на вештине особе која води обуку, веома је важно да ментори буду компетентни за пренос знања и вештина, као да и сами похађају одговарајуће облике обука чији је

циљ развијање вештина за преношење потребних компетенција кандидатима на радном месту. У питању је чувени Тојотин „train the trainer“, односно „тренинг тренера“ концепт, где мастер тренери (супервизори) обучавају менторе како да постану бољи инструктори кандидатима. Кључна улога ментора најбоље је описана чувеном изреком међу Lean предузећима да „ако радник није научио (усвојио неопходна знања), ментор га није обучио“ (The Training Within Industry Report 1945).

2. Утврђивање плана обуке и циљева обуке

Приликом утврђивања плана обуке битно је дефинисати вештине које захтева свака радна позиција, време трајања обуке за сваку позицију, изабрати методе и технике обуке које ће се примењивати, утврдити буџет обуке, ресурсе потребне за њену реализацију, изабрати запослене који ће учествовати у обуци, итд. Садржај обуке односи се на све задатке и активности које ће будући инжењери моћи самостално да реализују након завршетка обуке, док избор метода обуке углавном зависи компетенција које се желе унапредити, карактеристика самих кандидата, дужине трајања обуке, могућности предузећа, претходних искустава, итд.

Сврха индустријске обуке је да будући инжењери стекну потребне компетенције и практично радно искуство пре почетка радног односа у предузећу, односно да обликује инжењере који ће своје радне дужности од првог дана запослења обављати у складу са стандардом система у ком раде. У Lean системима, који су настали као надоградња TPS-а, сматра се да је рад уз надгледање ментора једини начин да се развије стручност, креативност и иновативност будућих инжењера (Liker & Meier 2007). Такође, битно је да ментор организује обуку на начин да будући инжењери уз обављање радних задатака усвајају и вредности, ставове и организациону културу предузећа, што ће допринети још ефикаснијем прилагођавању и интеграцији (Ostroff & Kozlowski 1993). Иако специфични циљеви обуке зависе од конкретних захтева сваке радне позиције у одређеном предузећу, под општим циљем индустријске обуке у суштини се подразумева усвајање неопходних практичних вештина и компетенција, овладавање производним процесима, технологијама и опремом која се користи у предузећу, као и адаптацију кандидата на будуће радно место.

3. Реализација обуке

Реализација обуке обухвата спровођење плана обуке кроз примену једног или више метода обуке кандидата. Обука на радном месту је метод који се примењује у највећој мери и подразумева да кандидате подучавају искусни запослени као ментори, уз надгледање супервизора EHRM програма. Сваки кандидат има свог ментора који му демонстрира задатак који је потребно обавити, даје инструкције, делегира задужења, итд, уз надгледање супервизора који процењује рад ментора са кандидатима. Поред обуке на непосредном радном месту, може се примењивати обучавање у симулираним условима, односно кроз симулирање стварне радне ситуације, где кандидати усвајају знања под условима који су слични реалним, али без притиска и ризика од повреда на раду. Симулација се примењује када је обучавање на одређеном радном месту веома скупо или опасно по безбедност кандидата. Такође, у реализацију обуке могу се

користити и различите аудио-визуелне технике, рачунари, интернет, виртуелни програми, студије случаја, пословне игре, браинсторминг, итд. Пожељно је и повремено ротирање кандидата са једног на друго радно место (па чак и ротирање, односно замена ментора), са циљем да се што боље упознају са свим процесима и активностима предузећа и прошире своја знања и вештине.

Индустријска обука кандидата на EHRM програму се спроводи превентивно, како би по каснијем запослењу у предузећу будући инжењери од самог старта остваривали предвиђени радни учинак. Зато је веома битно да ментори имају стрпљења са кандидатима, и у случају потребе демонстрирају одређену вештину или радну операцију велики број пута, све док не буду у потпуности сигурни да су кандидати њоме овладели и могу је самостално практиковати (Liker & Meier 2007). Испуњењем овог предуслова, предупредиће се каснија појава гепа између стварног и жељеног учинка (стандарда) кандидата на радном месту, односно превентивно деловати на појаву будућих гепова у компетенцијама. Неопходан предуслов за успешну реализацију индустријске обуке свакако је посвећеност и мотивисаност свих учесника у процесу - будућих инжењера, запослених, ментора и супервизора на EHRM програму.

4. Процена резултата обуке






Процена резултата обуке подразумева мерење степена до ког су кандидати овладели потребним знањима и вештинама за додељену радну позицију. Како би се резултати индустријске обуке адекватно проценили, кандидати се подвргавају додатном практичном тестирању вештина или се посматра начин на који обављају радне задатке на радном месту на које су распоређени, разговара се са њиховим ментором и супервизором програма. Тиме се најбоље може проценити у којој мери су кандидати усвојили практична и пренели усвојена теоријска знања у стварно радно окружење. Финално, као ништа мање битан корак, врши се анкетање и испитивање кандидата у којој мери су задовољни индустријском обуком, сарадњом са ментором и супервизором, шта би унапредили, са којим проблемима су се суочавали на обуци, итд.

Ниво усвојених знања и вештина у програму индустријске обуке може се оцењивати употребом следеће бројчане скале:

- 0 - непостојање потребних знања и вештина (кандидат није усвојио потребне компетенције у процесу индустријске обуке)
- 1 - поседује теоријско знање (кандидат поседује теоријско знање, али није способан да га примењује)
- 2 - способан да ради, уз надгледање (кандидат није у стању да самостално обавља радне задатке, неопходно је надгледање ментора)
- 3 - способан да ради самостално (кандидат је у стању да самостално извршава поверене радне задатке)
- 4 - експерт (ниво знања кандидата је на експертском нивоу, способан је да подучава друге кандидате као ментор).

Честа ситуација у Lean индустријским системима је да се ниво компетенција представља графички, користећи симболе приказане у Табели 6.6, који се затим уносе у Матрице компетенција. Матрице компетенција су одличан алат визуелног менаџмента, јер пружају јасан увид, управљање и надгледање различитих нивоа компетенција великог броја кандидата или чланова тима, а чијим се праћењем унапређује напредак сваког запосленог, али и сами програми едукација и обука.

Табела 6.6 Симболи за процену инжењерских компетенција

	Не поседује потребне компетенције
	Теоријско познавање, није оспособљен за практичну примену
	Способан за рад уз надгледање ментора
	Способан за самосталан рад
	Способан да подучава друге

Најпре се за сваког кандидата, у односу на његову предвиђену радну позицију, утврђује које компетенције мора поседовати, а затим креће са обуком како би уз подршку ментора усвојио неопходна знања. Ментор процењује почетно познавање сваке предвиђене компетенције за свог кандидата (најчешће се компетенције односе на конкретне радне операције), а затим прати побољшања на недељном нивоу и уноси их у Личну матрицу компетенција кандидата, коју је сваки ментор у обавези да води. Табела 6.8 приказује Личну матрицу компетенција Кандидата 1.

Сви ментори достављају 1 недељно Личне матрице компетенција супервизору ЕHRM индустријске обуке који прати напредак кандидата, али и рад ментора, те обједињује све прикупљене податке и уноси их у Матрицу инжењерских компетенција, приказану Табелом 6.8. Матрица компетенција свих кандидата се ажурира једном недељно, а пружа заиста драгоцене податке о напредовању кандидата током обуке и јасан увид у ниво њихове оспособљености.

Предвиђено време трајања индустријске обуке у ЕHRM програму је 30 дана, односно 168 радних часова, а оптималан број полазника је 10. Кандидати који у периоду од 30 дана нису стекли потребан ниво компетенција у обавези су да похађају још један циклус обуке (уколико супервизор процени да је потребно, додељује им се и нови ментор), кандидати који су досегли захтевани ниво оспособљености за самосталан рад упућују се на предвиђено радно место, док кандидати који су тражене компетенције усавршили до експертског нивоа се могу додатно ангажовати као ментори наредне групе полазника индустријске обуке.

Табела 6.7 Лична матрица компетенција Кандидата 1

КАНДИДАТ 1	1. недеља	2. недеља	3. недеља	4. недеља
Компетенција 2				
Компетенција 3				
Компетенција 4				
Компетенција 5				
Компетенција 6				
Компетенција 9				
Компетенција 10				

Табела 6.8 Матрица инжењерских компетенција пре индустријске обуке

	Компетенција 1	Компетенција 2	Компетенција 3	Компетенција 4	Компетенција 5	Компетенција 6	Компетенција 7	Компетенција 8	Компетенција 9	Компетенција 10	Број компетенција на захтеваном нивоу
Кандидат 1											2/7
Кандидат 2											3/9
Кандидат 3											3/10
Кандидат 4											5/10
Кандидат 5											4/8
Кандидат 6											3/10
Кандидат 7											3/8
Кандидат 8											2/8
Кандидат 9											4/10
Кандидат 10											3/10
Σ Кандидата са потребним знањем	1	5	3	4	5	2	3	2	3	4	

6.1.2.2. Увођење концепта Фабрике за учење

Поред индустријске обуке, компетенције кандидата се даље унапређују оснивањем фабрика за учење. Фабрике за учење, као вид партнерства индустрије и високог образовања и платформа за пренос знања кроз тимски рад на специфичним проблемима производње, детаљно су представљене у поглављу 3.1.

Фабрике за учење могу имати различите облике од кутака за тренинге и радионице до развијених и интегрисаних инфраструктура за обуку у стварном индустријском окружењу, које се и препоручује у EHRM програму. То подразумева да се део фабричког погона опреми тако да у потпуности симулира стварне производне процесе и од њега направи погодно окружење за учење у ком ће кандидати радити на решавању стварних проблема, али без прекида или угрожавања производног процеса. Кроз овакву фабрику за учење кандидати ће додатно унапредити своја практична искуства (стечена током индустријске обуке), усавршити вештине тимског рада, лидерске, менаџерске и комуникационе вештине (стечене током рада на практичним пројектима), аналитичке и вештине решавања проблема, итд. Због значајног и доказаног доприноса унапређењу инжењерских компетенција и широкој могућности примене, фабрике за учење су неизоставни део EHRM модела и спроводе се кроз следеће активности:

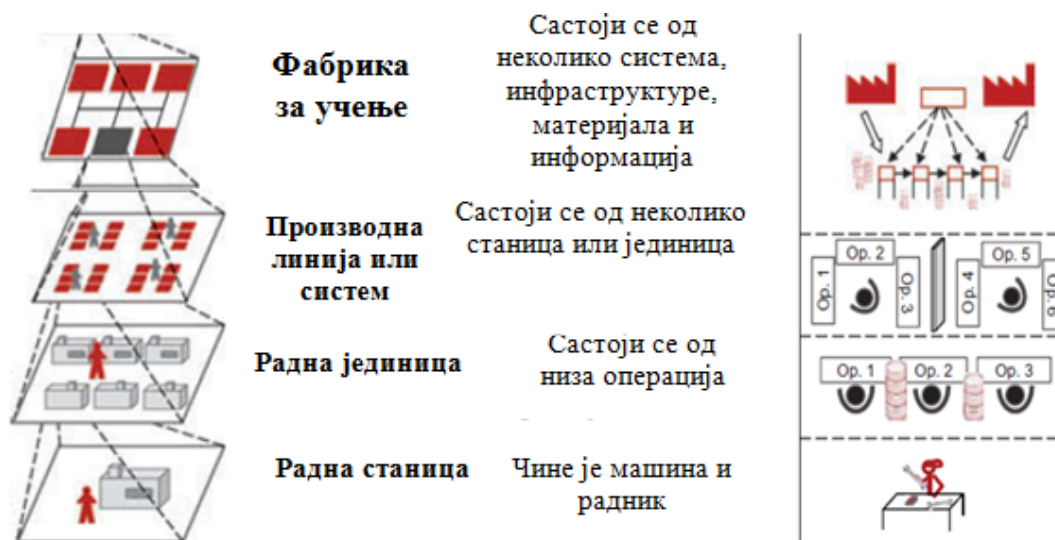
1. Планирање фабрике за учење

При планирању фабрике за учење, доносе се бројне важне одлуке - да ли ће бити усмерена на производе или услуге (делатност), да ли ће обухватати све или само најважније процесе (ниво апроксимације), који метод учења ће имати примат, да ли ће бити стварна или виртуелна, у склопу погона или издвојена, да ли ће јој примарна сврха бити учење, истраживање или обука, итд. Фабрике за учење најчешће су усмерене на: побољшање процеса (Lean менаџмент), ресурсе и енергетску ефикасност, управљање квалитетом, логистику, променљивост производних система, стратегијско лидерство, итд. Фабрика за учење у оквиру EHRM модела ће се реализовати као стварна, тј. физичка фабрика производне делатности и захтеваће физичко присуство кандидата у стварном радном окружењу. Посебан простор у оквиру предузећа, тачније део погона, биће уређен као поједностављена и умањена верзија стварне фабрике која дозвољава проучавање, анализу, планирање и реализацију производног процеса. У овом окружењу ће се кандидати подстицати да кроз рад самоустално усвајају знања, експериментишу, уче из грешака, без притиска и кажњавања, а суочаваће се са проблемима са којима се уобичајено срећу запослени у компанији при вршењу својих радних обавеза.

2. Изградња и опремање фабрике за учење

При изградњи фабрике за учење битно је обезбедити довољно простора у фабричком погона, компетентно особље које ће учествовати у пројектовању и изградњи, као и довољно финансијских средстава за адекватно опремање фабрике за учење, набавку потребне технологије, машина, алата и компоненти. Простор треба да буде довољан за боравак и рад најмање 20 људи и сву потребну опрему.

Пожељно је да фабрика за учење буде модуларног типа (Слика 6.9), односно сачињена из неколико модула који ће се према потреби мењати и прилагођавати у кратком периоду. Модуларни дизајн пружа фабрици за учење већу флексибилност, могућност за реализацију више процеса и последично шири спектар примене. Свако радно место у оваквој фабрици чини засебну радну станицу, неколико радних станица чини једну радну јединицу, неколико радних јединица једну производну линију или производни систем, а неколико производних система фабрику за учење као целину (Tisch et al. 2015).



Слика 6.9 Модуларна конфигурација фабрике за учење

На радним местима кандидати стичу значајна практична искуства о различитим производним концептима и принципима, као и искуства у раду са машинама, алатима, физичком опремом и технологијама које ће касније користити у стварном производном окружењу (сличност са индустријском обуком). Препорука је да радна места, а ни сама фабрика за учење не буду у оптималном стању, већ да кандидати кроз рад имају прилику да побољшају своје радно окружење, те додатно унапреде своја знања кроз практично искуство.

3. Примена фабрике за учење

Фабрике за учење карактерише брже усвајање знања, виши степен памћења и разумевања наученог садржаја, боље практична примена усвојеног знања, активно учешће кандидата у процесу учења, итд, те имају веома позитиван утицај на развој и усавршавање компетенција кандидата и њихове перформансе на радном месту, па упркос иницијално вишим трошковима, показују боље резултате од већине других окружења за учење (Cachay et al. 2012). Фабрика за учење у склопу EHRM програма подразумева да кандидати у периоду од месец дана стичу практична знања о Lean методама и алатима, ЈТ и Канбан принципима, примењују концепте као што су Kaizen, push и pull, 5S, визуелни менаџмент, 5 Зашто, 4М анализа, уче како да избегну 7 губитака Lean-а, како да повећају степен искоришћења опреме, како да примењују

технике превентивног одржавања, итд, а све радећи у симулираном стварном производном окружењу. Рад кандидата у фабрици за учење такође надгледа ментор, коме могу постављати питања о проблемима са којима се суочавају и изнети своје предлоге за унапређење производног процеса. Ментор бележи предлоге свих кандидата и једном недељно одржава групни састанак на ком се анализирају остварене перформансе, дискутује о проблемима и иницијативама за унапређење процеса, а по усвајању оптималних решења, иста се имплементирају у радно окружење фабрике за учење.

4. Процена фабрике за учење и потреба за ремоделовањем

По истеку предвиђеног периодаведеног у фабрици за учење, ментор процењује да ли су кандидати у потпуности спремни за изазове који их очекују на радном месту. Ако је одговор потврдан, они се упућују на рад у стварној фабрици, а фабрика за учење се враћа у првобитно стање за обуку нове групе кандидата. У случају потребе, фабрика за учење се може ремоделовати и прилагодити новом производном процесу, технологији или проблему из стварног света, чиме се ствара и ново окружење за учење. Управо модуларност фабрике за учење омогућава и њену универзалност и широку примењивост. Фабрика за учење значајно скраћује време потребно за достизање жељеног нивоа инжењерских компетенција кандидата, а њиховом реализацијом заокружује се превентивна фаза EHRM модела. Преостала два корака модела спадају у проактивне, што значи да настоје да спрече да се геп у компетенцијама будућих инжењера уопште и појави.

6.1.3. Проактивни кораци EHRM модела

EHRM модел управљања људским ресурсима се базира на проактивном приступу, за разлику од других модела који су претежно усмерени на реаговање на проблеме људских ресурса (реактиван приступ). EHRM модел пружа подршку личном развоју и неговању компетенција људских ресурса кроз адекватне програме образовања и обуке и тежи стварању инжењера светске класе са мултидисциплинарним знањима и вештинама, спремног и способног да одговори свим изазовима рада у савременим индустријским системима. Два проактивна корака EHRM модела су његова завршна фаза која обухвата мере и активности којима се подиже ниво знања и компетенција запослених, унапред смањује и елиминише сваки облик људских грешака и спречава да на радном месту уопште и дође до проблема у домену људског фактора.

6.1.3.1. Интеграција EHRM принципа у друге WCM/TPM пиларе

Као главна препрека имплементацији WCM/TPM методологије често се истичу људски ресурси, тј. њихов недостатак знања, отпор променама или недостатак способности да у кратком року овладају мноштвом нових концепата, идеја, метода, алата, технологија и пракси присутних у производним системима у последње две деценије. Обзиром да људски ресурси имају кључни утицај на ниво перформанси свих WCM/TPM пилара, за

интеграцију принципа Раног управљања људским ресурсима у остале пиларе неопходно је поседовање одговарајућих знања о сваком сегменту.

Пилар Безбедност на раду, као најчешћа полазна основа, усмерен је на спречавање безбедносних ризика, штити запослене од ризика и повреда на раду и осигурава сигурно радно окружење, тежећи нултим небезбедним акцијама и нултим небезбедним условима. Правовременим подучавањем људских ресурса OHS вештинама могу се спречити касније повреде на раду, а познавање и разумевање последица стреса, замора, слабе комуникације и недовољног предметног знања помаже у елиминисању нежељених ефеката и грешака. Поседовањем адекватних знања и вештина из домена безбедности на раду већ при запослењу будући инжењери ће избећи појаву незгода са опремом и боравак у небезбедном и неугодном радном окружењу (бука, вибрације, врућина, дим, итд.) и већ од првог дана по запослењу у предузећу радиће у сигурним условима.

Пилар Расподела трошкова указује на највеће губитке, помаже да се одреде приоритети при употреби ресурса и прате активности осталих пилара. Он користи различите Lean алата и метода како би се идентификовали губици и одредиле мере за њихово смањење или потпуну елиминацију. Идентификује све проблеме предузећа са аспекта трошкова и усмерава запослене ка њиховом отклањању, тежећи ка идеалном стању (нула губитака). Губици и расипања људских ресурса се најчешће односе на чекања, кашњења, вршење непотребних послова и активности, понављање истих послова и активности, непотребна кретања, неправилно или недовољно коришћење људских ресурса, итд. Обучавањем за коришћење Lean метода и алата при обављању свакодневних активности, будући инжењери ће моћи да правовремено препознају и предупреду појаве свих облика губитака и расипања.

