

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**UVEDBA PAMETNE PROIZVODNJE PO PRIPOROČILIH
INDUSTRIJA 4.0: PRIMER PODJETJA ELISTEL**

Ljubljana, september 2016

JOŽE KANCILIJA

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Jože Kancilija, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Pogoji za uvedbo pametne proizvodnje v podjetje po priporočilih Industrija 4.0, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Borutom Rusjanom

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 7.9.2016

Podpis študenta:

KAZALO

UVOD	1
1 INDUSTRIJA 4.0.....	4
1.1 Industrijske revolucije	4
1.2 Slovenija v četrti industrijski revoluciji	7
1.3 Pametna tovarna	10
1.4 Pametna proizvodnja	13
1.5 Pametno proizvodno delo	18
1.6 Informacijska tehnologija in industrijska avtomatizacija.....	20
1.7 Podatki v oblaku.....	22
1.8 Izboljšave z uvedbo pametne proizvodnje	23
1.9 Ovire za uvedbo pametne proizvodnje.....	25
2 IZBOLJŠAVE V PROIZVODNEM PROCESU PODJETJA ELISTEL	26
2.1 Predstavitev podjetja Elistel	26
2.2 Poznavanje osnovnih priporočil Industrije 4.0 in povezanost s strategijo	27
2.3 Uvedba metod vitke proizvodnje	28
2.4 Sledenje globalnim tehnološkim trendom.....	29
2.5 Robotizacija in avtomatizacija delovnih mest.....	30
2.5.1 Združevanje delovnih operacij	30
2.5.2 Uvedba linijskega manipulatorja	31
2.5.3 Uvedba namenskega manipulatorja.....	33
2.5.4 Avtomatizacija ročnega dela.....	34
2.5.5 Investiranje v manjše robotizirane celice	35
2.6 Informacijska povezanost delovnih mest	36
2.6.1 Uvedba elektronskega spremnega lista.....	36
2.6.2 Poenotenje tehnoloških informacijskih sistemov	37
2.6.3 Linijska postavitev procesa.....	38
2.6.4 Nadgradnja univerzalne linije.....	39
2.6.5 Uvedba standardnega programskega vmesnika OIB.....	40
2.6.6 Investiranje v najsodobnejšo medsebojno informacijsko združljivo opremo...	41
2.7 Materialna sledljivost in sledljivost parametrov proizvodnega procesa	42
2.7.1 Procesna identifikacija materialov.....	42
2.7.2 Uvedba avtomatiziranih skladišč.....	43
2.7.3 Procesna identifikacija oznak na izdelkih.....	43
2.7.4 Programska podpora delovanju pametnih strojev	44
2.8 Kakovost proizvodnega procesa.....	46

2.8.1	Nadgradnje informacijskega sistema za obvladovanje kakovosti procesa.....	46
2.8.2	Sistem inovacij v proizvodnem procesu.....	47
3	ANALIZA PROIZVODNIH SISTEMOV	48
3.1	Analiza stanja v podjetjih.....	48
3.2	Rezultati analiziranih podjetij po državah ali področjih	50
3.3	Rezultati analiziranih podjetij po sklopih vprašanj.....	51
4	PREDLOGI Z OCENO STROŠKOV IN TERMSKIM PLANOM PO POSAMEZNIH SKLOPIH	60
4.1	Povezovanje podjetij	60
4.2	Linijska postavitev proizvodnih procesov	60
4.3	Investiranje v pametna znanja.....	61
4.4	Avtomatizacija in robotizacija ročnih delovnih operacij	61
4.5	Informatizacija proizvodnih procesov	61
4.6	Avtomatsko skladiščenje materiala in identifikacija izdelkov.....	62
4.7	Procesni parametri z uvedbo najsodobnejših naprav in programske opreme	64
4.8	Vizualizacija rezultatov informacijskega sistema SAP	65
	SKLEP.....	65
	LITERATURA IN VIRI.....	67
	PRILOGA	