Пилар Фокусирано побољшање посвећен је редуковању великих губитака (идентификованих кроз пилар Расподела трошкова), који значајно утичу на буџет и чијом се елиминацијом могу остварити значајне уштеде. Фокусирано побољшање није усмерено ка проналажењу брзог и једноставног решења, већ тежи проналаску и елиминисању узрока проблема. Када се ради о људским ресурсима, усмерен је на идентификовање критичних компетенција, чији изостанак може проузроковати велике губитке. За пилар фокусирано побољшање кључно је да будући инжењери поседују адекватне вештине решавања проблема користећи Lean алате и технике, Kaizen, визуелни менаџмент, 4М (за проналажење узрока проблема), односно 5 Зашто, АЗ извештај (за дефинисање проблема), и друге. Овај пилар представља конзистентност међу свим активностима за унапређење у оквиру предузећа и ствара јаку синергију свих пилара.

Пилар Аутономно одржавање и организација радног места усмерен је на елиминацију Муда (губитака), Мури (преоптерећења) и Мура (недоследности) кроз употребу алата за идентификацију и решавање проблема. Један од циљева је да се кроз обуку будући инжењери оспособе да самостално открију абнормалности у раду машине која им је додељена и обављају рутинска задужења око њеног одржавања.

Применом принципа раног управљања људским ресурсима у овом домену развиће се оператери који врше своје радне задатке уз нула кварова, нула проблема квалитета и нула незгода. Такође, поштовањем принципа 5S у организацији радног места спречиће се небезбедни услови и понашања на радном месту, а уважавање концепата златна зона и зона замаха омогућиће минималан физички напор. Интересантан алат је и лекција у једној слици (енгл. One Point Lesson - OPL) који на листу папира приказује стање пре и после аутономног одржавања и кратак опис проблема.

Пилар Професионално одржавање обухвата активности стручњака за одржавање са циљем повећања времена између отказа опреме, скраћења времена поправки и спречавања губитака услед отказа машина. Примена принципа Раног управљања људским ресурсима у овој области подразумева повећање нивоа знања будућих инжењера о савременим методама и технологији одржавања опреме и спровођење активности које ће смањити броја отказа и застоја опреме, дефеката на производима и смањити трошкове одржавања. Посебно је значајно познавање и употреба алата за дијагностику (омогућавају рано откривање симптома отказа опреме) и процедура којима ће се смањити трошкови одржавања. За откривање узрока отказа најчешће се користе 4М или 5 Зашто методе.

Пилар Управљање квалитетом осигурава придржавање стандарда, тј. достизање жељеног нивоа квалитета производа и његово континуирано побољшање водећи се принципом нула дефеката. Примена принципа раног управљања људским ресурсима у домену управљања квалитетом подразумева посвећеност свих запослених и употребу великог броја Lean метода и алата, међу којима су посебно важни 4М анализа и матрице квалитета (QA, QX, QM). 4М анализа претпоставља да узрок свих дефеката, шкартова или неусаглашености могу бити човек, материјал, машина или метод, а у оквиру EHRM модела тежи се елиминацији свих грешака проузрокованих људским фактором, кроз адекватно обучавање будућих инжењера.

Пилар Логистика подразумева оспособљеност људских ресурса да успоставе прецизне и оптималне токове материјала, производа и информација и синхронизују процесе набавке, производње и продаје, чиме ће се смањити времена испоруке и губици везани за прекомерни транспорт. Интегрисањем свих делова производног система и успостављањем партнерства са добављачима, конкурентност предузећа се подиже на виши ниво и успоставља се потпуно интегрисан логистички систем базиран на Just-in-Time и Just-in-Sequences принципу.

Пилар Рано управљање производима и опремом подразумева пројектовање производа и опреме који су лаки и безбедни за употребу, поуздано функционишу и лако се одржавају. Примена принципа Раног управљања људским ресурсима у овом домену инсистира да будући инжењери, прикупљањем и анализом релевантних података, скрате период истраживања и развоја и омогуће реализацију процеса без губитака и дефеката (нулти прекиди), односно вертикално стартовање производње са нултим губитком квалитета, минималним губицима и дефектима, радом у пуној брзини,

високим нивоом безбедности оператера, потпуно обученим оператерима, дефинисаним плановима и програмима аутономног и професионалног одржавања, итд.

Пилар развој људских ресурса настоји да сви губици настали услед недостатка знања и компетенција запослених буду искорењени кроз одговарајуће обуке и едукације. Примена принципа раног управљања људским ресурсима подразумева лоцирање гепова у едукацији, чијим ће се правовременим елиминисањем, а затим и креирањем квалитетне инфраструктуре за обуку, створити инжењерски људски ресурси са адекватним нивоом знања о свим пиларима, квалификовани да спрече појаву губитака, дефеката, отказа, застоја и нерационалности било које врсте у систему у ком раде. Успостављен систем едукација и обука, намењен развоју инжењерских знања и вештина, се континуирано евалуира и унапређује, што доноси бројне директно и индиректно мерљиве бенефите.

Пилар заштита животне средине настоји да ограничи штетан утицај производних система на животну средину и смањи расипања енергије и свих облика ресурса, уз поштовање етичких и принципа друштвене одговорности. Тежи ка нула отпада спровођењем механизма за поновну употребу и рециклирање и спречава све по окружење небезбедне радње. Примена принципа раног управљања људским ресурсима у овом домену инсистира да будући инжењери проактивно делују кроз дефинисање система за редукацију еколошких утицаја и хазарда, смањење еколошког утицаја логистике (редукција потрошње енергије и ресурса, смањено генерисање отпада, смањење загађења), а затим пуну експлоатација система за заштиту животне средине и стварање еколошке фабрике.

У суштини, најпре је потребно установити пожељен ниво знања и вештина људских ресурса у области сваког од наведених пилара, па организовати обуку кандидата у том домену. Циљ сваке обуке треба да буде достизање нултих губитака узрокованих недостатком знања и вештина будућих инжењера у конкретној области. Обука мора бити конципирана на начин да доприноси усвајању знања, па је изузетно важан и избор инструктора, односно предавача који ће знати да мотивише будуће инжењере и креира практичне вежбе као подршку и допуну теоријској настави. По завршетку предвиђене обуке компетенције кандидата се тестирају и на основу остварених резултата се програми обуке даље побољшавају и надограђују.

Проактивним приступом и поседовањем адекватних компетенција већ при запослењу, будући инжењери ће бити у стању да избегну појаву незгода са опремом и небезбедно радно окружење, идентификује све проблеме са становништа трошкова, идентификују губитке у оквиру сваког процеса, спроводе активности сталног унапређења, обављају своје радне задатке уз нула кварова опреме, нула проблема квалитета и нула губитака, рано уоче симптоме отказа опреме, елиминишу грешке проузроковане људским фактором, успоставе прецизне токове производа и информација, синхронизују набавку, производњу и продају, реализују процесе уз нулте прекиде, константно унапређују и развијају производни систем у коме раде, смање расипања енергије и свих облика ресурса, итд.

Како би се наведено реализовало, даља интеграција EHRM принципа одвија се кроз четири корака описана у наставку.

1. Утврђивање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар

На основу посматрања и интервјуисања непосредних извршилаца на радном месту, али и разговора са експертима из области, за свако радно место у компанији намењено будућим инжењерима, прописује се захтевани ниво познавања сваког WCM/TPM пиlara користећи нумеричку скалу 1-10, где 1 представља најнижи, а 10 највиши степен потребног знања. Пример детаљних захтева о познавању пиlara за свако радно место представљен је Табелом 6.9.

Табела 6.9 Потребан ниво знања о пиларима за свако радно место

ПИЛАРИ	РАДНА МЕСТА БУДУЋИХ ИНЖЕЊЕРА									
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM7	PM8	PM9	PM10
Безбедност на раду	10	10	9	8	10	10	8	9	9	9
Расподела трошкова	8	7	10	10	7	8	7	9	8	7
Фокусирано побољшање	10	9	8	10	8	9	9	10	9	9
Аутономно одржавање	8	8	7	7	10	9	7	7	10	8
Професионално одржавање	7	7	7	7	9	9	7	7	10	9
Управљање квалитетом	10	9	8	10	8	9	9	10	9	10
Логистика	8	7	9	9	9	8	10	8	8	8
Рано управљање	9	8	8	9	9	7	10	7	9	9
Развој људских ресурса	9	10	8	8	9	9	9	10	8	9
Заштита животне	7	8	8	7	8	8	10	8	7	10

2. Припрема едукација за усвајање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар

Након што се установи неопходан ниво знања о сваком WCM/TPM пилару, прави се план и програм едукација за будуће инжењере и бирају методе преношења знања. Едукације се претежно врше вербалним презентовањем у комбинацији са другим наставним методама, а њихов садржај усмерен је ка основама WCM/TPM пиlara, али и Lean методама, алатима и техникама неопходним за сваки пилар (Табела 6.10).

Садржај обуке организован је по модулима, где сваки пилар представља један модул, а очекивани ниво усвојеног знања одређен је захтевима конкретног радног места (Табела 6.9). Пожељно је да се садржај обухваћен модулима реализује кроз комбиновано учење,

односно као комбинација традиционалне едукације и Moodle окружења (као у претходним корацима). Moodle се показао као веома ефикасан алат за повећање мотивације и ангажовања будућих инжењера, а може успешно комбиновати са захтевима физичког присуства кандидата, али и коришћењем савремених информационо-комуникационих технологија.

Табела 6.10 Примена Lean алата у WCM пиларима

ПИЛАРИ	LEAN МЕТОДЕ И АЛАТИ													
	5S	5 Зашто	5W1H	4M	Kanban	Poka Yoke	Матрице квалитета	OPL	SMED	FMEA	5G	Six Sigma	VSM	NVA анализа
Безбедност на раду														
Расподела трошкова														
Фокусирано побољшање														
Аутономно одржавање														
Професионално одржавање														
Управљање квалитетом														
Логистика														
Рано управљање														
Развој људских ресурса														
Заштита животне средине														

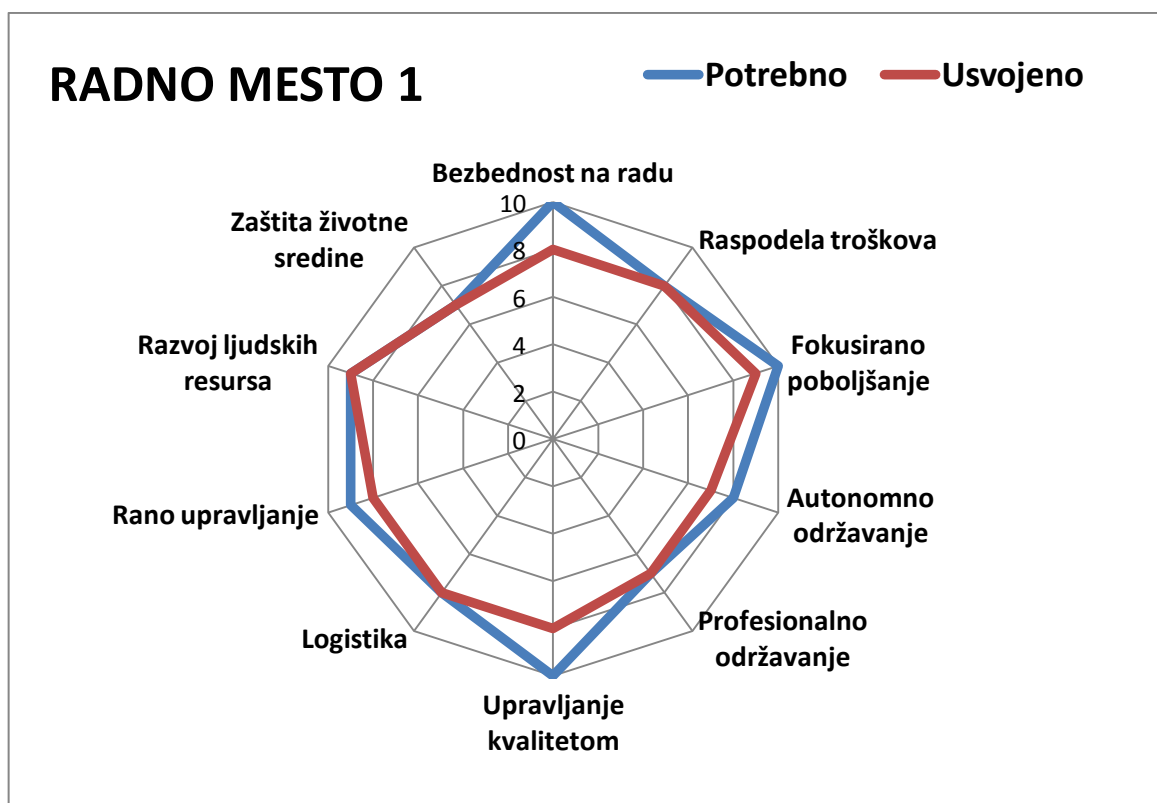
3. Реализација едукација за усвајање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар

Реализација едукација подразумева примену једног или више метода обуке кандидата. Поред наведене Moodle платформе у склопу е-учења, употребљаваће се и други едукативни алати и методе усвајања знања, попут учења кроз решавање проблема, студије случајева, сценарија, учење кроз игру, симулације, итд., а које ће бити детаљно представљене и објашњене у наставку дисертације.

Предвиђено време за реализацију едукација о пиларима која ће омогућити увођење EHRM принципа је 30 дана. Током овог периода ће учесници програма обуке кроз комбинацију наведених метода усвајати неопходна знања о WCM/TPM пиларима и научити како да спрече појаву отпада, губитака, дефеката и отказа на свом будућем радном месту.

4. Тестирање кандидата и процена програма обуке

Након одслушаних садржаја у предвиђеним модулима и реализованих практичних вежби и задатака, кандидати се подвргавају тестирању усвојених знања. По окончању тестирања, пореди се ниво знања будућих инжењера са захтеваним у домену сваког WCM/TPM пилаара и радне позиције, односно процењује се у којој мери су будући инжењери овладали неопходним знањима. По завршетку тестирања врши се и анкетање будућих инжењера о задовољству програмима обуке и раду са ментором (инструктором), а добијени резултати се користе као значајан инпут у планирању садржаја модула и наставних метода за наредне групе полазника.



Слика 6.10 Знање о пиларима Кандидата 1

На Слици 6.10 приказани су резултати едукације Кандидата 1 и уочава се да и након похађања обуке не поседује знања о пиларима Безбедност на раду, Фокусирано побољшање, Аутономно одржавање, Управљање квалитетом и Рано управљање која задовољавају захтеве његовог радног места, односно у случају наведених пилаара приметан је геп у компетенцијама и Кандидат 1 треба да прође још један циклус едукације.

6.1.3.2. Увођење партнерства компанија-академска заједница у припрему и реализацију наставних планова и програма

Седми корак EHRM модела инсистира на интензивирању сарадње предузећа и високообразовних институција и активном учешћу индустрије у дефинисању наставних планова и програма. Сарадња универзитета и индустријских предузећа, као све важнији проблем који обухвата многа друга подручја и облике заједничких активности, у оквиру EHRM модела треба да резултира стварањем инжењерских курикулума који ће будуће инжењере опремити компетенцијама неопходним индустрији.

Тренутно је већина инжењерских курикулума фокусирана је на развој стручних и техничких вештина, иако савремено пословно и индустријско окружењу све више инсистира на меким и општим компетенцијама (образложено детаљно у поглављу 2.3), па је неопходно што пре иновирати инжењерске курикулуме, прилагодити силабусе предмета савременим индустријским трендовима и омогућити већу укљученост студената у процес едукације кроз нови приступ настави и учењу. За реализацију и пуну имплементацију последњег корака EHRM модела неопходно је такође проћи кроз одређене активности.

1. Успостављање сарадње индустрије и академске заједнице

Успостављањем сарадње индустрије и академске заједнице остварују се бројни обострани бенефити. Универзитети побољшавају квалитет својих курикулума, организују и реализују заједничка истраживања, пројекте и праксе са представницима индустрије, добијају приступ индустријским истраживачким центрима, информацијама и ресурсима, добијају додатне изворе финансирања и боље могућности за запошљавање својих студената, док су индустрији на располагању квалификовани и компетентни студенти, али и могућности за трансфер технологије, иновација и знања (кроз бизнис инкубаторе, технолошке паркове, итд), помоћ при решавању практичних проблема, организација обуке за запослене, приступ универзитетским сазнањима, истраживањима, опреми и лабораторијама, побољшање угледа у пословном свету, итд. Из наведених разлога представници Lean предузећа ступају у контакт са инжењерским факултетима и договарају различите модалитете сарадње. Ипак, највећа очекивања од од поменуте сарадње су у домену унапређења инжењерских курикулума и дефинисању профила будућих инжењера који ће бити у потпуности спремни да се суоче и одговоре свим изазовима савременог пословног и индустријског окружења.

2. Заједнички рад на стварању/унапређењу курикулума

Унапређење сарадње институција високог образовања и предузећа је од фундаменталног значаја за побољшање шанси за запошљавање дипломираних студената, па инжењерски факултети настоје да развију кључне компетенција студената кроз дизајнирање/унапређење наставних планова и програма према индустријским потребама. Осмишљавање и развој курикулума је сложен процес са великим бројем активности, чији је примарни циљ побољшање знања и вештина инжењерских људских ресурса.

Неминовно је да треба ажурирати и осавременити све инжењерске наставне планове и програме, уз фокус на мултидисциплинарности, како би се елиминисали гегови у инжењерским компетенцијама, минимизирала потреба за додатном обуком на радном месту и обезбедила боља усклађеност са знањима, вештинама и компетенцијама на којима инсистира тржиште рада. Кроз сарадњу еминентних стручњака и експерата из индустрије и образовања за сваки курикулум се дефинишу садржај, циљеви, активности и задаци, избор смерова, усмерења и предмета, избор предавача, наставне методе, средства и ресурси, обавезна и допунска литература, дефинише трајање наставе, итд.

Компаније на овај начин доприносе стварању курикулума према сопственим потребама и очекивањима, учествују у његовој анализи, модификацији и евалуацији, али и помажу у имплементацији савремених метода учења, различитих менторских програма и обезбеђују средства за модернизацију курикулума.

Поред ослобађања сувишног и нерелевантног садржаја, потребно је побољшати и атрактивност курикулума кроз употребу мултимедијалних садржаја и напредних информационо-комуникационих технологија и алата у теоријској настави, а практичне вежбе треба организовати кроз рад на стварним проблемима и пројектима, у малим групама (оптимално 10 кандидата) и уз супервизију ментора из индустрије, пожељно у склопу фабрика за учење.

3. Сарадња у реализацији курикулума

Поред учешћа у планирању и конципирању курикулума, потребно је активно учешће представника индустрије и у самој реализацији, што такође подразумева широк спектар разноврсних активности. Једна од могућности је да представници предузећа у оквиру ЕHRM модела одржавају гостујућа предавања на универзитету или да буду ангажовани и изабрани у звања професора практичне наставе. Такође, могу дати допринос и кроз учешће у припреми наставног материјала, супервизију студентских пројеката, коменторство дипломских и мастер теза, организовање посета фабрикама, организовање радионица, округлих столова, презентација и конференција, осавремењавање наставних метода и средстава, имплементацију фабрика за учење за студенте инжењерских факултета, приступ индустријским истраживачким центрима, консултантски рад, донације наставне опреме и технологије, организацију студентских пракси, ко-оп програме, дуално образовање, итд.

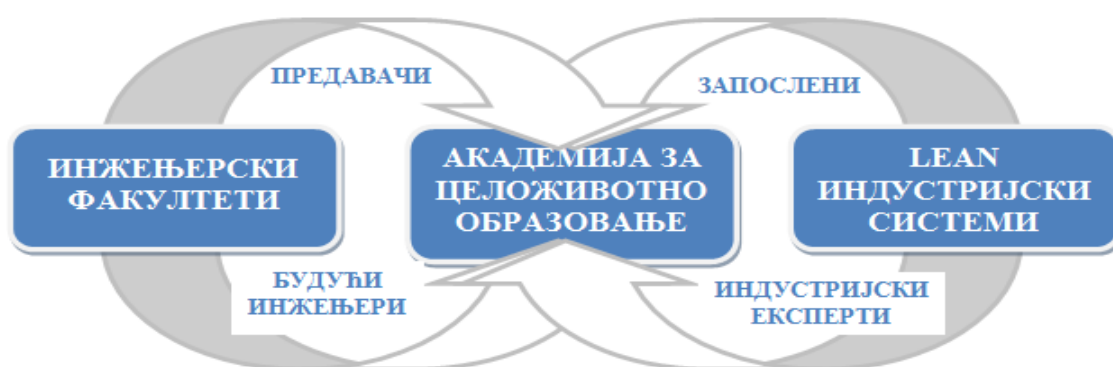
4. Евалуација курикулума

Након реализације наведених активности за сваку групу кандидата, односно будућих инжењера, представници индустрије и академске заједнице, сходно постигнутим резултатима и повратним реакцијама студената, као и сопственим мишљењима и предлозима, врше евалуацију и поновно унапређење садржаја и структуре наставних курикулума и метода реализације наставе за нову групу полазника. Развијени курикулуми изложени су сталним циклусима евалуације и унапређења како би се константно унапређивао ниво достигнутих компетенција будућих инжењера.

5. Увођење програма целоживотног учења

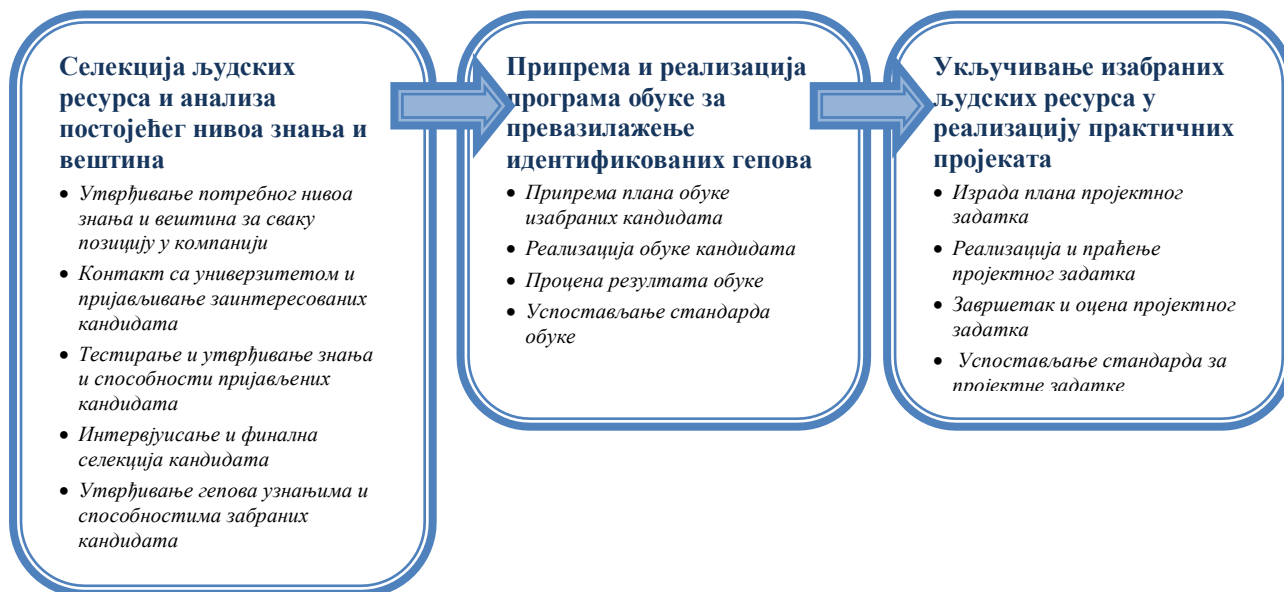
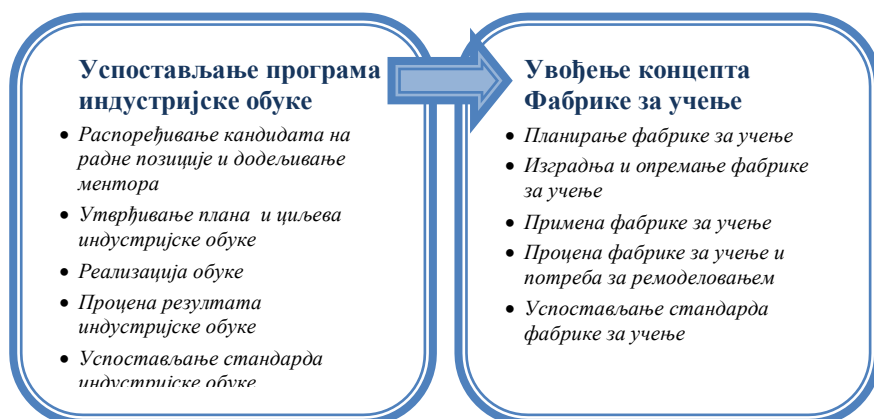
У последње време бројни захтеви за обнову инжењерских курикулума фокусирани су на инкорпорацију целоживотног учења у инжењерско образовање, кроз обавезне или додатне програме. Из тог разлога инжењерски факултети ће као финалну фазу имплементације EHRM модела развијати програма целоживотног учења прилагођене потребама Lean предузећа, односно основати својеврсну Академију за целоживотно образовање (Слика 6.11). Целоживотно образовање подразумева знања, вештине и способности које ће будући инжењери унапређивати и константно развијати током свог животног века.

Имплементацијом принципа целоживотног образовања на високо-образовним институцијама будући инжењери добиће могућност да креирају наставни план и програм у складу са сопственим интересованима и захтевима будућег радног места.



Слика 6.11 Академија за целоживотно образовање

Програми целоживотног образовања представљају веома перспективну платформу за образовање инжењера, посебно у мултидисциплинарним подручјима као што је Леан. Препознати су као једино решење за стварање компетентних инжењерских људских ресурса имплементацијом у курикулуме основних и мастер студија. Њихов циљ је стварање курикулума који ће студенте мотивисати да уче, развију се и користе свој пуни потенцијал. Новонастали курикулуми биће флексибилни и организовани по модуларном принципу, где ће сви модули имати одређен број наставних јединица и бити подељени на основни и напредни ниво (по принципу већ представљеном у поглављу 6.1.1). Модули ће бити међусобно независни и са бројним могућностима комбиновања теоријске и практичне наставе, уз зависности од индивидуалних знања и интересовања будућих инжењера. Увођење принципа целоживотног образовања је последња фаза у реализацији партнерства индустрије и академских институција, чиме се заокружују сви кораци и све активности у имплементацији EHRM модела, приказане на Слици 6.12.

КОРЕКТИВНЕ АКТИВНОСТИ**ПРЕВЕНТИВНЕ АКТИВНОСТИ****ПРОАКТИВНЕ АКТИВНОСТИ**

Слика 6.12 Кораци и активности ЕНRM модела

6.2. Препоручене методе учења при имплементацији EHRM модела

Како приступити проблему инжењерског образовања и које иновативне методе и алате користити за квалитетну едукацију студената, предмет је проучавања великог броја едукатора у последњих неколико деценија. Традиционална инжењерска настава је претежно дедуктивна и реализује се тако што предавач презентује одређену тему кроз теорију и опште принципе, а затим се постепено напредује ка примени те теорије. Пожељна алтернатива овом приступу је индуктивно подучавање и учење, које обухвата читав низ наставних метода (Prince & Felder 2006) које ће се користити приликом едукације кандидата у EHRM моделу.

Све индуктивне методе, детаљно представљене у наставку, фокусиране су на студента, што значи да будући инжењери преузимају већу одговорности за сопствени процес усвајања знања и постају много више ангажовани у односу на традиционални приступ кроз предавања. Управо се померање фокуса од предавача ка студенту сматра једном од главних промена, како у инжењерском, тако и у високом образовању уопште. Ово померање је делимично последица промена у захтеваним знањима и вештинама инжењера и условило је појаву великог броја савремених метода и алата за учења, као и додатно удаљавање инжењерског образовања од традиционалног приступа.

Недостаци традиционалне методологије при развоју компетенција дипломираних инжењера довели су до употребе савремених методологија, од којих се очекује смањење јаза између потребних атрибута будућих инжењера и њихових стварних перформанси на радном месту (Rajae et al. 2013). Неки од доминантних савремених облика учења, чија се употреба препоручује у оквиру модела Раног управљања инжењерским људским ресурсима, и који воде ка остварењу жељених резултата образовања и обуке студената су: Problem-based learning (учење кроз решавање проблема), Project-based learning (учење кроз пројекте), Case study (студије случајева), сценарија, E-learning (електронско учење), Game-based learning (учење кроз игру) и гејмификација, симулације, Lifelong learning (целоживотно учење).

6.2.1. Problem-based learning - учење кроз решавање проблема

Учење кроз решавање проблема (енгл. Problem-based learning - PBL) се успешно примењује већ 30 година и прихваћено је у многим дисциплинама (Savery 2006). Почиње тако што се студентима презентује одређени проблем који је потребно решити, а задаје га представник из индустрије у улози предавача, инструктора или ментора, на основу догађаја и података из стварног света.

Учење кроз решавање проблема подразумева да будући инжењери на проблему раде тимски, док је улога предавача и ментора да служе као супервизори и да их саветују и усмеравају. PBL, као приступ усмерен ка студентима, омогућава им да спроводе истраживања, интегрису теорију и праксу и примењују знања и вештинеу потрази за одрживим решењем дефинисаног проблема (Savery 2006). Добро осмишљени проблеми

усмеравају студенте да користе садржај предмета да дефинишу основне принципе, концепте и поступке при решавању проблема и подстичу их да самостално доносе закључке (уместо добијања решења директно од инструктора). Проблеми се међусобно могу значајно разликовати, од проблема из једне дисциплине који се могу решити за неколико дана, до мултидисциплинарних проблема за које је потребан читав семестар да би се решили (Prince & Felder 2006). Типичан пример мултидисциплинарног проблема је пројектни задатак на ком ће студенти радити тимски 3 месеца у оквиру трећег корака EHRM модела.

Учење кроз решавање проблема није метода која је једноставна за имплементацију, већ захтева велико стручно знање и флексибилност од стране предавача и ментора, а може у неким случајевима бити и ван њиховог подручја стручности. У ситуацијама када се студенти суочавају са непредвидивим и непознатим околностима и проблемима, прави приступ ментора је веома битан. Учење кроз решавање проблема веома позитивно утиче на присуство и ангажованост у настави (Lieux 1996), развој вештина студената (Albanese & Mitchell 1993), разумевање међусобне повезаности различитих концепата (Gijbels et al. 2005), академске перформансе (Sungar & Tekkaya 2006), примену нових знања у различитим контекстима (Mitchell et al. 2009).

Сем наведених, међу предностима овог облика усвајања знања су и активно укључивање студената и стимулисање учења у тиму, лакша размена идеја, постојање свести о заједничким проблемима, подстицање критичког размишљања, развој лидерства, комуникације и сарадње, итд. За успешну имплементацију овог приступа, неопходно је да будући инжењери при решавању практичних проблема примењују сво знања и вештине усвојене током академског образовања. Учење кроз решавање проблема налази широку примену у EHRM моделу, и то кроз корективне активности (обука за превазилажење гепова у знању, рад на пројектима), али и превентивне (организација индустријске обуке, увођење фабрика за учење) и проактивне (едукације о WCM/TPM пиларима, реализација инжењерских курикулума). Интересантна могућност за примену ове наставне методе приказана је у раду Asar & Newman (2003), где су студенти на завршној години инжењерских факултета ментори студентима прве и друге године и заједно са њима раде на решавању проблема. Ово искуство испоставило се као поучно и узајамно корисно за менторе и за студенте, те представља добру припрему за тимски рад и сарадњу на будућем радном месту. На сличан начин се PBL метода учења може применити у оквиру EHRM модела где кандидати који су прошли кроз програме едукација постају ментори новим групама полазника.

6.2.2. Project-based learning - учење кроз пројекте

Учење кроз пројекте (енгл. Project-based learning) такође подразумева тимове студената који раде на задацима са којима ће се сусретати у професионалној каријери, а све активности учења организоване су око постизања заједничког циља - пројекта (Savery 2006). Иако између пројектног учења и учења кроз решавање проблема постоје бројне

сличности, основна разлика је што у првој методи акценат на примени или интегрисању знања, а у другој на усвајању знања (Prince & Felder 2006).

Главна карактеристика пројектног приступа је да студенти раде у тимовима на стварним и постојећим проблемима и деле одговорности за процесе, активности и резултате пројекта. Тимски рад помаже студентима развијају креативност, преузимају иницијативу, развијају вештине критичког размишљања и комуникацијске вештине. Садржај пројекта не треба да буде везан за једну специфичну област, већ интердисциплинаран и да одражава проблеме са којима ће се студенти суочавати након академског образовања (van Nattum-Janssen & Vasconcelos 2007). Бројне карактеристике и предности пројектног учења чини га релевантном наставном методом и у инжењерском образовању (Palmer & Hall 2011), јер будућим инжењерима пружа прилику да концепте које су изучавали на факултету, примене на практичним пројектима у стварном свету. Овај приступ, као значајна предност инжењерских курикулума, на веома ефикасан начин припрема студенте за професионалне изазове у пословном и индустријском окружењу, што су установили бројни аутори, између осталих Prince & Felder (2006), Litzinger et al. (2011), Jollands et al. (2012).

Пројекти се углавном реализују кроз партнерство академских институција са представницима индустрије и подразумевају обављање једног или више задатака који воде до крајњег циља. Пројектом управља супервизор који координира и усмерава рад групе студената, а клијент након реализације добија финални извештај са детаљним закључцима и препорукама. У односу на традиционалне методе подучавања, студенти који учествују у пројектима су више мотивисани, показују боље комуникационе и тимске вештине, боље се сналазе са каснијим радним задужењима у индустријским системима и ефикасније примењују усвојена знања. Из тог разлога, учење кроз пројекте је једна од најзначајнијих метода за усвајање знања у EHRM моделу, где читав један корак подразумева рад кандидата на практичним пројектима.

6.2.3. Студије случајева и сценарија

У склопу наставе засноване на употреби студија случајева, студенти анализирају различите ситуације које подразумевају решавање проблема или доношење одлука. Kardos & Smith (1979) су пре четири деценије дефинисали случајеве у контексту образовања као облик инжењерске активности, догађаја или проблема који обухвата околности са којима се инжењер сусреће. Идеја је да кроз анализу комплексних случајева студенти постану свесни свих ситуација са којима се могу суочити у професионалној каријери, стичу теоријско и практично разумевање тих ситуација и развијају способности критичког размишљања. Студије случајева се већином реализују уживо, у учионицама где присуствује група од двадесет до тридесет полазника, али постоји и могућност анализе случајева кроз употребу комуникационе технологије (Lohman 2002). У поређењу са конвенционалном наставом, употреба студија случајева побољшава задржавање пажње студената, њихово резонување и вештине решавање

проблема (Sailaja & Hemalatha 2016), па се све више користе у инжењерском образовању (Richards et al. 1995).

Учење кроз сценарија (енгл. Scenario-based learning - SBL) користи аутентичан контекст у ком су проблеми представљени према одређеном редоследу и студентима понуђено да изабере начин доласка до одређеног исхода. Учење кроз сценарија се већином користи ради побољшања перформанси, а не ради стицања знања и вештина (Magiarran et al. 2004). Сценарија подстичу студенте да „уроне“ у проблеме стварног света и следе процес тражења решења, током ког ће примењивати своја знања и когнитивне и друштвене способности како би заједнички решили одређени проблем у окружењу. У питању је итеративни процес који пружа бројне повратне информације и могућност дискусије и анализе (Erol et al. 2016). Иако су се сценарија и студије случајева иницијално презентовали студентима као текстуални материјали, развојем савремене технологије омогућено је достављање сценарија као модула електронског учења, што је проширило и продубило могућност примене. Због позитивног деловања на побољшање перформанси и ангажовања студената, наведене методе су такође заступљене у оквиру EHRM модела, а посебно су погодне за примену у оквиру фабрике за учење и програма обуке.

6.2.4. E-learning - електронско учење

Појава светских комуникацијских мрежа и рачунарских технологија редефинисала је концепт учења на даљину и испоруку садржаја инжењерског образовања, и унапредила квалитет и резултате учења и доступност образовних програма кроз програме електронског учења. Електронско учење (енгл. E-learning) подразумева одговарајућу примену Интернета за подршку учењу, вештинама и знању, а која није ограничена само на технологију или инфраструктуру (Henry 2001).

Електронско учење користи електронске медије и уређаје као алате којима се побољшава приступ образовању и обуци, унапређује комуникација и интеракција, олакшава разумевање садржаја и развијање учења (Sailaja & Hemalatha 2016). Основна карактеристика овог облика учења је ослобађање од просторних и временских ограничења, јер усвајање знања није условљено физичким присуством предавању у предвиђеном термину. E-learning се углавном спроводи као комбинација учења на даљину и традиционалне наставе на факултетима, па говоримо о тзв. хибридном, „помешаном“ или „комбинованом“ инжењерском образовању (Ku & Fulcher 2007, Sommaruga & De Angelis 2007).

Већина програма електронског учења у савременим организацијама је асинхрона, што значи да је садржај унапред снимљен и доступан у било које доба дана, са било које локације, нпр. кроз Power Point презентације, анимације, видео материјал, симулације, итд. (Rosenberg 2001). Мање уобичајено је синхроно или електронско учење „уживо“, које захтева да сви студенти буду истовремено испред својих рачунара (нпр. chat, online дискусије, итд). Неке од предности овог облика учења су конзистентност у образовању и обуци, скраћено време учења, смањена оптерећеност информацијама, боље праћење

рада студената и нижи трошкови (Egol et al. 2016). Иако је развој електронског учења скупљи од припреме наставног материјала за класична предавања, посебно ако се користе мултимедијалне и високо интерактивне методе, трошкови употребе електронског учења (укључујући и трошкове веб сервера и техничку подршку) су знатно нижи од оних за изградњу учионица, ангажовање предавача и изгубљеног времена студената због путовања на наставу (Sailaja & Hemalatha 2016). Предност електронског учења је што се предавања могу слушати и репродуковати било где и било када, пружајући већу флексибилност за учење, а и саме скрипте и презентације се могу сачувати, каталогизовати и користити изнова и изнова (Bourne et al. 2005). Примена информационо-комуникационих технологија значајно је унапредила образовање инжењера кроз електронско учење, online курсеве, комбиновано учење, системе за управљање учењем и друге алате за комуникацију и сарадњу. Због бројних предности и велике флексибилности коју пружа, електронско учење је веома заступљено у EHRM моделу и сви програми традиционалних едукација и обука имају и у мањој или већој мери присутну електронску подршку или замену, док је у одређеним ситуацијама ово доминантан облик усвајања знања.