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Skladnost delovanja podjetja s ključnimi priporočili Industrije 4.0.....	28
Tabela 2:	Primerjava stanja pred uvajanjem in trenutno stanje uvajanja metod vitke proizvodnje.....	29
Tabela 3:	Stanje uvedenih najnovejših tehnologij.....	30
Tabela 4:	Primerjava stanja pred in po uvedbi paralelnega programiranja in testiranja	31
Tabela 5:	Primerjava stanja pred in po uvedbi linijskega manipulatorja	32
Tabela 6:	Primerjava stanja pred in po uvedbi namenskega manipulatorja	33
Tabela 7:	Primerjava stanja obvladovanja ročnih delovnih operacij pred in po uvedbi informatizacije ročnega delovnega mesta	35
Tabela 8:	Primerjava stanja pred in po uvedbi robotskih celic	36
Tabela 9:	Primerjava stanja beleženja podatkov pred in po uvedbi elektronskega spremnega lista.....	37

Tabela 10: Primerjava stanja pred in po uvedbi tehnoloških matičnih podatkov v SAP informacijski sistem.....	38
Tabela 11: Primerjava stanja pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje namenske linije	39
Tabela 12: Primerjava stanja pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje univerzalne linije	40
Tabela 13: Primerjava stanja pred in po uvedbi programskega vmesnika OIB	41
Tabela 14: Primerjava stanja pred in po uvedbi investicije v najsodobnejše informacijsko medsebojno povezljivih naprav	42
Tabela 15: Identifikacija materialov	43
Tabela 16: Primerjava stanja pred in po uvedbi delne optimizacije identifikacijskih oznak na izdelkih.....	44
Tabela 17: Primerjava stanja procesnih parametrov pred in po uvedbi programskih aplikacij na pametnih strojih.....	45
Tabela 18: Primerjava stanja pred in po uvedbi nadgradnje informacijskega sistema SAP	47
Tabela 19: Primerjava stanja pred in po uvedbi sistema inovacij	48
Tabela 20: Povprečne ocene po sklopih vprašanj analiziranih podjetij.....	52
Tabela 21: Standardni odklon po sklopih vprašanj analiziranih podjetij	52
Tabela 22: Primerjava stanja pred in po uvedbi avtomatiziranih skladišč	63

KAZALO SLIK

Slika 1: Potek štirih industrijskih revolucij	4
Slika 2: Zahteve kupca (stranke)	9
Slika 3: 15 komponent pametne tovarne prihodnosti	11
Slika 4: Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost	18
Slika 5: Prepletanje informacijske tehnologije in industrijske avtomatizacije.....	20
Slika 6: Osnovni koncept računalništva v oblaku	22
Slika 7: Podatkovne baze v oblaku.....	23
Slika 9: Analiza rezultatov povprečnih ocen za analizirana podjetja.....	50
Slika 10: Analiza rezultatov standardnih odklonov za analizirana podjetja.....	51
Slika 11: Povprečna ocena prvega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	53

Slika 12: Povprečna ocena drugega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	54
Slika 13: Povprečna ocena tretjega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	55
Slika 14: Povprečna ocena četrtega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	56
Slika 15: Povprečna ocena petega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	57
Slika 16: Povprečna ocena šestega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	58
Slika 17: Povprečna ocena sedmega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih	59

UVOD

Opis problematike in predmet proučevanja. Industrijske revolucije so skozi stoletja močno vplivale na stopnjo razvoja gospodarstva. Velik vpliv imajo tudi gospodarske krize v posameznih dejavnosti in posameznih področjih. Zadnja finančno-gospodarska kriza je zaradi povezanosti finančnih trgov po izbruhu krize v Združenih državah Amerike (v nadaljevanju ZDA) povzročila hude negativne posledice za države Evropske unije, tudi za Slovenijo. Nemška vlada se je kot prva odzvala na krizno situacijo s priporočili pod naslovom Industrija 4.0, ki je pravzaprav strateška iniciativa za celotno gospodarstvo in služi kot vodilo za celotno Evropsko unijo in zunaj nje. Hermann, Pentek in Otto (2015, str. 6) vidijo Industrijo 4.0 kot sinonim za četrto industrijsko revolucijo, kjer se krepi moč informacijskih sistemov na eni strani, na drugi strani pa se krepi povezljivost naprav in različnih industrijskih platform s ciljem ustvariti čim boljše preglednost nad delovanjem sistemov in s tem možnost čim višje stopnje obvladovanja sistema. V teh procesih operater ni več operater sistemov, ampak večinoma skrbi za odločanje v primeru kompleksnejših dogodkov v procesu. Skupni imenovalac procesov pa je čim višja stopnja avtomatizacije in robotizacije procesov.