6.2.5. Game-based learning (учење кроз игру) и гејмификација

Добро осмишљене игре су одлични мотиватори, јер учесницима дају јасне циљеве и подстичу их да истрају у остварењу. Студенти зато боље разумеју оно о чему уче кроз игру и боље примењују стечена знања и вештине у будућности (Bourne et al. 2005). Постоје бројни примери ефикасне употребе игара у контексту образовања и обука, а због својих предности и прилика које пружају за учење елементи игара примењују се у различитим ситуацијама ван окружења за игру, што се назива гејмификација.

Гејмификација се у образовању користи као средство за повећање мотивације и ангажмана студената (Domínguez et al. 2013) у различитим контекстима (Bodnar et al. 2016) и подстиче учеснике да усвоје нова понашања, раде више или науче нешто ново (Barata et al. 2013). Међу предностима употребе игара или гејмификације у образовне сврхе су и пружање тренутних повратних информација, краће време усвајања знања, унапређење компетенција (de Freitas 2006).

Учења кроз игру и гејмификације су посебно важни у инжењерском образовању (Bodnar et al. 2016), због позитивног утицаја на ангажовање студената и понашање у учењу (Lee & Hammer 2011), времена које проводе у интеракцији са наставним материјалом (Landers 2014), унапређење комуникационих вештина и рада у тимском окружењу, склоности експериментирању и креативном решавању проблема (Bodnar et al. 2016). Због наведених позитивних ефеката учење кроз игру и гејмификација су нашли примену у EHRM моделу, како у различитим програмима обуке, тако и у планирању и реализацији инжењерских курикулума.

6.2.6. Симулације

Компјутерска симулација је начин моделирања стварне ситуације на рачунару, где се променом одређене варијабле може предвидети понашање система. Симулације могу бити врло корисне за подстицање дискусије или расветљавање појединих питања, а иако захтевају пуно припреме, користе се за повезивање научног из различитих области и могу бити веома ефикасне при учењу сложених идеја (Fry et al. 2008). Симулације се често користе за увежбавање вештина пре него што започне професионално запошљавање и пожељан су алат за обуку (de Freitas 2006). Образовна симулација подразумева модел система или појава из стварног света у ком су поједини елементи поједностављени или изостављени како би се олакшало учење (Lunce 2006).

Студенти често истичу да је учешће у симулацијама интересантније, мотивишуће и ближе искуствима из стварног света у односу на друге моделе учења (Alessi & Trollip 2001), јер их суочава са резултатима предузетих акција и побољшања перформанси. Најзначајније предности симулација су што не постоји опасност оштећења опреме или повређивања студената, што су јефтинији вид обуке и што пружају прилику студентима да играју улоге, идентификују се са другима, увежбавају вештине, истражују, уче у групама, итд. па се користе као допуна традиционалним методама усвајања знања. У склопу EHRM модела, симулације су посебно погодне за примену у оквиру фабрика за учење.

6.2.7. Lifelong learning - целоживотно учење

Значај концепта целоживотног учења за развој инжењерских компетенција је већ помињан у раду. Целоживотно учење (енгл. Lifelong learning - LLL) је сврсисходна активност учења, предузета у континуитету са циљем побољшања знања, вештина и компетенција (Alves et al. 2010) и обухвата све активности које људи обављају током свог живота да би побољшали сопствено знање у одређеној области. Lifelong learning обухвата учење у свим животним добрима и различитим контекстима, као и различите нивое учења (формално, неформално, информално), а на првом и најважнијем месту му је развој људског капитала, односно улагање у људске ресурсе (Biesta 2006).

Целоживотно учење карактерише широк спектар могућности за учење, које се више не може делити на место стицања знања (образовна институција) и место примене знања (радно место), а акценат је потребно пребацити са усвајања садржаја на овладавање самим процесом учења.

Тренутно је уобичајена пракса да будући инжењери на самом почетку своје професионалне каријере пролазе кроз интензивне програме обуке како би унапредили своја знања и компетенције, али у склопу захтева целоживотног учења биће неопходно да са различитим видовима едукација наставе током читаве каријере како не би дошло до опадања достигнутог нивоа компетенција (Macuzic et al. 2016). Зато је један од важних изазова у инжењерском образовању обликовање курикулума који неће само припремати студенте за каријеру у одређеној области, већ бити основа за континуирано

целоживотно учење. Наведено посебно добија на значају узевши у обзир очекивања да ће будући инжењери током живота више пута мењати не само радно место, већ и професију, па ће се од њих захтевати додатно образовање (обуке, курсеви, програми) које превазилази оквире формалног образовања и интегрисано је у сам радни процес.

Због важности коју има, целоживотно образовање се не сме свести само на добровољну активност инжењера, већ је неопходна и велика подршка индустрије, државе, образовних институција и професионалних удружења. Целоживотно учење је један од приоритета на којима почива EHRM модел, па је финални корак, као проактивна активности у склопу сарадње академских институција и партнера из индустрије, посвећен управо успостављању система целоживотног учења будућих инжењера. На овај начин ће им се омогућити да континуирано унапређују и надограђују своје компетенције у складу са захтевима Lean индустријских система.

6.3. Препоручени едукативни алати примењиви у EHRM моделу

У најразвијенијим светским економијама информационе технологије су свеprisутне у сектору високог образовања и представљају основни део институционалне инфраструктуре. Ове технологије су се експоненцијално прошириле у последњој деценији, дотакло готово све димензије образовног процеса и омогућиле употребу разноврсних едукативних алата.

Са повећаним приступом рачунарима и Интернету, алати за учење базирани на информационим технологијама постају значајна опција у образовању инжењера, јер доказано унапређују перформансе студената у односу на традиционалне методе учења (Dillard-Eggers et al. 2011). Од првобитне употребе Power Point слајдова на предавањима, постепено се дошло до замене штампаног материјала електронским (нпр. информације о курикулумима, распоредима, оценама, евалуацији курса, online подршка, итд.), online часова и наставе, електронских књига, употребе елеменара проширене и виртуелне реалности, симулација, итд.

Информационе технологије омогућиле су брз, лак, јефтин и једноставан приступ богатим изворима информација и знања, нуде и могућност повезивања ресурса у различитим форматима (текст, слике, звук и видео) и пружају интерактивно окружење за учење, независно од места и времена, са непосредним повратним информацијама. Мултимедијална технологија игра важну улогу у високом образовању, јер су студентима потребни дигитални, високо интерактивни едукативни материјали којима се може приступити у било ком тренутку, што омогућава понован приступ предавањима, руши просторну и временску баријеру и смањује могућност пропуштања било ког дела наставе. Online наставни материјали се могу лако ажурирати, кроз хиперлинкове упућивати на друге корисне web странице и пружати додатне материјале за учење, као допуну курикулумима. Такође, Интернет је омогућио приступ видео конференцијама и live (уживо) предавањима путем видео стриминга, док се e-mail, chat

и форуми за дискусију интезивно користе за online комуникацију између студената и предавача и студената међусобно. Овим се обезбеђује брза, јефтина и поуздана комуникацију и пружа могућност за размену наставних материјала и идеја и повезивање образовних институција широм света.

Ресурси информационо-комуникационих технологија попут електронске поште, инстант порука и друштвених мрежа пружају могућности за академску сарадњу, заједничка истраживања и лично и професионално умрежавање, па се може закључити да је експанзија информационо-комуникационих технологија одржала обећање да ће срушити баријере времена, простора и привилегија, снизити трошкове и омогућити сарадњу и креативности у настави, учењу и истраживању (Altbach et al. 2009).

Информационе технологије омогућиле су и коришћење разноврсних алата за учење који нуде флексибилнији приступ и подстичу самостално и активно учење. У области едукација и обука веома корисна може бити примена читача QR кода, који омогућава да се сви важни наставни материјали означе QR кодовима, чије скенирање директно води до потребних и релевантних информација, нпр. жељених предавања или вежби (Abele et al. 2016). Вредна помена је и употреба таблет рачунара за читање и преузимања е-књига, веб садржаја, анимација, презентација, видео записа, итд. Таблети су малих димензија и тежине (наспрам десктоп и лаптоп рачунара), преносиви, прегледни и једноставни за употребу, посебно прилагођени електронским књигама (већи дисплеј него на мобилним телефонима, мања тежина него лаптоп уређаји) што их чини веома погодним за употребу у образовне сврхе.

Још један користан едукативан алат који своју примену може наћи у EHRM моделу су интерактивне табле, уређаји осетљиви на додир, који омогућавају повезивање и сарадњу реалних и виртуелних тимова, без обзира на удаљеност. Захваљујући бежичној (енгл. wireless) повезаности, могу се размењивати идеје, документа и материјали у реалном времену, одржавати састанци, презентације, видео конференције, консултације, па чак и обуке, а не захтева се истовремено физичко присуство свих актера (ово је посебно значајно у раду пројектних тимова кандидата).

EHRM подржава и коришћење различитих платформи, односно система за управљање учењем који су засновани на најсавременијим Интернет и веб технологијама, а укључују разне организационе, административне, наставне и технолошке компоненте (Avgeriou et al. 2003). Најпопуларнији системи за управљање учењем су Blackboard и Moodle, који је као посебно погодан у контексту високог образовања нашао своју примену у оквиру EHRM модела. Moodle омогућава приступ наставним модулима и садржајима у било које време и са било ког места, комбинујући класична предавања и електронско учење, као и комуникацију будућих инжењера са другим кандидатима или предавачима и менторима кроз посебне дискусије и тематске блогове усмерене на садржај модула. Обично укључује и собу за chat-овање, дискусије, календар за заказивање догађаја, слање обавештења, алате за online оцењивање, могућност постављања и преузимања пројеката, задатака и лекција, алат за праћење активности студената, алате за снимање, постављање и преузимање гласовних датотека, алат за

размену порука, алат за чување и приказ материјала и информација, алат који показује ко је „активан“, итд. Не постоји обавеза кориштења свих наведених алата, већ се они који се не користе могу се искључити или сакрити.

На Moodle платформу се може пријавити са било ког рачунара који има приступ Интернету, а приступ самим курсевима ограничен је на кандидате полазнике EHRM модела, њихове предаваче, инструкторе и менторе. Као што је већ истакнуто у поглављу 5, садржај који треба да усвоје полазници EHRM модела организован је кроз модуле, који су доступни и као стандардни и као online курсеви (комбиновано учење).

Значајну улогу у креирању садржаја модула имају партнери из индустрије, чије је задужење релевантно и актуелно наставног садржаја, док су академске институције одговорне за структуру и дидактички квалитет. Модули у EHRM моделу заснивају се на интезивној употреби мултимедија и коришћењу напредне едукативне опреме и алата (посебно кроз пројекте и рад у фабрикама за учење), што обезбеђује жељене резултате обуке. Обучавање о производним методама и алатима путем тестирања, управљања и надгледања оперативних активности предуслов је за неговање културе сталног унапређења, која је есенцијална у Lean предузећима.

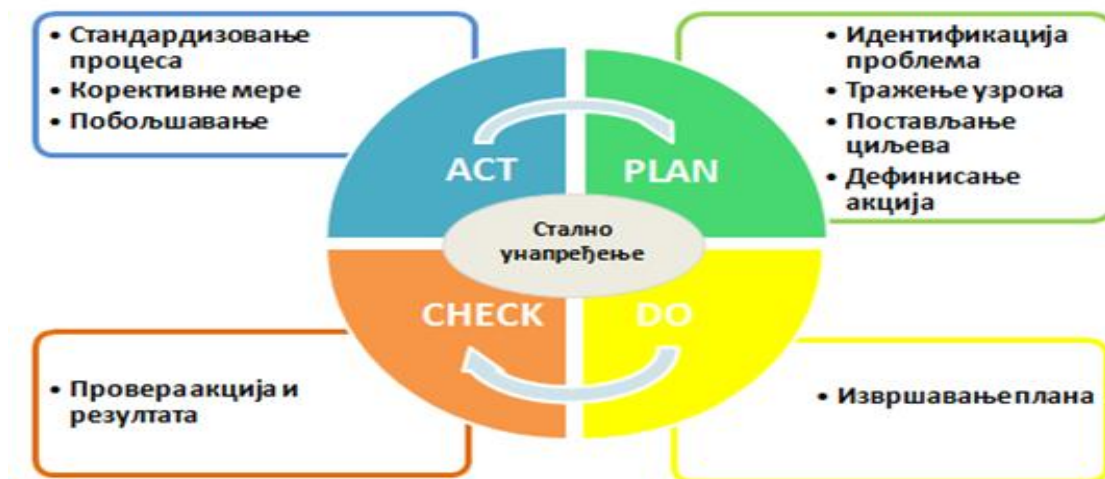
6.4. Могућности примене EHRM модела

EHRM модел генерише иницијативе на релацији индустријски системи-универзитети како би се прилагодио, побољшао и унапредио начин управљања инжењерским људским ресурсима и подигао ниво успешности у њиховом образовању и обуци. При имплементацији модела развијени су и примењени иновативни и напредни кораци, алати и методологије за унапређење знања и вештина будућих инжењера. Циљ је да се кроз сарадњу индустрије и академске заједнице креира окружење где ће инжењерски људски ресурси бити мотивисани да уче, развијају своје компетенције и достигну пун потенцијал кроз реализацију програма едукација и обука. Као резултат стварају се висококомпетентни будући инжењери, веома мотивисани за целоживотно учење и стално унапређење сопствених компетенција, што је у потпуности у духу напредних индустријских филозофија Lean и WCM/TPM. Lean предузећа, усмерена на неговање културе сталног унапређења и развоја, морају поштовати процедуре и методе који усмеравају људске ресурсе и доприносе остварењу њиховог пуног потенцијала.

Последично, како би будући инжењери достигли потребан ниво знања и компетенција за рад у Lean индустријским системима, морају реализовати бројне активности дефинисане у оквиру седам корака EHRM модела. Све активности EHRM модела могу се систематизовати кроз чувени Планирај-Уради-Провери-Делуј (engl. Plan-Do-Check-Act - PDCA) циклус усвајања знања, вештина и компетенција. PDCA циклус подразумева да се сваки проблем може решити кроз четири корака, која се непрекидно понављају, а понављање самог PDCA циклуса кључ је сталног унапређења (Слика 6.13).

Планирање подразумева идентификацију проблема и потрагу за њиховим узроком, постављање циљева и дефинисање активности које је потребно предузети како би се

циљеви остварили. Извршавање се односи на реализацију и спровођење планираних активности, где је потребно сакупити што више чињеница и података и проучити узрок проблема. Проверавање подразумева контролу резултата спроведених активности, где се поново сакупљају и проучавају подаци и проверава да ли се дошло до жељеног решења проблема. Уколико су остварени резултати у складу са очекиваним (циљ је постигнут), предузете активности усвајају се као стандард деловања, а уколико остварени резултати нису у складу са очекиваним (циљ није постигнут), спроводе се корективне мере, на путу до остварења планираног унапређења.



Слика 6.13 Активности PDCA циклуса

У оквиру EHRM модела планирање подразумева дефинисање плана едукација и обука и по потреби одређивање приоритета, док се извршавање претежно односи на реализацију изабраних метода едукације и обука. Проверавање подразумева евалуацију спроведених активности у програмима обуке, где се сходно потреби процењују ниво достигнутих компетенција, методе усвајања знања, квалитет предавача, инструктора и ментора. Деловање се односи на стандардизацију или ревизију предузетих активности, како би се унапредила ефективност и ефикасност програма едукације и обуке у склопу EHRM модела. У овој фази врши се стална евалуација предузетих активности и идентификују прилике за унапређење, а затим и имплементирају уочена побољшања.

EHRM модел због фокуса и усмерености ка Lean предузећима тежи имплементацији културе и активности сталног унапређења и укључења свих запослених (кључни Lean принципи), подстиче тимски рад и трансфер најбоље праксе у домену едукација, обука и унапређења потенцијала људских ресурса. Како су едукације и обуке од кључног значаја за развој и унапређење инжењерских људских ресурса запослених у Lean предузећима, EHRM модел будућим инжењерима омогућава да веома брзо (вертикално стартовање) достигну сва знања, вештине и компетенције на нивоу који од њих захтевају савремени индустријски системи. Произилази закључак да је један од циљева поменутог модела да обезбеди одговарајући ниво знања и компетенција будућих инжењера, вршећи праву едукацију и обуку, на прави начин и у сваком циклусу (сваки пут).

Табела 6.11 Активности PDCA циклуса у EHRM моделу

КОРАЦИ	АКТИВНОСТИ			
	PLAN	DO	CHECK	ACT
Селекција људских ресурса и анализа постојећег нивоа знања и вештина	Утврђивање потребног нивоа знања и способности за сваку позицију	Контакт са универзитетом и пријављивање заинтересованих кандидата	Тестирање и утврђивање знања и способности пријављених кандидата Интервјуисање и финална селекција кандидата	Утврђивање гепова у знањима и способностима изабраних кандидата
Припрема и реализација програма обуке за превазилажење идентификованих гепова	Припрема плана обуке изабраних кандидата за превазилажење гепова	Реализација обуке за изабране кандидате	Процена резултата обуке за превазилажење гепова	Утврђивање стандарда програма обуке
Укључивање изабраних људских ресурса у реализацију практичних пројеката	Израда плана пројектног задатка	Реализација и праћење пројектног задатка	Завршетак и оцена пројектног задатка	Утврђивање стандарда за пројектне задатке
Успостављање програма индустријске обуке	Распоредивање кандидата на радне позиције и додељивање ментора Утврђивање плана и циљева обуке	Реализација обуке	Процена резултата обуке	Утврђивање стандарда индустријске обуке
Увођење концепта Фабрике за учење	Планирање фабрике за учење	Изградња и опремање фабрике за учење Примена фабрике за учење	Процена фабрике за учење и потреба за ремоделовањем	Утврђивање стандарда фабрике за учење
Интеграција EHRM принципа у друге WCM/TPM пиларе	Утврђивање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар Припрема едукација за усвајање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар	Реализација едукација за усвајање потребног нивоа знања за сваки WCM/TPM пилар	Тестирање кандидата и процена програма едукација	Утврђивање стандарда едукација за сваки WCM/TPM пилар
Увођење партнерства компанија-академска заједница у припрему и реализацију курикулума	Успостављање сарадње индустрије и академске заједнице Заједнички рад на дизајнирању курикулума	Сарадња у реализацији курикулума	Евалуација курикулума	Утврђивање стандарда курикулума Увођење програма целоживотног учења

Обзиром да EHRM модел драстично редукује време потребно за достизање неопходних нивоа знања и компетенција, унапређује стручност и флексибилност будућих инжењера, њихову мотивацију и задовољство на радном месту, позитиван утицај остварује и у домену смањења флукуације инжењера запослених у Lean предузећима.

7. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Lean, настао као надоградња јединственог Тојотиног приступа управљању производним системима, већ деценијама је доминантан облик организације производње и пословања, захваљујући ком су бројна предузећа пронашла начин да одговоре изазовима оштре тржишне конкуренције и интезивне борбе за кориснике и суоче се са разноврсним и динамичним променама које карактеришу савремено пословно и индустријско окружење. Ова напредна производна методологија, усмерена на елиминисање губитака и активности које не додају вредност, након доказаних резултата и бројних примера успешне имплементације у индустријским системима, временом се трансформисала, еволуирала и нашла своју примену и у образовном сектору. У исто време, образовне институције, изложене тржишним притисцима и у све већој мери принуђене да функционишу попут предузећа, окренуле су се Lean приступу у намери да повећају ефективност и ефикасност својих процеса. Lean је образовном сектору понудио могућност да искористи сопствене потенцијале за побољшање, ослобађајући се притом свих врста губитака и нерационалности и остварујући бенефите у виду повећања задовољства студената, унапређења перформанси запослених, смањења трошкова пословања, промене организационе културе, итд.

Lean се често погрешно интерпретира и ограничава као скуп метода, алата и техника, а заправо је у питању филозофија у чијем су средишту два основна елемента - континуирано унапређење процеса и поштовање према људима. Свесни значаја људског фактора као најдрагоценијег организационог ресурса и јединог трајног извора за остварење конкурентске предности, савремени индустријски системи засновани на Lean принципима, интезивно су трагали за начинима да унапреде потенцијал сопствених садашњих и будућих запослених. У том контексту долазило је до различитих иницијатива и успостављених модалитета сарадње између представника индустрије и академске заједнице, са циљем да се унапреди степен знања, вештина и компетенција људских ресурса, превасходно инжењерских, кроз унапређење образовног процеса.

Како квалитет инжењерских људских ресурса у највећој мери зависи од квалитета инжењерског образовања, од образовних институције се очекивало да припреме и тржишту рада испоруче инжењере који ће бити адекватно обучени и опремљени широким спектром знања и способности потребних за рад у савременим Lean системима. Иако су услед глобалних промена и комплексних тржишних изазова, очекивања предузећа у погледу захтеваних инжењерских компетенција константно расла, образовни систем није успевао да пружи адекватан одговор на идентификоване захтеве индустрије и геп, између знања које су поседовали инжењери по окончању академског образовног циклуса и оних које су од њих очекивали индустријски системи у улози послодаваца на тржишту рада, константно се продубљивао. У покушају преважилажења истакнутог проблема, предузећа су се током времена све активније укључивала у процес развоја инжењерских људских ресурса, и од некада пасивног

корисника, постали партнери образовних институција у планирању и реализацији образовног процеса. Настао је велики број различитих модела сарадње, који, иако нису у потпуности оправдали очекивања стручне и научне јавности, послужили су кандидату као инспирација за развој сопственог модела и предлога партнерства на релацији индустријски системи - академска заједница.

Модел Раног управљања инжењерским људским ресурсима (EHRM модел) карактерише иновативан приступ проблему обезбеђивања и развоја људских ресурса, заснован на принципима Lean производне филозофије и пиларској структури напредних Lean индустријских WCM и TPM концепата, где се тежиште активности посвећених унапређењу потенцијала људских ресурса и подизању нивоа њихових знања и компетенција кроз циљане програме едукација и тренинга, налази у пиларима Развој људи (WCM), односно Образовање и обука (TPM).

Модел Раног управљања инжењерским људским ресурсима кроз интеграцију методологије Раног управљања (EM), обезбеђује у научном смислу у потпуности оригиналан и иновативан, а у контексту индустријске праксе сврсисходан и проактиван приступ, који је користећи принцип вертикалног стартовања редефинисао полазне основе едукације и образовања инжењера. Вертикално стартовање, као принцип који омогућава достизање жељеног новог перформанси третирајући и елиминишући све потенцијалне узроке проблема још у раној фази настанка, драстично скраћује време од иницијалног развоја људских ресурса у образовним институцијама до достизања њиховог пуног потенцијала и индустрији потребног нивоа знања и компетенција, те као последицу осигурава ефективну и ефикасну транзицију будућих инжењера из академског у индустријско окружење.

Као додатну предност модела потребно је нагласити да се изузетна пажња посвећује питањима ергономије и безбедности на раду, као веома важном и у другим моделима делимично запостављеном сегменту сталног унапређења, али и увођењу напредних едукативних метода, алата и технологија за унапређење процеса усвајања знања, што даје нову димензију осавремењавању образовања.

7.1. Валидација основних хипотеза

На почетку докторске дисертације представљене су следеће полазне хипотезе, које ће се појединачно образложити.

H1: Успешно позиционирање на тржишту и развојне перспективе Lean индустријских система директно су зависни од нивоа општих и специфичних знања, вештина и компетенција које поседују ангажовани инжењерски људски ресурси од који се очекује висока флексибилност, креативност и способност прихватања захтева које намеће концепт производње светске класе у најкраћем могућем временском року.

У стручним и научним круговима већ деценијама доминира став да је континуиран прилив компетентних и квалификованих инжењерских људских ресурса од круцијалне

важности за економски просперитет индустријских система, али и предуслов њиховог тржишног опстанка. Из поменуте чињенице произилази и закључак да је развој савремених индустријских система апсолутно условљен расположивошћу инжењерских људских ресурса потребног нивоа знања и компетенција, јер се управо од инжењера очекује да омогуће својим предузећима да постану и остану конкурентна у турбулентном и динамичном глобалном пословном окружењу, досегну врхунске пословне перформансе и стекну епитет предузећа светске класе.

Инжењери се сматрају кључним радницима знања, јер је њихова едукација високо специјализована, период едукације дуг и интезиван, а формална академска обука служи само као платформа за даљу надоградњу знања и вештина које од њих захтевају индустријски системи. Како савремене производне филозофије утемељене на Lean приступу инсистирају на широком спектру знања својих запослених, образовне институције сnose одговорност за стварање инжењера са широким спектром компетенција које варира од једноставних техничких вештина до комплексних интелектуалних способности, етичких вредности и разумевања политичких, економских, социјалних, технолошких и осталих фактора који ће утицати на њихов свакодневни рад.

Кандидат је поменутој проблематици приступио веома студиозно и током рада на докторској дисертацији проучио и анализирао више од 50 литературних извода који су се бавили значајем и применом Lean принципа у области образовања инжењера, јер је управо у Lean системима људски фактор препознат као најзначајнији организациони ресурс и кључни фактор успешне имплементације овог принципа, али и свеукупног пословања (издвојено Flumerfelt et al. 2016; Balzer et al. 2015; Waterbury 2015; Byrne 2013; Hines & Lethbridge 2008; и други).

Како се у Lean системима константно и експоненцијално повећавају захтеви у погледу потребних инжењерских компетенција, и овај проблем је третиран са посебном пажњом, кроз анализу више од 80 литературних извода на тему инжењерских компетенција (издвојено Nguyen 1998; Martin et al. 2005; Wallen & Pandit 2009; Nair et al. 2009; Vol 2010; Verdancier et al. 2014; Mohd-Yusof et al. 2015; и други). Кроз ставове и истраживања бројних аутора доказано је да успех Lean предузећа у великој мери зависи од способности људи да препознају и разумеју сложене проблеме са којима се суочавају савремени индустријски системи, па се од њих захтева да већ при запослењу и доласку у Lean предузеће буду у потпуности интегрисани и прилагођени постојећем систему и његовим вредностима.

Дакле, хипотеза H1 је потврђене кроз детаљну анализу литературе из области Lean производне методологије и њене примене у сектору образовања, као и у анализу и синтезу научних радова из области, од стране индустрије захтеваних, инжењерских знања и компетенција и образложена у другом поглављу дисертације.

H2: Заједнички рад институција високог образовања и предузећа на побољшавању услова и начина за ефикасну и ефективну транзицију из академског у индустријско

окурење, представља један од најзначајнијих ресурса за унапређење инжењерског едукационог процеса у целини.

Иако се, као што је доказано у оквиру хипотезе Н1, од савременог инжењера очекује да поседује сет разноврсних знања, вештина и способности, систем инжењерског образовања и даље је фокусиран претежно на техничку стручност, што резултира немогућношћу традиционалних образовних институција да одговоре на захтеве индустрије и појавом озбиљних дисбаланса у квалитету и квантитету понуде инжењера на тржишту рада. Ова ситуација навела је представнике индустријских система да се и сами активно укључе у процесе стварања, обликовања и развијања својих будућих запослених како би се, кроз помоћ и подршку академској заједници у унапређењу образовног процеса путем различитих активности у домену планирања, креирања и реализације инжењерских студијских програма, допринело смањењу гепа у знањима и вештинама инжењера.

Поред смањења гепова у компетенцијама, сарадња академске заједнице и индустрије као win-win стратегија и моћан алат за унапређење економског раста и одрживости, доноси бенефите и кроз реализацију заједничких истраживања и развојних пројеката и трансфер знања и технологија. Међу великим бројем до сада развијених разноврсних модела сарадње на релацији образовне институције - предузећа, кандидат је издвојио и кроз докторску дисертацију представио неколико чији су елементи наишли на највећу примену у савременим индустријским системима заснованим на Lean производној филозофији. Поменути модели, који обухватају фабрике за учење, кооперативно образовање, јапанске филозофије Хитозукури и Монозукури и дуално образовање, својим полазним основама, предностима за све учеснике у едукацији и ограничавајућим дејствима по унапређење образовног процеса детаљно су представљени у поглављу 3.

Иако се наведени модели међусобно разликују у активностима и начину реализације образовног процеса, евидентно је да их везује допринос повећању конкурентности и квалификованости инжењерских људских ресурса и њиховој адекватној припреми за улазак на тржиште рада. Тиме је, кроз спроведена свеобухватна теоријска истраживања и анализу доступних научних радова и литературе, као и обављене консултације са представницима индустријских система на подручју Београда, Новог Сада и Крагујевца око начина и облика сарадње коју практикују са инжењерских факултетима на њиховом подручју, доказана и хипотеза Н2.

Н3: Методологија и принципи раног управљања представљају перспективан и до сада неискоришћен концепт за увођење новог приступа едукацији инжењера у завршним фазама школовања и редефинисање модела сарадње институција високог образовања и индустрије.

Чињеница да су теоријска истраживања и анализирани научни радови о партнерству и сарадњи академске заједнице и индустријских представника, поред значајних бенефита идентификовала и одређена ограничења, а до данас није усвојен ниједан универзално прихваћен модел, кандидата је инспирисала да покуша да пружи лични допринос кроз унапређење теоријске основе и промовисање оригиналног приступа проблему развоја и

едукације инжењерских људских ресурса кроз редефинисање партнерства између предузећа и образовних институција.

Кандидат је дошао до јединствене идеје, утемељене у постојећим научним сазнањима и напредној индустријској пракси, да развије оригиналан модел Раног управљања инжењерским људским ресурсима (EHRM модел) који иновативно приступа проблему развоја и унапређења људских ресурса, а заснован је на принципима Lean производне филозофије и пиларској структури напредних Lean индустријских WCM и TPM концепата.

Остварена је интеграција пилаара Развој људи (WCM), односно Образовање и обука (TPM), тачније њихових активности посвећених унапређењу потенцијала људских ресурса и подизању нивоа индивидуалних знања и компетенција кроз циљане програме едукација и тренинга, са пиларом, односно принципом Раног управљања (EM). Овим се дошло до потпуно прогресивног и просперитетног приступа развоју инжењера, који екстремно скраћује време протекло од иницијалног развоја људских ресурса у образовним институцијама до достизања њиховог пуног потенцијала који захтевају савремени индустријски системи. EHRM модел заснива се на доказаном приступу седам корака и три фазе имплементације WCM система, што омогућава стабилност и одрживост постигнутих резултата у дужем временском периоду. Представљен је алгоритмом уз детаљан опис корака и активности за имплементацију као гаранцију за једноставну, брзу и ефикасну имплементацију.

Опсежан преглед литературе и у овом домену, као и консултације и реализовани дубински усмени интервјуи са представницима Lean индустријских система потврдили су да до сада није било покушаја да се концепт и идеја Раног менаџмента примене у овом сегменту, те се без икакве сумње може истаћи како EHRM представља оригиналан, перспективан и проактиван модел управљања људским ресурсима, који је чврсто утемељен, како на постојећим научним сазнањима, тако и на индустријској пракси. Овим је уједно доказана и последња хипотеза НЗ, а сам концепт развијеног EHRM модела и могућности за његову практичну имплементацију и реализацију представљени су и детаљно образложени у петом и шестом поглављу докторске дисертације.

7.2. Ограничења модела и правци даљих истраживања

Поред опсежног теоријског истраживања релевантне научне и стручне литературе, концептуални оквир EHRM модела развијен је уз уважавање мишљења и препорука експерата из индустрије, до којих је кандидат дошао спровођењем дубинских интервјуа са представницима Lean индустријских система на подручју Београда, Новог Сада и Крагујевца, већином запослених на позицији менаџера за људске ресурсе, менаџера квалитета, менаџера производње или генералног менаџера. Као инспирација за овај начин прикупљања података послужило је истраживање Vol (2010), а питања за интервју била су структурирана и унапред припремљена, док се са сваким од 11

представника предузећа разговарало лично и у просеку 60 минута. Упркос добијеним несумњиво драгоценим смерницама и увидима, јасно је да свеобухватније разумевање проблематике превазилажења гепа у инжењерским компетенцијама и модалитета сарадње и партнерства на релацији академска заједница - индустрија, захтева и значајно већи узорак испитаника, као и укључивање одређених квантитативних истраживачких метода у домену прикупљања података. Још једно потенцијално ограничење, које захтева додатну пажњу и методолошко појашњење је питање оспособљености индустријских ментора за подучавање кандидата (чињеница да су овладали одређеном вештином не значи нужно да поседују методичке и педагошке компетенције да своје знање пренесу другима), али и њихове субјективности при процени нивоа усвојених вештина полазника током индустријске обуке.

Поред наведених процедуралних, следеће ограничење модела огледа се у чињеници да је првенствено усмерен ка инжењерским људским ресурсима, који се сматрају кључним фактором просперитета и одрживости пословних и производних система, али свакако нису једини представници радне снаге на тржишту рада. Одлука кандидата да у EHRM моделу фокус буде на третирању инжењерских људских ресурса била је иницирана чињеницом да се напредне методологије за унапређење процеса, попут Lean-а, WCM-а и TPM-а, предоминантно имплементирају у индустријским системима у којима управо инжењери имају водећу улогу. Свакако да ће правци будућих истраживања бити усмерени ка превазилажење идентификованих ограничење и делимичној модификацији и прилагођавању EHRM модела, не нарушавајући притом његову ефикасност, употреби и у ширим подручјима делатности, што је у потпуности усаглашено и са принципима Lean филозофије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., El Maraghy, H., Hummel, V., & Ranz, F. (2015). Learning factories for research, education and training. *Procedia CIRP*, 32, 1-6.
2. Abele, E., Bauerdick, C., Strobel, N., & Panten, N. (2016). ETA Learning Factory: A holistic Concept for teaching Energy Efficiency in Production, *Procedia CIRP*, 54, 83-88
3. ABET (2014). Criteria for Accrediting Engineering Programs, Effective for Reviews During the 2015-2016 Accreditation Cycle, retrieved from <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/05/E001-15-16-EAC-Criteria-03-10-15.pdf>
4. Acar, B.S., & Newman, I. (2003). Students as Tutors - Learning Problem-Solving Skills by Tutoring PBL. *International Journal of Engineering Education*. 19(5), 712-716.
5. Ahmed, S., Hassan, M., & Taha, Z. (2005). TPM can go beyond maintenance: except from a case implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 11(1), 19-42, <http://dx.doi.org/10.1108/13552510510589352>
6. Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(2), 123-147, <http://dx.doi.org/10.1108/13552510810877647>
7. Aichi Steel Report (2009). Monozukuri Manufacturing for the brighter future, retrived from http://www.aichi-steel.co.jp/ENGLISH/csr/csr_report/pdf/09/all.pdf
8. Ajay Guru Dev, C., Senthil Kumar, V. S., & Rajesh, G. (2017). Effective human utilization in an original equipment manufacturing (OEM) industry by the implementation of agile manufacturing: A POLCA approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 27(2), 79-86, <https://doi.org/10.1002/hfm.20692>
9. Albanese, M.A., & Mitchell, S. (1993). Problem-Based Learning: A Review of Literature on its Outcomes and Implementation Issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52-81.
10. Alessi, S.M., & Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development*. Boston: Allyn & Bacon.
11. Al-Hassan, K., Chan, J. F. L., & Metcalfe, A. V. (2000). The role of total productive maintenance in business excellence. *Total Quality Management*, 11(4-6), 596-601, <http://dx.doi.org/10.1080/09544120050007931>
12. Al-Najjar, B. (1996). Total quality maintenance: an approach for continuous reduction in costs of quality products. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2(3), 4-20, <http://dx.doi.org/10.1108/13552519610130413>
13. Altbach, P. G., Reisberg, L. & Rumbley, L. E. (2009). *Trends in global higher education: Tracking an academic resolution*. Brill Sense.
14. Alves, A. C., Flumerfelt, S., & Kahlen, F. J. (Eds.). (2016). *Lean Education: An Overview of Current Issues*. Springer
15. Alves, A. C., Kahlen, F. J., Flumerfelt, S., & Manalang, A. B. S. (2014). The lean production multidisciplinary: from operations to education. In 7th International Conference on Production Research/Americas
16. Alves, A.C., Kahlen, F.J., Flumerfelt, S., & Siriban-Manalang, A.B. (2013). Lean Engineering Education: bridging-the-gap between academy and industry. In 1st International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE).

17. Alves, M. G., Neves, C., & Gomes, E. X. (2010). Lifelong learning: conceptualizations in European educational policy documents. *European Educational Research Journal*, 9(3), 332-344.
18. Anh, P. C., Yen, T. T. H., & Matsui, Y. (2015). Empirical Study on Transferability of Kaizen Practices in Vietnamese Manufacturing Companies. *Asian Social Science*, 11(4), 65-76.
19. Antony, J. (2014). Readiness factors for the Lean Six Sigma journey in the higher education sector, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(2), 257-264.
20. Antony, J., Krishan, N., Cullen, D., & Kumar, M. (2012). Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs): challenges, barriers, success factors, tools/techniques, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(8), 940-948.
21. Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2015). Workplace ergonomics in Lean production environments: A literature review. *Work*, 52(1), 57-70, <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-141941>
22. Avgeriou, P., Papasalouros, A., Retalis, S., & Skordalakis, M. (2003). Towards a pattern language for learning management systems. *Educational Technology & Society*, 6(2), 11-24.
23. Awaji, H. (2013). What is Monotsukuri. retrieved from <https://docs.google.com/file/d/0B3dKKT-oavcqWk14NlpfZ3NCME0/edit>
24. Ayoub, M. M., Selan, J. L., & Liles, D. H. (1983). An ergonomics approach for the design of manual materials-handling tasks. *Human Factors*, 25(5), 507-515, <https://doi.org/10.1177/001872088302500505>
25. Badawy, M. (2006). Preparing engineers for management, *Engineers Australia*, 7, 64-66.
26. Badurdeen, F., Wijekoon, K., & Marksberry, P. (2011). An analytical hierarchy process-based tool to evaluate value systems for lean transformations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(1), 46-65.
27. Baillie, C., & Fitzgerald, G. (2000). Motivation and attrition in engineering students, *European Journal of Engineering Education*, 25(2), 145-155.
28. Baillie, C., & Fitzgerald, G. (2000). Motivation and attrition in engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 25(2), 145-155.
29. Balaji, K.V.A., & Somashekar, P. (2009). A Comparative Study of Soft Skills among Engineers, *IUP Journal of Soft Skills*, 3(3-4), 50-57.
30. Ball, P. D., Roberts, S., Natalicchio, A., & Scorzafave, C. (2011). Modelling production ramp-up of engineering products. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 225(6), 959-971, <http://dx.doi.org/10.1177/09544054JEM2071>
31. Balzer, W., Brodke, M., & Kizhakethalackal, E.T. (2015). Lean higher education: successes, challenges, and realizing potential, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 924-933.
32. Balzer, W.K. (2010). *Lean Higher Education: Increasing the Value and Performance of University Processes*, Boca Raton, FL: CRC Press
33. Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2013, September). Engaging engineering students with gamification. 5th international conference Games and virtual worlds for serious applications (VS-GAMES), (pp. 1-8). IEEE.
34. Barling, J. (2014). *The science of leadership: Lessons from research for organizational leaders*. Oxford University Press, USA.