Glede na izpostavljeno problematiko je Gospodarska zbornica Slovenije pripravila sveženj ukrepov kot strateško vizijo rasti in razvoja pod imenom Agenda 46+ (Gospodarska zbornica Slovenije, 2013, str. 1-4), kasneje je Služba vlade republike Slovenije za razvoj in kohezijsko politiko Republike Slovenije pripravila dokument Strategija pametne specializacije (2014, str. 9-38), iz česar izhajajo priporočila SI_industrija 4.0 za pametna podjetja. Gospodarska zbornica Slovenije (2015, str. 1) je glede na podana izhodišča Nemčije za Industrijo 4.0 in ZDA kot Koalicijo voditeljev za pametno industrijo izdala izhodišča za Industrijski manifest 2015 pod naslovom Slovenija 5.0. Mnogi poznavalci ocenjujejo, da bo veliko napisanega, podjetja pa bodo morala pot do pametne proizvodnje tlakovati sama (Koren, 2015).

Klasična proizvodnja se bo morala izredno hitro prilagoditi zaradi krajšega življenjskega cikla izdelkov narejenih po željah kupcev, globalne konkurenčnosti in visokih standardov kakovosti. Pri tem bodo morala podjetja obvladovati prilagodljivost proizvodnih virov paleti izdelkov, lokacijo proizvodnje, modularnost opreme, brezžično upravljanje in nadzor preko pametnih komunikacij, uporabo senzorjev za določevanje lokacije izdelkov in statusov procesa, podatki iz procesa pa niso več organizirani hierarhično, ampak se umeščajo v podatkovne baze glede na čas nastanka (Zühlke, 2014, str. 9). Pametna proizvodnja pomeni visoko stopnjo avtomatizacije proizvodnje, povezovanje podatkov in podatkovnih baz preko Interneta, tehnologije podatkov v oblaku (nem: *Cloud Technologien*) in tridimenzionalno tehnologijo proizvodnje predvsem v procesu razvoja izdelka (Sigmar, 2015, str. 8-9). Posebnega pomena je povezava med institucijami in gospodarstvom (MacDougall, 2014, str. 16-37). Analiza domačih in tujih podjetij naj bi pokazala, kje se podjetje Elistel pravzaprav trenutno nahaja, kje so največja odstopanja.

Ime podjetja Elistel je izmišljeno, vse analize, primeri in predlogi pa se nanašajo na realno stanje proizvodnega podjetja. Slednje je v zadnjem obdobju treh let uvedlo kar nekaj projektov, ki podjetje približujejo statusu pametne proizvodnje. Projekti pripadajo posameznim delom proizvodnega procesa in so po vsebini investicije v informacijsko povezljivo opremo in lastno razviti sistemi avtomatizacije, korak naprej pa je narejen tudi pri informacijski podpori, kjer je razkorak do pametne proizvodnje še največji.

Podjetje Elistel potrebuje strategijo razvoja proizvodnega procesa za obdobje od leta 2016 do 2020, ki ga podpira vodstvo podjetja in zagotavlja tako finančna sredstva kot tudi kadrovske podpore predlogom. V tem smislu se zelo izpostavlja inovativnost na področju pametnih in inteligentnih računalniških metod (Zongwei, Deshpande, Base, Li & Chen, 2014, str. 285). Fleksibilni proizvodni sistem naj bi tako podjetju prinesel krajše čase izdelave, nižje cene na proizvedene izdelke, večjo produktivnost in izkoriščenost strojev, izboljšano kakovost, večjo zanesljivost, manjše stroške vzdrževanja, nadgradnje CAD/CAM (angl. *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*) postopkov in krajše dobavne roke (Rashmi, Rajendra, Roshin, Pothan & Rohit, 2014, str. 18). Takšen pristop pa podjetje potrebuje, če želi identificirati vse prihranke, ki jih prinaša pametna proizvodnja (Lauber, 2016, str. 6).