35. Barrie, S.C. (2006). Understanding what we mean by the generic attributes of graduates. *Higher Education*, 51(2), 215-241.
36. Barton, P. E. (1996). *Cooperative Education in High School: Promise and Neglect, A Policy Issue Perspective*. Princeton, NJ: Educational Testing Service
37. Bellgran, M., & Säfsten, E. K. (2010). *Production Development: Design and Operation of Production Systems*, London: Springer Science & Business Media
38. Bender, B., Kreimeier, D., Herzog, M., & Wienbruch, T. (2015). Learning Factory 2.0 - Integrated View of Product Development and Production. *Procedia CIRP*, 32, 98-103.
39. Berdanier, M. C. G., Branch, M. S. E., London, M. J. S., Ahn, M. B., & Cox, M. F. (2014). Survey Analysis of Engineering Graduate Students' Perceptions of the Skills Necessary for Career Success in Industry and Academia. *age*, 24, 1.
40. Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: from the past to the present. *Management decision*, 43(5), 761-771.
41. Biesta, G. (2006). What's the point of lifelong learning if lifelong learning has no point? On the democratic deficit of policies for lifelong learning. *European Educational Research Journal*, 5(3-4), 169-180.
42. Blair, B. F., & Millea, M. (2004). Quantifying the benefits of cooperative education. *Journal of Cooperative Education*, 38(1), 67-72.
43. Blair, B. F., Millea, M., & Hammer, J. (2004). The impact of cooperative education on academic performance and compensation of engineering majors. *Journal of Engineering Education*, 93(4), 333-338.
44. Bliem, W., Schmid, K., & Petanovitsch, A. (2014). Erfolgsfaktoren der dualen Ausbildung. Transfermöglichkeiten.[Factors of success in a dual training system and transferability.] *ibw Forschungsbericht*, 177.
45. Bodek, N. (2012). *The Harada Method. The Spirit of Self-Reliance*. PCS Press, Vancouver
46. Bodnar, C. A., Anastasio, D., Enszer, J. A., & Burkey, D. D. (2016). Engineers at play: Games as teaching tools for undergraduate engineering students. *Journal of Engineering Education*, 105(1), 147-200
47. Bol, L. A. (2010). *Knowledge, Skills, and Abilities Necessary for Success in the Manufacturing Industry*, Wisconsin: University of Wisconsin-Stout Menomonie
48. Bourne, J., Harris, D., & Mayadas, F. (2005). Online engineering education: Learning anywhere, anytime. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 131-146.
49. Boxall, P. (2014). The future of employment relations from the perspective of human resource management. *Journal of Industrial Relations*, 56(4), 578-593, <http://dx.doi.org/10.1177/0022185614527980>
50. Boyatzis, R. E. (2008). Competencies in the 21st century. *Journal of Management Development*, 27(1), 5-12.
51. Braunstein, L. A., Takei, H., Wang, F., & Loken, M. K. (2011). Benefits of cooperative and work integrated education for employers. In R. K. Coll & K. E. Zegwaard (Eds.), *International handbook for cooperative and work-integrated education: International perspectives of theory, research and practice* (pp. 277-286). Lowell, MA: World Association for Cooperative Education.
52. Breen, H., & Hing, N. (2001). Improving competitiveness through cooperation: assessing the benefits of cooperative education partnerships in the gaming management. *UNLV gaming research & review journal*, 6(1), 57-72.

-
53. Bruce, A., & Langdon, K. (2000). *Essential managers: project management*. London: Dorling Kindersley
 54. Byrne, A. (2013). *Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company*, Ohio, Columbus: McGraw-Hill
 55. Cachay, J., & Abele, E. (2012). Developing Competencies for Continuous Improvement Processes on the Shop Floor through Learning Factories - Conceptual Design and Empirical Validation, *Procedia CIRP*, 3, 638-643.
 56. Cachay, J., Wennemer, J., Abele, E., & Tenberg, R. (2012). Study on action-oriented learning with a Learning Factory approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 55, 1144-1153.
 57. CAFCE. Benefits of Co-operative Education for Students, Employers, and Institutions, retrieved from <http://www.cafce.ca/about-us-benefits.html>
 58. Campion, M. A., Fink, A. A., Ruggeberg, B. J., Carr, L., Phillips, G. M., & Odman, R. B. (2011). Doing competencies well: Best practices in competency modeling. *Personnel Psychology*, 64(1), 225-262.
 59. Carvalho, C. V., Lopes, M. P., Ramos, A. G., Ávila, P., Bastos, J., Fonseca, L., & Martens, I. (2013, October). Lean learning academy: An innovative framework for Lean Manufacturing training. In *Engineering Education (CISPEE), 2013 1st International Conference of the Portuguese Society for* (pp. 1-5). IEEE.
 60. Cates, C., & Cedercreutz, K. (2008). *Leveraging cooperative education to guide curricular innovation: developing a corporate feedback system for continuous improvement U.S.* Department of Education. Cincinnati: Center for Cooperative Education Research and Innovation
 61. CBI (2016). *The right combination. CBI/Pearson education and skills survey 2016*, retrieved from <http://www.cbi.org.uk/cbi-prod/assets/File/pdf/cbi-education-and-skills-survey2016.pdf>
 62. European Centre for the Development of Vocational Training (2008). *Terminology of European education and training policy: a selection of 100 key terms*. Office for Official Publ. of the Europ. Communities, retrieved from http://www.cedefop.europa.eu/en/Files/4064_EN.PDF
 63. Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
 64. Cho, F. (2005). Lecture: "Mono-zukuri and Hito-zukuri". Given at Toyota Vietnam Foundation, Hanoi, Vietnam, September, 13(2005), 391-407.
 65. Chouhan, V. S., & Srivastava, S. (2014). Understanding competencies and competency modeling - A literature survey. *IOSR Journal of Business and Management*, 16(1), 14-22.
 66. CICEP (2015). Bernard M. Gordon Learning Factory. Case Study, Pennsylvania State University, retrieved from http://www.aplu.org/projects-and-initiatives/economic-development-and-community-engagement/innovation-and-economic-prosperity-universities-designation-and-awards-program/IEP_Library/penn-state-bernard-m-gordon-learning-factory/file
 67. CIRP collaborative working group - Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. France: CIRP General Assembly, Nantes.
 68. Coates, H. (2005). The value of student engagement for higher education quality assurance. *Quality in Higher Education*, 11(1), 25-36.
 69. Comm, C. L., & Mathaisel, D. F. X. (2003). Less is more: a framework for a sustainable university, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4(4), 314-323.
-

70. Comm, C. L., & Mathaisel, D. F. X. (2005). A case study in applying lean sustainability concepts to universities, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6(2), 134-146.
71. Conlon, E. (2008). The new engineer: between employability and social responsibility, *European Journal of Engineering Education*, 33(2), 151-159.
72. Corlett, E. N. (1973). Human factors in the design of manufacturing systems. *Human Factors*, 15(2), 105-110, <https://doi.org/10.1177/001872087301500202>
73. Crebert, G., Bates, M., Bell, B., Patrick, C.J., & Cragolini, V. (2004). Developing generic skills at university, during work placement and in employment: graduates' perceptions, *Higher Education Research and Development*, 23(2), 147-165.
74. Crow, C. (1997). Cooperative Education in the New Millennium: Implications for Faculty Development. Cooperative Education Experience, Columbia MD: Cooperative Education Association
75. Cullinane, S. J., Bosak, J., Flood, P. C., & Demerouti, E. (2014). Job design under Lean manufacturing and the quality of working life: a job demands and resources perspective. *The International Journal of Human Resource Management*, 25(21), 2996-3015, <http://dx.doi.org/10.1080/09585192.2014.948899>
76. De Felice, F., Petrillo, A., & Monfreda, S. (2013). Improving operations performance with world class manufacturing technique: a case in automotive industry. INTECH Open Access Publisher, <http://dx.doi.org/10.5772/54450>
77. de Freitas, S. I. (2006). Using games and simulations for supporting learning. *Learning, media and technology*, 31(4), 343-358.
78. de Oliveira, P. S. G., da Silva, D., da Silva, L. F., Tecilla, M. C. and Lopes, M. D. S. (2016): Proposition factor model of World Class Manufacturing in Brazilian enterprises, *Independent Journal of Management & Production*, 7(2), 488-502.
79. Dickson, K. (2006). Students' perceptions of the cooperative education program. Work term report submitted as a partial fulfilment for the requirement of the Applied Social Psychology Program at Memorial University of Newfoundland. St Johns, NL: Memorial University of Newfoundland.
80. Digalwar, A. K., & Sangwan, K. S. (2007): Development and validation of performance measures for world class manufacturing practices in India, *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 6(1), 21-38.
81. Dillard-Eggers, J., Wooten, T., Childs, B., & Coker, J. (2011). Evidence on the effectiveness of on-line homework. *College Teaching Methods & Styles Journal (CTMS)*, 4(5), 9-16.
82. Doel, S. (2009). Fostering student reflection during engineering internships. *Asia Pacific Journal of Cooperative Education*, 10(3), 163-177.
83. Doman, M.S. (2011). A new lean paradigm in higher education: a case study, *Quality Assurance in Education*, 19(3), 248-262.
84. Domínguez, A., Saenz-De-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63, 380-392.
85. Dornmayr, H. & Löffler, R. (2014). Bericht zur Situation der Jugendbeschäftigung und Lehrlingsausbildung in Österreich 2012-2013. Wien: Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft - IBW.

86. Douglas, J., Antony, J., & Douglas, A. (2015). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 970-981.
87. Dressler, S., & Keeling, A.E. (2004). Student benefits of cooperative education. In R. K. Coll & Eames (Eds.), *International handbook for cooperative education: An international perspective of the theory, research and practice of work-integrated learning* (pp. 217-236). Boston: World Association for Cooperative Education.
88. Drewery, D. (2015). Conceptualizing the quality of cooperative work term experiences: An exploration from the student's perspective. World Association for Cooperative Education.
89. Drysdale, M., & McBeath, M. (2012). Self-concept and tacit knowledge: Differences between cooperative and non-cooperative education students. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 13(3), 169-180.
90. Drysdale, M., Goyder, J., Nosko, A., Easton, M., Frank, K., & Rowe, P. (2007). The role of co-op in the transition from high school to post-secondary education. *Journal of Cooperative Education and Internships*, 41(1), 48-55.
91. Dualno srednje stručno obrazovanje u Srbiji, Studija izvodljivosti, dostupno na <http://www.kooperativnoobrazovanje.org/wp-content/uploads/2015/07/GIZ-VET-Dualno-obrazovanje-STUDIJA-14-SRPSKI-FINAL-2nd-PRINT-sadrzaj-ok-Web-clean-s2-1.pdf>
92. Duderstadt, J. J. (2008). *Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of American Engineering Practice, Research, and Education*, University of Michigan: The Millennium Project, retrieved from <http://milproj.dc.umich.edu/pdfs/2009/engineering%20for%20a%20changing%20world.pdf>
93. Dudman, A., & Wearne, S. H. (2003). *Professional Engineers' Needs for Managerial Skills and Expertise*, Centre for Research in the Management of Projects, University of Manchester Institute of Science & Technology, retrieved from <http://www.engineeringgateways.co.uk/engcdocuments/internet/Website/Professional%20Engineers%20need%20Management%20Skills.pdf>
94. Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J.R., & van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4), 377-395, <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
95. Dybowski, G. (2005). The dual vocational education and training system in Germany. In *Dual Vocational Training International Conference*.
96. Eichhorst, W. (2013). Apprenticeships/dual education system - is the German model universal? Youth unemployment after the Great Recession: Evidence and lessons of national policies, retrieved from <http://docplayer.net/30383500-Apprenticeships-dual-education-system-is-the-german-model-universal-werner-eichhorst-iza.html>
97. Eid, R. (2009): Factors affecting the success of world class manufacturing implementation in less developed countries: the case of Egypt, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(7), 989-1008.
98. ElMaraghy, H., & ElMaraghy, W. (2015). Learning integrated product and manufacturing systems. *Procedia CIRP*, 32, 19-24.
99. Emiliani, M. L. (2004). Improving business school courses by applying Lean principles and practices, *Quality Assurance in Education*, 12(4), 175-187.
100. Emiliani, M. L. (2005). Using kaizen to improve graduate business school degree programs, *Quality Assurance in Education*, 13(1), 37-52.

101. Emiliani, M.L. (2016). Evolution in Lean Teaching, retrieved from https://bobemiliani.com/wp-content/uploads/2016/09/elt_paper.pdf
102. Employment and Training Administration United States Department of Labor (2015). Engineering Competency Model - DRAFT, retrieved from http://www.aaes.org/sites/default/files/Engineering_Competency_Model_draft-0115.pdf
103. Engineering Accreditation Council (2012). Engineering Programme Accreditation Manual, retrieved from <http://www.eac.org.my/web/document/EACManual2012.pdf>
104. Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production, 6th CLF-6th CIRP Conference on Learning Factories, Procedia CIRP, 54, 13-18.
105. Escrig-Tena, A. (2004): TQM as a competitive factor: A theoretical and empirical analysis, International Journal of Quality & Reliability Management, 21(6), 612-637.
106. Euler, D. (2013). Germany's dual vocational training system: a model for other countries?. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
107. European Commission (2007). Key Competences for Lifelong Learning - A European Reference Framework, retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018SC0014&from=EN>
108. European Network for Accreditation of Engineering Education (2008). EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes, retrieved from <https://www.enaee.eu/wp-assets-enaee/uploads/2015/04/EUR-ACE-Framework-Standards-and-Guidelines-Mar-2015.pdf>
109. European Parliament's Committee on Culture and Education (2014). Dual Education: A Bridge Over Troubled Waters? Study. retrieved from [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/529072/IPOL_STU\(2014\)529072_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/529072/IPOL_STU(2014)529072_EN.pdf)
110. European Training Foundation (ETF). (2013). Work-based learning: benefits and obstacles: a literature review for policy makers and social partners in ETF partner countries, retrieved from https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/m/576199725ED683BBC1257BE8005DCF99_Work-based%20learning_Literature%20review.pdf
111. Evans, W. R., & Davis, W. D. (2005). High-performance work systems and organizational performance: The mediating role of internal social structure, Journal of Management, 31(5), 758-775.
112. Fadier, E., & De la Garza, C. (2006). Safety design: Towards a new philosophy. Safety Science, 44(1), 55-73, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2005.09.008>
113. Al Falah, K., Zairi, M., & Moneim Ahmed, A. (2003). The role of supply-chain management in world-class manufacturing: An empirical study in the Saudi context. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 33(5), 396-407.
114. Farr, J. V., & Brazil, D. M. (2009). Leadership skills development for engineers. Engineering Management Journal, 21(1), 3-8.
115. Finn, K. L. (1997). The Spaces Between: Toward a New Paradigm for Cooperative Education. Journal of Cooperative Education, 32(2), 36-45.
116. Fleming, J. (2014). Stakeholder perspectives of the influences on student learning. New Zealand Association for Cooperative Education, retrieved from <http://nzace.ac.nz/wp-content/uploads/2016/06/2014-christchurch.pdf>
117. Fliedner, G., & Mathieson, K. (2009). Learning Lean: A Survey of Industry Lean Needs, Journal of Education for Business, 84(4), 194-199.

118. Flumerfelt, S., & Banachowski, M. (2011). Understanding leadership paradigms for improvement in higher education, *Quality Assurance in Education*, 19(3), 224-247.
119. Flumerfelt, S., & Green, G. (2013). Using Lean in the Flipped Classroom for At Risk Students, *Educational Technology & Society*, 16(1), 356-366.
120. Flumerfelt, S., Alves, C. A., Leão, C. P., & Wade, D. L. (2016). What do organizational leaders need from lean graduate programming, *European Journal of Training and Development*, 40(5), 302-320.
121. Flumerfelt, S., Kahlen, F. J., Alves, A. C., & Siriban-Manalang, A. (2015). *Lean Engineering Education: Driving Content and Competency Mastery*, New York: ASME Press
122. Flynn, B. B., Schroeder, R. G. and Flynn, E. G. (1999). World Class Manufacturing: An Investigation of Hayes and Wheelwright's Foundation, *Journal of Operation Management*, 17(3), 249-269.
123. Fondacija Konrad Adenauer (2016). Dualno obrazovanje u Nemačkoj, i praksom i teorijom do struke, retrieved from http://serbien.ahk.de/fileadmin/ahk_serbien/Berufsbildung/Konrad_Adenauer_flayer/KAS_dualno_obrazovanje-nemacki_sistem.pdf
124. Freudenberg, B., Brimbel, M., & Cameron, C. (2011). WIL and generic skill development: The development of business students' generic skills through work-integrated learning. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 12(2), 79-93.
125. Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S. (Eds.). (2008). *A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice*. Routledge.
126. Fuchs, W. (2006). A Way to the International Comparability of Engineering Education, *IDEAS*, 13, 16-21.
127. Furco, A. (1996). Service-Learning and School-to-Work: Making the Connections. *Journal of Cooperative Education*, 32(1), 7-14.
128. Furlan, A., Vinelli, A., & Dal Pont, G. (2011). Complementarity and lean manufacturing bundles: an empirical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(8), 835-850.
129. Furuya, O., Bright, O., & Saika, T. (2008). English Curriculum in Global Engineer Education Program, *Journal of Japanese Society for Engineering Education*, 56(4), 421-426.
130. Galloway, P.D. (2008). *The 21st Century Engineer: A Proposal for Engineering Education Reform*, Virginia: ASCE Press
131. Garavan, T.N., & Murphy, C. (2001). The co-operative education process and organizational socialization: A qualitative study of student perceptions of its effectiveness. *Education+training*, 43(6), 281-302.
132. Gardner, P. D., & Perry, A. L. (2011). The role of cooperative and work-integrated education in graduate transition into the workplace. *International handbook for cooperative and work-integrated education: International perspectives of theory, research and practice*, 313-320.
133. Gharakhani, G. (2011): Identify and Ranking Obstacles of World Class Manufacturing Implementing by the Fuzzy Analytic Hierarchy Process, *International Journal of Economics and Management Sciences*, 1(5), 10-18.
134. Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of educational research*, 75(1), 27-61.

135. GIZ (2016). Kooperativno obrazovanje u Srbiji: primeri dobre prakse, dostupno na <http://www.kooperativnoobrazovanje.org/wp-content/uploads/2015/07/SR.pdf>
136. Goerke, M., & Gehrman, J. (2014). The Harada Method—A method for employee development during production ramp up. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 8(11), 3378-3383.
137. Goh, S., Coaker, W., & Thorpe, D. (2008). How engineers become CEOs: implications for education and training. In *Proceedings of the 9th Global Congress on Manufacturing and Management*. Queensland University of Technology.
138. Goriwondo, W.M., Mhlanga, S., & Mutsambwa, T. (2013). Agility for Sustainability in Zimbabwe: A Case Study for Manufacturing Companies in Bulawayo, *China-USA Business Review*, 12(1), 38-51.
139. Gotoh, F. (1991). *Equipment planning for TPM: maintenance prevention design*. Cambridge, MA: Productivity Press
140. Green, A., Leney, T., & Wolf, A. (1999). *Convergences and divergences in European education and training systems: a research project commissioned by the European Commission Directorate-General XXII*. Office for Official Publications of the European Communities.
141. Greenwood, P. (2007). Helping Small Businesses Survive the Skill Shortage - An Australian Perspective, *IDEAS*, 14, 17-25.
142. Groenewald, T., Drysdale, M., Chiupka, C., & Johnston, N. (2011). Towards a definition and models of practice for cooperative and work-integrated education. *International handbook for cooperative and work-integrated education*, 2, 18-24
143. Grubb, W.N., & Badway, N. (1998). *Linking School-Based and Work-Based Learning: The Implications of LaGuardia's Co-op Seminars for School-to-Work Programs*. CA: National Center for Research in Vocational Education
144. Grubb, W.N., & Villeneuve, J.C. (1995). *Co-operative Education in Cincinnati*, Berkeley. CA: National Center for Research in Vocational Education
145. Gruman, J. A., & Saks, A. M. (2011). Performance management and employee engagement. *Human Resource Management Review*, 21(2), 123-136.
146. GTAI (2014). Vocational Training “Made in Germany” Germany’s Dual System of Vocational Education and Training (VET), retrieved from <https://www.gtai.de/GTAI/Content/DE/Invest/SharedDocs/Downloads/GTAI/Sonstiges/blg--most-wanted--dual-vocational-training-in-germany-ppt--englisch.pdf?v=4>
147. Guest, D. (2002). Human resource management, corporate performance and employee wellbeing: Building the worker into HRM. *Journal of Industrial Relations*, 44(3), 335-358, <http://dx.doi.org/10.1111/1472-9296.00053>
148. Gunn, T.G. (1987): *Manufacturing for Competitive Advantage*, Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing Co
149. Haddara, M., & Skanes, H. (2007). A reflection on cooperative education: From experience to experiential learning. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 8(1), 67-76.
150. Haghighi, A. (2013). *Application of digital environments for learning factories: digital learning factories, review and discussion*, Master thesis, Sweden, Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, School of Industrial Engineering and Management,
151. Haleem, A., Sushil, Qadri, M. A., & Kumar, S. (2012). Analysis of critical success factors of world-class manufacturing practices: an application of interpretative structural modelling and interpretative ranking process. *Production Planning & Control*, 23(10-11), 722-734.

-
152. Hanushek, E. A. (2012). Dual Education: Europe's Secret Recipe?. CESifo Forum, 13(3), 29-34, Institut für Wirtschaftsforschung (Ifo).
 153. Hanushek, E. A. (2012). Dual Education: Europe's Secret Recipe?. In CESifo Forum 13(3), 29-34, München: ifo Institut–Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München.
 154. Harada, T., & Bodek, N. (2012). The Harada Method: the Spirit of Self-Reliance. https://www.hr.com/en/communities/the-harada-method-the-spirit-of-self-reliance_ha40ubwl.html
 155. Hassi, A., & Storti, G. (2011). Organizational training across cultures: variations in practices and attitudes, Journal of European Industrial Training, 35(1), 45-70.
 156. Haynes, A. (1999). Effect of world class manufacturing on shop floor workers, Journal of European Industrial Training, 23(6), 300-309.
 157. Hendry, L.C. (1998). Applying world class manufacturing to make-to-order companies: problems and solutions, International Journal of Operations and Production Management, 18(11), 1086-1100.
 158. Henry, P. (2001). E-learning technology, content and services. Education + Training, 43(4/5), 249-255.
 159. Hines, P., & Lethbridge, S. (2008). New Development: Creating a Lean University, Public Money & Management, 28(1), 53-56.
 160. Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. International Journal of Operations & Production Management, 24(10), 994-1011.
 161. Hooi, L. W., & Leong, T. Y. (2017). Total productive maintenance and manufacturing performance improvement. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 23(1), 2-21, <http://dx.doi.org/10.1108/JQME-07-2015-0033>
 162. Hosseini, S. S., Shirazi, A. M., Eshlaghy, A. T., & Mehran, M. H. (2012). A Comprehensive Model for Status Assessments' Gap Evaluation in the World Class Manufacturing - Based on Modifications' Development of ESCAP Approach. Management Science and Engineering, 6(3), 6-9.
 163. Imai, M. (2012). Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy. Second Edition. New York: McGrawHill.
 164. Bliem, W., Petanovitsch, A., & Schmid, K. (2016). Dual vocational education and training in Austria, Germany, Liechtenstein and Switzerland. Vienna; Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft (IBW).
 165. International Engineering Alliance (2009). Graduate Attributes and Professional Competencies, version 2, retrieved from <http://www.washingtonaccord.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies-v2.pdf>.
 166. Jahan, M., & Doggett, M. A. (2015). A Study on the Students' Perceptions of the Applicability of Lean Principles at Universities. In 122nd ASEE Annual Conference & Exposition: Making Value for Society, June (pp. 14-17).
 167. Japan International Cooperation Agency (2013). Study on Human Resources Development Projects in African Countries, retrieved from http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12087649.pdf
 168. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. Educational Researcher, 38(5), 365-379.
 169. Jollands, M., Jolly, L. & Molyneaux, T. (2012). Project-based learning as a contributing factor to graduates' work readiness. European Journal of Engineering Education, 37(2), 143-154.
-

-
170. Jones, M. P., Smith, R. R., & Callahan, R. N. (2010). Perspectives on How Academia is Keeping Pace with the Changing Needs of Manufacturing Professionals, *Journal of Industrial Technology*, 26(1), 1-10.
 171. Jong, M. S., Lee, J. H., & Shang, J. (2013). Educational use of computer games: where we are, and what's next. In *Reshaping Learning* (pp. 299-320). Springer, Berlin, Heidelberg.
 172. Kardos, G., & Smith, C. O. (1979, March). On writing engineering cases. In *Proceedings of ASEE National Conference on Engineering Case Studies* (pp. 42-50).
 173. Kaspura, A. (2013). *The Engineering Profession: A Statistical Overview*, Tenth Edition, Barton: Engineers Australia
 174. Kasul, R., & Motwani, J. (1995). Performance Measurement in World-Class Operations, *Benchmarking for Quality Management & Technology*, 2(2), 20-36.
 175. Kemény, Z., Nacsa, J., Erdős, G., Glawar, R., Sihm, W., Monostori, L., & Ilie-Zudor, E. (2016). Complementary research and education opportunities - a comparison of learning factory facilities and methodologies at TU Wien and MTA SZTAKI. *Procedia CIRP*, 54, 47-52.
 176. Kinni, T.B. (1996): *America's Best: Industry Week's Guide to Worldclass Manufacturing Plants*, New York: John Wiley & Sons
 177. Kodali, R. B., Sangwan, K. S., & Sunnapwar, V. K. (2004), Performance value analysis for the justification of world class manufacturing system, *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 3(1), 85-102.
 178. Kogi, K. (2012). Practical ways to facilitate ergonomics improvements in occupational health practice. *Human factors*, 54(6), 890-900, <https://doi.org/10.1177/0018720812456204>
 179. Korgal, R.V., & Badiger, A.S. (2016). Application of TPM in Engineering Education: literature overview, *International Journal of Science Technology and Management*, 5(1), 273-294.
 180. Koudahl, P.D. (2010). Vocational education and training: dual education and economic crises. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 1900-1905.
 181. Kreimeier, D., Morlock, F., Prinz, C., Krückhans, B., Bakir, D. C., & Meier, H. (2014). Holistic learning factories - A concept to train lean management, resource efficiency as well as management and organization improvement skills. *Procedia CIRP*, 17, 184-188.
 182. Ku, H., & Fulcher, R. (2007). The process of updating engineering management science in an Australian regional university excellence in developing e-learning. *European Journal of Engineering Education*, 32(5), 527-538.
 183. Laberge, M., MacEachen, E., & Calvet, B. (2014). Why are occupational health and safety training approaches not effective? Understanding young worker learning processes using an ergonomic lens. *Safety Science*, 68, 250-257, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.012>
 184. Laker, D. R., & Powell, J. L. (2011). The Differences between Hard and Soft Skills and Their Relative Impact on Training Transfer, *Human Resource Development Quarterly*, 22(1), 111-122.
 185. Lamancusa, J. S., Jorgensen, J. E., & Zayas-Castro, J. L. (1997). The learning factory - A new approach to integrating design and manufacturing into the engineering curriculum. *Journal of Engineering Education*, 86(2), 103-112.
 186. Landers, R. N. (2014). Developing a theory of gamified learning: Linking serious games and gamification of learning. *Simulation & Gaming*, 45(6), 752-768.
 187. Lang, J. D., Cruse, S., McVey, F. D., & McMasters, J. (1999). Industry expectations of new engineers: a survey to assist curriculum designers, *Journal of Engineering Education*, 88(1), 43-51.
-

188. Langer, T. (2011). *The application of Lean thinking for improving processes in higher education institutions: Evidence from three UK case studies*, Belfast: Queen's University
189. Lapiņa, I., Maurāne, G., & Stariņeca, O. (2014). Human resource management models: aspects of knowledge management and corporate social responsibility. *Procedia-social and behavioral sciences*, 110, 577-586.
190. Larman, C., & Vodde, B. (2009). *Lean primer*, retrieved from http://www.leanprimer.com/downloads/lean_primer.pdf
191. Larson, E.W., & Gray, C.F. (2015). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide*. Project Management Institute.
192. Leach, D. I, Wall, T. D., Rogelberg, S. G., & Jackson, P. R. (2005). Team autonomy, performance, and member job strain: Uncovering the teamwork KSA link, *Applied Psychology: An International Review*, 54(1), 1-24.
193. Lean u obrazovanju, <http://www.cimlss.rs/lean-u-obrazovanju/>
194. Leaver, M., & Reader, T. W. (2016). Human Factors in Financial Trading: An Analysis of Trading Incidents. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(6), 814-832, <http://dx.doi.org/10.1177/0018720816644872>
195. Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: what, how, Why Bother? Definitions and uses. *Exchange Organizational Behavior Teaching Journal*, 15(2), 1-5.
196. Lieux, E.M. (1996). A Comparative Study of Learning in Lecture vs. Problem-Based Format. *About Teaching*, 50, Center for the Effectiveness of Teaching and Learning, University of Delaware.
197. Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
198. Liker, J. K., & Meier, D. (2007). *Toyota talent*. New York, NY: McGraw-Hill.
199. Lind, J. (2001). Control in world class manufacturing - A longitudinal case study, *Management Accounting Research*, 12(1), 41-74.
200. Litzinger, T., Lattuca, L., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering Education and the Development of Expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123-150.
201. Lohman, M. C. (2002). Cultivating problem-solving skills through problem-based approaches to professional development. *Human Resource Development Quarterly*, 13(3), 243-261.
202. Lohmann, J. R., Rollins, H. A., & Hoey, J. J. (2006). Defining, developing and assessing global competence in engineers, *European Journal of Engineering Education*, 31(1), 119-131.
203. Lunce, L. M. (2006). Simulations: Bringing the benefits of situated learning to the traditional classroom. *Journal of Applied Educational Technology*, 3(1), 37-45.
204. Macuzic, I., Giagloglou, E., DJapan, M., Todorovic, P., & Jeremic, B. (2016). Occupational safety and health education under the lifelong learning framework in Serbia. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22(4), 514-522.
205. Maguad, B.A. (2007). *Lean Strategies for Education: Overcoming the Waste Factor*. *Education* 128(2), 248-255
206. Male, S. A. (2010). Generic engineering competencies: A review and modelling approach. *Education Research and Perspectives*, 37(1), 25-51.
207. Male, S. A., Bush, M. B., & Murray, K. (2009). Think engineer, think male? *European Journal of Engineering Education*, 34(5), 455-464.

-
208. Manesh, H. F., & Schaefer, D. (2010). Virtual learning environments for manufacturing education and training. *ASEE Computers In Education Journal (CIE)*.
 209. Marras, W. S., & Karwowski, W. (Eds.). (2006). *The Occupational Ergonomics Handbook: Interventions, Controls, and Applications in Occupational Ergonomics. (Second Edition)*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis
 210. Martin, G. R. (1997). A case study of student recruitment and educational implications for colleges considering mandatory co-op. *Journal of Cooperative Education*, 32(3), 96-101.
 211. Martin, R., Maytham, B., Case, J., & Fraser, D. (2005). Engineering graduates' perceptions of how well they were prepared for work in industry. *European Journal of Engineering Education*, 30(2), 167-180.
 212. Masai, P., Parrend, P., & Zanni-Merk, C. (2015). Towards a Formal Model of the Lean Enterprise. *Procedia Computer Science*, 60, 226-235.
 213. Maskell, B. H. (1991). *Performance measurement for world class manufacturing: A model for American companies*. CRC press.
 214. Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2013). On industrial learning and training for the factories of the future: a conceptual, cognitive and technology framework. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(3), 473-485.
 215. McAdam, R., & Henderson, J. (2004). Influencing the future of TQM: internal and external driving factors, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(1), 51-71.
 216. McCallum, B. A., & Wilson, J. C. (1988). They said it wouldn't work: A history of cooperative education in Canada. *Journal of Cooperative Education*, 24(2-3), 47-60.
 217. McGuire, D., & Jørgensen, K.M. (2011). *Human Resource Development: Theory and Practice*, London: SAGE Publications Ltd
 218. McKone, K. E., & Weiss, E. N. (1998). TPM: planned and autonomous maintenance: bridging the gap between practice and research. *Production and operations management*, 7(4), 335-351, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1937-5956.1998.tb00128.x>
 219. Meier, R. L., Williams, M. R., & Humphreys, M. A. (2000). Refocusing our efforts: assessing non-technical competency gaps. *Journal of Engineering Education*, 89(3). 377-385.
 220. Meister, D. (1999). *The History of Human Factors and Ergonomics*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
 221. Mesquita, D., Lima, R. M., & Flores, M. A. (2013). Developing professional competencies through projects in interaction with companies: A study in Industrial Engineering and Management Master Degree. In *Proceedings of 5th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2013): Closing the gap between university and industry* (pp. ID103-1).
 222. Mey, J. H. P. (2011). *The Impact of Implementing World Class Manufacturing on Company Performance: A Case Study of the Arcelor Mittal South Africa Saldanha Works Business Unit*, Doctoral Thesis, Stellenbosch: Stellenbosch University
 223. Millennium Project (2007). *Engineering for a Changing World: A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*, retrieved from <http://107.22.164.43/millennium/issues.html>
 224. Mitchell, S., Foulger, T. S., Wetzel, K., & Rathkey, C. (2009). The negotiated project approach: Project-based learning without leaving the standards behind. *Early Childhood Education Journal*, 36(4), 339-346.
-

-
225. Mohanty, A., & Dash, D. (2016). Engineering Education in India: Preparation of Professional Engineering Educators, *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 4(2), 92-101.
 226. Mohd-Yusof, K., Helmi, S. A., Phang, F. A., & Mohammad, S. (2015). Future Directions in Engineering Education: Educating Engineers of the 21st Century, *ASEAN Journal of Engineering Education*, 2(1), 8-13.
 227. Montgomery, J. C., Levine, L. O. (1996). *The Transition to Agile Manufacturing: Staying Flexible for Competitive Advantage*, Milwaukee, Wisconsin: ASQC Quality Press,
 228. Moore, M., Nash, M., & Henderson, K. (2007). *Becoming a Lean University. Best Practices of Southern Association of College and University Business Officers (SACUBO)*
 229. Morell, L. (2008, October). 5 Things Industry Can Do to Help Educate Better Engineers. In *Proceedings of the 7th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education*. retrieved from <https://luenymorell.files.wordpress.com/2010/12/morell-5-things-industry-can-do-to-help-educate-better-engrs1.pdf>
 230. Morse, A. (2014). *Evaluating the Impact of Lean on Employee Ergonomics, Safety, and Job Satisfaction in Manufacturing*, Doctoral dissertation, Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College
 231. Motohashi, K. (2005). University-industry Collaborations in Japan: The Role of New Technology-based Firms in Transforming the National Innovation System. *Research Policy*, 34(5), 583-594.
 232. Murino, T., Naviglio, G., Romano, E., Guerra, L., Revetria, R., Mosca, R., & Cassettari, L. C. (2012). A world class manufacturing implementation model. *Applied mathematics in electrical and computer engineering*, 978-1.
 233. Nagoya Institute of Technology (2016). National University Corporation. Bulletin 2016-2017. retrieved from <https://www.nitech.ac.jp/release/files/outline2016e.pdf>
 234. Nair, C. S., Patil, A., & Mertova, P. (2009). Re-engineering graduate skills - a case study, *European Journal of Engineering Education*, 34(2), 131-139.
 235. National Academy of Engineering (2004). *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*, Washington: The National Academies Press, retrieved from <https://inside.mines.edu/UserFiles/File/Assessment/Engr2020.pdf>
 236. National Association of Manufactures (2005). *Skills Gap Report - A Survey of the American Manufacturing Workforce*, retrieved from http://www.themanufacturinginstitute.org/~/.media/738F5D310119448DBB03DF30045084EF/2005_Skills_Gap_Report.pdf
 237. National Science Foundation (2007). *Moving Forward to Improve Engineering Education*, Arlington, Virginia, retrieved from <http://www.nsf.gov/pubs/2007/nsb07122/nsb07122.pdf>
 238. Needy, K. L., Norman, B. A., Bidanda, B., Ariyawongrat, P., Tharmmaphornphilas, W., & Warner, R. C. (2002). Assessing human capital: a lean manufacturing example. *Engineering Management Journal*, 14(3), 35-39.
 239. Nettleton, S. C., Litchfield, A. J., & Taylor, T. L. (2008). Engaging professional societies in developing work-ready graduates. In *Higher Education Research and Development Society of Australasia Annual Conference. HERDSA Conference, Rotorua, New Zealand*
 240. Nguyen, D. (1998). The essential skills and attributes of an engineer: a comparative study of academics, industry personnel and engineering students, *Global Journal of Engineering Education*, 2(1), 65-73.
 241. Nijhof, W.J., & Nieuwenhuis, L.F.M. (eds. 2008). *The learning potential of the workplace*. Rotterdam/Taipei: Sense Publishers
-

-
242. NTN Report (2015). retrieved from http://www.ntnglobal.com/en/investors/pdf/annual/ntn_report2015E.pdf
243. O'Sullivan, D., Rolstadas, A., & Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663-674.
244. Oakland, J.S. (2001). *Total Organizational Excellence: Achieving World Class Performance*, Oxford: Elsevier
245. Ogorodnyk, O., Granheim, M. V., & Holtskog, H. (2016). Preconditions for Learning Factory A Case Study. *Procedia CIRP*, 54, 35-40.
246. Oliver N., Delbridge R., Jones D., & Lowe J. (1994). World class manufacturing: Further Evidence in the Lean Production Debate, *British Journal of Management*, 5(Special issue), S53-S63.
247. Ostroff, C., & Kozlowski, S. W. (1993). The role of mentoring in the information gathering processes of newcomers during early organizational socialization. *Journal of vocational behavior*, 42(2), 170-183.
248. Palmer, S., & Hall, W. (2011). An evaluation of a project-based learning initiative in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 36(4), 357-365.
249. Palmer, S. (2002). An Evaluation of Undergraduate Engineering Management Studies, *International Journal of Engineering Education*, 13(3), 321-330.
250. Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20-28.
251. Parsons, C. K., Caylor, E., & Simmons, H. S. (2005). Cooperative Education Work Assignments: The Role of Organizational and Individual Factors in Enhancing ABET Competencies and Co-op Workplace Well-Being. *Journal of Engineering Education*, 94(3), 309-318.
252. Patil, A., & Codner, G. (2007). Accreditation of engineering education: review, observations and proposal for global accreditation, *European Journal of Engineering Education*, 32(6), 639-651.
253. Pennaforte, A., & Pretti, T. J. (2015). Developing the Conditions for Co-Op Students' Organizational Commitment through Cooperative Education. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 16(1), 39-51.
254. Pittschellis, R. (2015). Multimedia support for learning factories. *Procedia CIRP*, 32, 36-40.
255. Plorin, D., Jentsch, D., Hopf, H., & Müller, E. (2015). Advanced Learning Factory (aLF)–method, implementation and evaluation. *Procedia CIRP*, 32, 13-18.
256. Potnuru, R. K. G., Potnuru, R. K. G., Sahoo, C. K., & Sahoo, C. K. (2016). HRD interventions, employee competencies and organizational effectiveness: an empirical study. *European Journal of Training and Development*, 40(5), 345-365.
257. Pretti, T. J., Noël, T., & Waller, T. G. (2014). Evaluation of the effectiveness of an online program to help co-op students enhance their employability skills: A study of the University of Waterloo's professional development program (WatPD). Toronto: Higher Education Quality Council of Ontario.
258. Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
259. Prinz, C., Oberc, H., Kreimeier, D., Kuhlenkötter, B., Reuter, M., & Wannöffel, M. (2016). Learning Factory Concept to impart knowledge about engineering Methods as well as social science methods. *The Learning Factory. An Annual Edition from the Network of Innovative*
-