Namen magistrskega dela. Namen magistrske naloge je konkretno prikazati uporabo smernic Industrije 4.0 za področje pametne proizvodnje in za obravnavano podjetje določiti možne korake, da bi proizvodni procesi podjetja Elistel v predvidenem času dosegel raven pametne proizvodnje.

Cilji magistrskega dela. Cilji magistrskega dela so identificirati priporočila za uvedbo pametne proizvodne, analizirati stanje izbranih slovenskih in tujih podjetij in ga primerjati s podjetjem Elistel, in razpoznati učinke nekaterih že realiziranih projektov v povezavi s pametno proizvodnjo, da bi lahko dosegli osnovo za namen te magistrske naloge.

Temeljna teza. Razvoj industrije v prihodnjih letih temelji v osnovi na avtomatizaciji, robotizaciji, modularnosti, informatizaciji in uporabi pametnih naprav za dostopnost do procesov od povsod in ob kateremkoli času, povezovanju podjetij in iskanju najboljših rešitev. Zato v tem magistrskem delu postavljam naslednje teze, na katere iščem odgovore:

- Podjetja, ki se ukvarjajo s podobno dejavnostjo kot obravnavano podjetje Elistel, v proizvodno področje vključujejo temeljne dejavnosti, ki vodijo podjetja v smeri priporočil Industrija 4.0 za pametno proizvodnjo.
- Obravnavano podjetje Elistel potrebuje strategijo razvoja proizvodnega področja do leta 2020, če želi obdržati korak s proizvodnimi podjetji na slovenskem in nemškem področju.

Opredelevanje metode in strukture dela. Pri pripravi za izdelavo magistrske naloge bom koristil domačo in tujo strokovno literaturo, članke, standarde, priporočila izdana s strani vlade in posebnih skupin, strokovnih člankov strokovnjakov s področja, ki je predmet tega magistrskega dela, ter dokumente obravnavanega podjetja.

V teoretičnem delu magistrsko delo temelji na zbiranju podatkov o priporočilih Industrije 4.0 kot četrte industrijske revolucije. Iz strokovne literature razberem, kakšne so zahteve za prehod iz sedanje tehnološke organiziranosti proizvodnega podjetja, ki ima že uvedene nekatere ali vsaj ključne mehanizme vitke proizvodnje, proti organiziranosti pametne proizvodnje. Pri opredelitvi pametne proizvodnje na osnovi študij opredeljujem, katere so pogoji za doseganje statusa pametne proizvodnje, kam je potrebno usmeriti aktivnosti in kakšne so vsebinske koristi.

Na osnovi izvedenega anketiranja sodelavcev ter nekaterih strokovnjakov iz sorodnih podjetij izdelam analizo poznavanja problematike v podjetju Elistel in nato primerjam poznavanje problematike z drugimi podjetji. Najvažnejše pri tem pa je, da z anketiranjem pridobim informacije o že izvedenih ali pa planiranih aktivnostih drugih podjetij v povezavi z usmeritvami, ki jih okvirno opredeljujejo smernice Industrije 4.0 za področje pametne proizvodnje.

V praktičnem delu magistrskega dela analiziram trenutno stanje proizvodnje podjetja glede na znanje pridobljeno s študijem teoretičnega dela tega magistrskega dela. Pri primerjavi trenutnega stanja in podajanju rešitev uporabljam tudi lastne dolgoletne izkušnje. Pri primerih izboljšav procesov v smeri delovanja pametne proizvodnje izbiram tipične procese in delovne operacije, kjer podjetje delno ali pa že izvaja korake v pravi smeri in pa tipične procese, kjer ima podjetje še velike potenciale.

V uvodnem delu magistrskega dela opisujem problematiko, ki je predmet proučevanja, opredelim namen in cilj ter metodologije dela. V teoretičnem delu magistrskega dela opredelim, kaj je pravzaprav Industrija 4.0 in kako je slednja povezana s proizvodnjo prihodnosti oziroma pametno proizvodnjo. Drugi praktični del zajema analizo stanja v podjetju kot prvi sklop, primerjavo trenutnega stanja v podjetju z nekaj podjetji v panogi kot drugi sklop, kot tretji sklop pa navajam predloge za približevanje pametni proizvodnji.