- Learning Factories, 13-16, retrieved from http://rubigm.ruhr-uni-bochum.de/Veroeffentlichungen/The_Learning_Factory-2.pdf
260. Quintana, C. D. D., Mora, J. G., Pérez, P. J., & Vila, L. E. (2016). Enhancing the development of competencies: the role of UBC. *European Journal of Education*, 51(1), 10-24.
261. Radnor, Z. J., & Bucci, G. (2011). Analysis of Lean Implementation in UK Business Schools and Universities, Association of Business Schools: London, retrieved from <http://www.york.ac.uk/admin/po/processreview/ABS%20Final%20Report%20final.pdf>
262. Radnor, Z. J., Walley, P., Stephens, A., & Bucci, G. (2006). Evaluation of the Lean Approach to Business Management and Its Use in the Public Sector, retrieved from <http://www.gov.scot/Resource/Doc/129627/0030899.pdf>
263. Radošević, M. (2013). *Lin u obrazovnim sistemima*, doktorska disertacija, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka
264. Radošević, M. (2014). "Lean" konceptom do "smart i green" univerziteta, XX Skup Trendovi razvoja: "razvojni potencijal visokog obrazovanja", Kopaonik, 24-27.02.2014.
265. Radošević, M., Baošić, M., Radičev, S., Ikonov, D., & Matić, B. (2011). Unapređenje visokog obrazovanja filozofijom Lean, XVII Skup TRENDVI RAZVOJA: "EVROPA 2020: društvo zasnovano na znanju", Kopaonik, 07-10.03.2011.
266. Rajae, N., Junaidi, E., Taib, S. N .L., Salleh, S. F., & Munot, M. A. (2013). Issues and Challenges in Implementing Outcome Based Education in Engineering Education, *International Journal for Innovation Education and Research*, 1(4), 1-9.
267. Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599.
268. Reeve, R. S. (2001). *Employers' guide to Work-Integrated Learning*. Boston: World Association for Cooperative Education.
269. Reio, T. G., & Sutton, F. C. (2006). Employer assessment of work-related competencies and workplace adaptation. *Human Resource Development Quarterly*, 17(3), 305-324.
270. Richards, L.G., Gorman, M., Scherer, W. T., & Landel, R. D. (1995). Promoting active learning with cases and instructional modules. *Journal of Engineering Education*, 84(4), 375-381.
271. Ricks, F., Cutt, J., Branton, G., Loken, M., & Van Gyn, G.H. (1993). Reflections on the Cooperative Education Literature. *Journal of Cooperative Education*, 29(1), 6-23.
272. Riemer, M. J. (2002). English and Communication Skills for the Global Engineer, *Global Journal of Engineering Education*, 6(1), 91-100.
273. Riggio, R. E., Kubiak, C., Taylor, S. J., & Neale, P. (1994). Evaluation of a cooperative education program with an emphasis in industrial/organizational psychology. *Journal of Cooperative Education*, 29(1), 59-66.
274. Rodríguez, D., Buyens, D., Landeghem, H., & Lasio, V. (2016). Impact of Lean production on perceived job autonomy and job satisfaction: An experimental study. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(2), 159-176, <https://doi.org/10.1002/hfm.20620>
275. Rosenberg, M. J. (2001). *E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age*. New York: McGraw-Hill.
276. Roth, A. V., Maruchek, A. S., Kemp, A., & Trimble, D. (1994). The Knowledge Factory for accelerated learning practices. *Planning Review*, 22(3), 26-46.
277. Royal Academy of Engineering (2007). *Educating Engineers for the 21st Century*, retrieved from <http://www.raeng.org.uk/publications/reports/educating-engineers-21st-century>

-
278. Rufai, A.U., Bin Bakar, A.R., & Rashid, A.M. (2015). Exploring Professional Work-Ready Graduate Attributes from the Employer Perspective, *International Journal of Education and Research*, 3(4), 143-158.
279. Sailaja, B., & Hemalatha, K. (2016). Innovative Teaching and Learning Process with Multidisciplinary Approach: an Illustration on Engineering Education. *Journal of Engineering Education Transformations*, Special Issue, Jan. 2016.
280. Saito, A., Saito, K., & Cho, F. (2012). *Seeds of Collaboration: Seeking the Essence of the Toyota Production System*. Monterey KY: Larkspur Press
281. Saito, K. (2006). Development of the University of Kentucky - Toyota Research Partnership: Monozukuri: PART I, *Energeia* 17(4), 1-3.
282. Saito, K., Salazar, A. J., Kreafler, K. G., & Grulke, E. A. (2011). Hitozukuri and Monozukuri: Centuries' Old Eastern Philosophy to Seek Harmony with Nature. *Interdisciplinary information sciences*, 17(1), 1-9.
283. Saito, K., Salazar, A. J., Kreafler, K., & Grulke, E. (2013). Hitozukuri and Monozukuri in Relation to Research and Development in Surface Coating. In *Automotive Painting Technology* (pp. 169-184). Netherlands: Springer
284. Salaheldin, I. S., & Eid, R. (2007). The implementation of world class manufacturing techniques in Egyptian manufacturing firms: an empirical study. *Journal of Industrial Management & Data Systems*, 107(4), 551-566.
285. Sandeep, R. K. A., & Panwar, N. (2016). Identification of barriers in implementation of World Class Manufacturing (WCM) Practices: A Literature analysis. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(5), 2363-2366.
286. Saritas, S., Ercan, Y., & Kesici, T. Cooperative Education in Turkey: A Case Study at TOBB ETU. *Mechanical Engineering*, 4(4), 4-4, retrieved from <http://www.waceinc.org/papers/madrid/Yucel%20Ercan%20and%20Tahsin%20Kesici.pdf>
287. Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 9-20.
288. Schaafsma, H. (1996). Reflections of a Visiting Co-op Practitioner. *Journal of Cooperative Education*, 31(2-3), 83-100.
289. Schonberger, R.J. (1986). *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*, New York: Free Press
290. Schreiber, S., Funke, L., & Tracht, K. (2016). BERTHA-a flexible learning factory for manual assembly. *Procedia CIRP*, 54, 119-123.
291. Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2000). *Operations management: Contemporary concepts and cases*. Burr Ridge, Illinois: Irwin/McGraw-Hill.
292. SEFI (2007). Biennial Report 2006-2007, retrieved from http://www.sefi.be/wp-content/uploads/SEFI_BIennial_report.pdf
293. Seth, D., & Tripathi, D. (2005). Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22(3), 256-277, <http://dx.doi.org/10.1108/02656710510582480>
294. Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149, [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
-

-
295. Sharma, G., & Sharma, P. (2010). Importance of soft skills development in 21st century curriculum, *International Journal of Education and Allied Sciences*, 2(2), 39-44.
 296. Sharma, M., & Kodali, R. (2008). Development of a Framework for Manufacturing Excellence, *Measuring Business Excellence*, 12(4), 55-60.
 297. Shirose, K. (1996). *TPM New Implementation Program in Fabrication and Assembly In*, Portland, Oregon: Productivity Press
 298. Shuman, L.J., Besterfield-Sacre, M., & McGourty, J. (2005). The ABET "Professional Skills" - Can They Be Taught? Can They Be Assessed? *Journal of Engineering Education*, 94(1), 41-55.
 299. Silva, L. C .S., Kovaleski, J. L., Gaia, S., Garcia, M., & de Andrade, P. P. J. (2013). Cost Deployment Tool for Technological Innovation of World Class Manufacturing, *Journal of Transportation Technologies*, 3(1), 17-23.
 300. Simons, N. (2013). The business case for Lean Six Sigma in higher education, *ASQ Higher Education Brief*, 6(3), 1-6.
 301. Singh, K., & Ahuja, I. S. (2015). An evaluation of transfusion of TQM - TPM implementation initiative in an Indian manufacturing industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(2), 134-153, <http://dx.doi.org/10.1108/JQME-04-2013-0017>
 302. Sinha, P., & Mishra, N.M. (2013). Applying Lean Thinking to Higher Education - A Strategy for Academic Excellence, *Indian Journal of Applied Research*, 3(10), 1-4.
 303. Sirvanci, M.B. (2004). Critical issues for TQM implementation in higher education, *The TQM Magazine*, 16(6), 382-386.
 304. Slotte, V., Tynjala, P., & Hytonen, T. (2004). How Do HRD Practitioners Describe Learning at Work?, *Human Resource Development International*, 7(4), 481-500.
 305. SME Group (2016). We do it LEAN...from Monozukuri to Hitozukuri. retrived from <https://sme-group.com/we-do-it-lean/>
 306. Smith, M., Brooks, S., Lichtenberg, A., McIlveen, P., Torjul, P., & Tyler, J. (2009). Career development learning: maximising the contribution of work-integrated learning to the student experience. Final project report June 2009. University of Wollongong, retrieved from www.ucd.ie/t4cms/cdc_academics_ALTC-report.pdf
 307. Snee, R.D. (2010). Lean Six Sigma - getting better all the time, *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9-29.
 308. Sohal, A.S., & Terziovski, M. (2000). TQM in Australian Manufacturing: Factors Critical to Success, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(2), 158-168.
 309. Sommaruga, L., & De Angelis, E. (2007). Competence-based blended learning in building automation: Towards a EU curriculum in 'Domotica.' *European Journal of Engineering Education*, 32(6), 675-685.
 310. Sovilla, E.S., & Varty, J.W. (2004). Cooperative education in the USA, past and present: Some lessons learned. In R.K. Coll & Eames (Eds.), *International handbook for cooperative education: An international perspective of the theory, research and practice of work-integrated learning* (pp. 3-16). Boston: World Association for Cooperative Education
 311. Stanton, N. A., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (Eds.). (2004). *Handbook of human factors and ergonomics methods*. Boca Raton, Florida: CRC press
 312. Stefanović, M., Mačužić, I., Aleksić, A., Đapan, M., & Nestić, S. (2011). Quality of university - enterprises cooperation: students, 5th International Quality Conference, Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac
-

-
313. Stone, K. B., Kaminski, K., & Gloeckner, G. (2009). Closing the gap: Education requirements of the 21st century production workforce, *Journal of Industrial Teacher Education*, 45(3), 5-33.
314. Stone, N. J. (2008). Human factors and education: Evolution and contributions. *Human factors*, 50(3), 534-539, <https://doi.org/10.1518/001872008X288466>
315. Stratton, T. D., Rudy, D. W., Sauer, M. J., Perman, J. A., & Jennings, C. D. (2007). Lessons from industry: one school's transformation toward 'lean' curricular governance, *Academic Medicine*, 82(4), 331-340.
316. Sungur, S., & Tekkaya, C. (2006). Effects of problem-based learning and traditional instruction on self-regulated learning. *The journal of educational research*, 99(5), 307-320.
317. Sustainability Report (2006). retrieved from <https://www.toyota-global.com/>
318. Suzuki, T. (1994). *TPM in process industries*. New York: Productivity Press
319. Svensson, C., Antony, J., Ba-Essa, M., Bakhsh, M., & Albliwi, S. (2015). A Lean Six Sigma program in higher education, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 951-969.
320. Taninecz, G. (2006). Lean on Campus: Lean Education Academic Network (LEAN) to Advance Lean in Academia, retrieved from http://www.lean.org/Lean_Education_Academic_Network.pdf
321. Thomas, A., Antony, J., Francis, M., & Fisher, R. (2015). A comparative study of Lean implementation in higher and further education institutions in the UK, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 982-996.
322. Tisch, M., Hertle, C., Cachay, J., Abele, E., Metternich, J., & Tenberg, R. (2013). A systematic approach on developing action-oriented, competency-based Learning Factories, *Procedia CIRP*, 7, 580-585.
323. Tomić, M., Spasenović, V., & Hebib, E. (2015). Dualni model srednjeg stručnog obrazovanja - primer Austrije. *Nastava i vaspitanje*, 64(1), 131-144.
324. *Training Within Industry Report: 1940-1945*, War Manpower Commission Bureau of Training, Training Within Industry Service, Washington, D. C.: September 1945
325. Tscharf, C., & Pinto, J. P. (2017). Lean Coaching: The Wheel of Life and the Harada Method. A New Approach from the "as is" to the "to be". 7th International Conference on Literature, Humanities, Fashion and Hospitality Management (LHFHM-17), Oct. 5-6, 2017 Paris (France)
326. Tsinidou, M., Georgiannis, V., & Fitsilis, P. (2010). Evaluation of the factors that determine quality in higher education: an empirical study, *Quality Assurance in Education*, 18(3), 227-244.
327. Turner, D., & Crawford, M. (1994). Managing current and future competitive performers: The role of competency, in G. Hamel and A. Heene (Eds.) *Competency-based competition: Strategic management series* (pp. 241-254), Chichester, England: Wiley
328. United Nations Development Programme (2013). *Human Development Report The Rise of the South: Human Progress in a Diverse World*, retrieved from http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/14/hdr2013_en_complete.pdf
329. Van Gyn, G., Branton, G., Cutt, J., Loken, M., & Ricks, F. (1996). An investigation of entry level characteristics between coop and non coop students. *Journal of Cooperative Education*, 32(1), 15-28.
330. Van Gyn, G.H. (1996). Reflective Practice: The Needs of Professions and the Promise of Cooperative Education. *Journal of Cooperative Education*, 31(2-3), 103-131.
-

-
331. van Hattum-Janssen, N., & Vasconcelos, R.M. (2007). Project led education in engineering courses: competencies to include. In International Conference on Engineering Education (ICEE 2007), Coimbra, Portugal.
332. Varty, J.W. (1994). Cooperative Education for the '90s and Beyond. *Co-op/Experience/Co-op*, 5(1), 10-11.
333. Vieira, L., Balbinotti, G., Varasquin, A., & Gontijo, L. (2012). Ergonomics and Kaizen as strategies for competitiveness: a theoretical and practical in an automotive industry. *Work*, 41(1), 1756-1762, <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0381-1756>
334. Visavateeranon, K. (2000). *Monozukuri Concept: The Art of Japanese Manufacturing*. Thai-Nichi Institute of Technology
335. Voss, C., Blackmon, K., Chase, R., Rose, B., & Roth, A.V. (1995). The competitiveness of European manufacturing - A four country study, *Business Strategy Review*, 6(1), 1-25.
336. Vukadinovic, S., Macuzic, I., Djapan, M., & Milosevic, M. (2018). **Early management of human factors in lean industrial systems**, *Safety Science*, In press, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.008>
337. Wagner, P., Prinz, C., Wannoeffel, M., & Kreimeier, D. (2015). Learning factory for management, organization and workers' participation. *Procedia CIRP*, 32, 115-119.
338. Wagner, U., AlGeddawy, T., ElMaraghy, H., & Mÿller, E. (2012). The state-of-the-art and prospects of learning factories. *Procedia CIRP*, 3, 109-114.
339. Wallen, M.R., & Pandit, A.S. (2009). Encouraging undergraduate engineering students towards civic engagement, *European Journal of Engineering Education*, 34(2), 141-148.
340. Waterbury, T. (2015). Learning from the pioneers: A multiple-case analysis of implementing Lean in higher education, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 934-950.
341. Weeber, M., Gebbe, C., Lutter-Günther, M., Böhner, J., Glasschroeder, J., Steinhilper, R., & Reinhart, G. (2016). Extending the scope of future learning factories by using synergies through an interconnection of sites and process chains. *Procedia CIRP*, 54, 124-129.
342. Welsh, E. T., Wanberg, C .R., Brown, K. G., & Simmering, M. J. (2003). E-learning: emerging uses, empirical results and future directions. *International Journal of Training and Development*, 7(4), 245-258.
343. Wessels, M. L., & Jacobsz, J. M. (2010). Views of industry and higher education on cooperative education in the Gauteng province of South Africa. *Journal for New Generation Sciences*, 8(3), 167-186.
344. Wiendahl, H. P., Harms, T., & Fiebig, C. (2003). Virtual factory design - a new tool for a co-operative planning approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 16(7-8), 535-540.
345. Wilson, J. W., Stull, W. A., & Vinsonhaler, J. (1996). Rethinking Cooperative Education. *Journal of Cooperative Education*, 31(2-3), 154-165.
346. Workplace Learning Policy - Implementation Details, retrieved from <https://www.det.nsw.edu.au/vetinschools/worklearn/worklearnpolicy.html>
347. Yamada, S., & Yoshida, K. (2016). Japanese Educational Aid in Transition: The Challenge to Transform from a Traditional Donor to a New Partner. In *Post-Education-Forall and Sustainable Development Paradigm: Structural Changes with Diversifying Actors and Norms*, *International Perspectives on Education and Society*, 29, 213-240.
-

-
348. Yamashina, H. (2000). Challenge to world-class manufacturing, *International Journal of Quality and Reliability Management*, 17(2), 132-143.
349. Yang, C. C., & Yang, K. J. (2013). An integrated model of the Toyota production system with total quality management and people factors. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 23(5), 450-461, <https://doi.org/10.1002/hfm.2033>
350. Yorkstone, S. (2013). Lean goes back to school, *Lean Management Journal*, 3(8), 24-28.
351. Yoshida, K. (2010). Japan's International Cooperation for Educational Development: Review of Prospects for Scaling up Japan's Aid to Education. UNESCO: EFA Global Monitoring Report 2010.
352. Zare, M., Croq, M., Hossein-Arabi, F., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2016). Does ergonomics improve product quality and reduce costs? A review article. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(2), 205-223, <http://dx.doi.org/10.1002/hfm.20623>
353. Zhao, S., Liu, G., & Hou, Q. (2014, January). The enlightenment of German higher education «Dual System» to the China's high education system. In *International Conference on Education Reform and Modern Management* (pp. 75-78).
354. Zivkosky, B., & Zivkosky J. (2007). Doing More with Less - Going Lean in Education, <http://www.leaneducation.com/whitepaper-DoingMoreWithLess.pdf>
355. Zokaei, K., Lovins, H., Wood, A., & Hines, P. (2014). Recapturing Monozukuri in Toyota's Manufacturing Ethos. retrived from <http://sloanreview.mit.edu/article/recapturing-monozukuri-in-toyotas-manufacturing-ethos/>
356. Zumrah, A.R., Boyle, S., & Fein, E.C. (2013). The Consequences of Transfer of Training for Service Quality and Job Satisfaction: An Empirical Study in the Malaysian Public Sector, *International Journal of Training and Development*, 17(4), 279-294.
357. Radnor, Z. J., & Boaden, R. (2008). Does lean enhance public services? Editorial. *Public Money & Management*, 28, 3-6.
358. Radnor, Z. (2010). Transferring lean into government. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(3), 411-428, <https://doi.org/10.1108/17410381011024368>
359. Womack, J . P., & Jones D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon and Schuster