V zaključku magistrskega dela podajam ugotovitve, ki utemeljujejo hipoteze opredeljene kot izhodišča tega magistrskega dela.

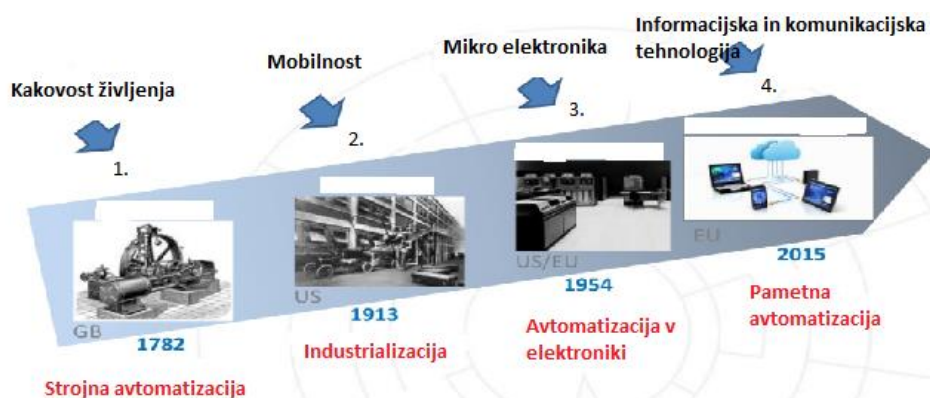
1 INDUSTRIJA 4.0

1.1 Industrijske revolucije

Industrija 4.0 je namenjena povezovanju industrije za doseganje maksimalne konkurenčnosti na trgu in s tem prevzem večjih tržnih deležev, hkrati pa tudi izpolnjevanju zahtev posameznih zahtevnih kupcev. Usmeritve, ki jih promovira Industrija 4.0, imajo za gospodarstvo izredno velik pomen. Če se vsebinsko Industrija 4.0 smatra kot četrta industrijska revolucija in pametna proizvodnja ena od njenih ključnih usmeritev, potem tema zahteva vključitev čim širšega okolja, genije in veliko poguma, če hočemo stvari usmeriti k novim ciljem. Immelt (2016, str. 1) misel dopolnjuje s prisposodbo, da če smo šli včeraj spat kot industrijsko podjetje, se bomo zjutraj zbudili kot programsko in analitsko podjetje, ki je med seboj povezal mišljenje in stroje. To pa pomeni združitev desetletja izkušenj pri graditvi inovativnih strojev in akademskega znanja. Industrija 4.0 pravzaprav korenito posega v družbeno ureditev.

Vsaka industrijska revolucija prinaša velike spremembe v družbi, v podjetja pa večjo stopnjo kompleksnosti procesov, kar prikazuje Slika 1. Prva industrijska revolucija pomeni uvedbo strojev v proizvodne procese konec 18-tega stoletja. Povzročila je kasnejšo uvedbo masovne proizvodnje v začetku 19-tega stoletja kot druga industrijska revolucija. Uvedba elektronske in informacijske tehnologije v sredini 60-ih let prejšnjega stoletja pomeni tretjo industrijsko revolucijo. Obsežen in skokovit razvoj internetnih tehnologij pa štejemo kot četrto industrijsko revolucijo, kar simbolizira izraz Industrija 4.0. Pri tem naj bi pametna podjetja temeljito spremenila proizvodne procese, pri čemer bi preko informacijskih sistemov vse procese smiselno povezala, enako pa seveda tudi naprave znotraj procesa. Pri tem se procesi obvladujejo samostojno, enako pa izvajajo tudi aktivnosti za doseganje ustrezne kakovosti procesov. S tem se omogoča pametni proizvodnji proizvodnja manjših serij izdelkov po individualnih zahtevah trga brez posebnih dragih posegov v procese.

Slika 1: Potek štirih industrijskih revolucij



Vir: Povzeto in prirejeno po D. Zühlke, *Industry 4.0 the German vision for advanced manufacturing*, 2014, str. 8.

Industrija 4.0 je strateška iniciativa za celotno gospodarstvo, ki jo promovira Nemčija in služi kot vodilo za celotno Evropsko unijo in zunaj nje. Hermann et al. (2015, str. 6) po več avtorjih povzema imena za četrto industrijsko revolucijo in sicer za nemško govorno področje in okolje okoli nje je ime Industrie 4.0, General Electric promovira isto idejo pod imenom Industrial Internet, ZDA kot Advanced Manufacturing, Kitajska, Indija in Rusija imajo večletne plane. Uporabljajo pa se še izrazi kot Integrated Industry in Smart Industry. Industrija 4.0 je sinonim za četrto industrijsko revolucijo, kjer se krepi decentralizacija procesne moči informacijskih sistemov na eni strani, na drugi strani pa se krepi povezljivost naprav in različnih industrijskih platform s ciljem ustvariti čim boljše preglednost nad delovanjem sistemov in s tem možnost čim višje stopnje obvladovanja sistema. Seveda pa v teh procesih operater ni več operater sistemov, ampak večinoma skrbi za odločanje v primeru kompleksnejših dogodkov v procesu. S stališča pametne proizvodnje ima Industrija 4.0 naslednje ravni, ki jih opisujem v nadaljevanju:

- Prva raven je sama Industrija 4.0.
- Druga raven Industrije 4.0 so pametne tovarne.
- Tretja raven Industrije 4.0 so pametne proizvodnje v okviru pametnih tovarn.
- Četrta raven Industrije 4.0 je pametno delo v okviru pametne proizvodne in institucij.

Helbig (Kagermann et al., 2013, str. 18) vizijo Industrije 4.0 opredeljuje kot del pametnega in povezujočega sveta, ki v industrijsko in socialno okolje prinaša internet stvari in storitev (angl. *Internet of Things and Services*). Da bi se Industrija 4.0 uspešno uveljavila, je potrebno v aktivnosti raziskav in razvoja vključiti industrijo na osmih ključnih področjih:

- Več različnih podjetij se povezuje in integrira po enakih standardih.
- Izdelki in proizvodni sistemi postajajo vedno bolj kompleksni, zato je za obvladovanje nujen razvoj metod in orodij.
- Globalna infrastruktura komunikacijskih povezav mora biti dostopna, zmogljiva in zanesljiva.
- Dostop do podatkov in informacij mora biti varen.
- Organizacija dela se popolnoma spreminja, pri čemer zaposleni dobijo večjo odgovornost.
- Usposabljanje zaposlenih naj temelji na novi strategiji razvoja znanja kot je mreženje dobrih praks in digitalnih metod učenja.
- Proizvodni in poslovni procesi se prepletajo, kar pomeni v začetni fazi prilagajanje standardov in končno poenotenje standardov delovanja entitet Industrije 4.0.
- Pri produktivnosti in učinkovitosti virov je potrebno upoštevati investiranje v dodatne vire in prihranke, ki jih slednji prinašajo.

Zühlke (2014, str. 6) zagotavlja, da ima Industrija 4.0 vpliv na celotni življenjski cikel proizvodnega procesa in izdelka (angl. *Product Life Cycle*), torej skozi vse faze od

načrtovanja izdelka do kupca. Ključna rdeča nit je izkoriščanje storitev v oblaku, kamor so povezane vse faze procesa:

- Načrtovanje izdelka izkorišča načrtovalska orodja, baze materialov in dobaviteljske verige (angl. *Product Life Management*, v nadaljevanju PLM).
- Planiranje aktivnosti koristi različne informacijske sisteme za obvladovanje delovanja podjetja (angl. *Enterprise Resource Planning*, v nadaljevanju ERP).
- Proizvodnja uporablja informacijski sistem, ki omogoča detajlni vpogled v trenutno dogajanje na operativni ravni proizvodnega procesa (angl. *Manufacturing Executive System*, v nadaljevanju MES). S tem se izvaja celotni nadzor nad proizvodnimi viri.
- Spremembe procesa in izdelka se izvaja preko informacijskega sistema sprememb (angl. *Change Management*).
- Transport materiala in končnih izdelkov je odvisen od dobre organizacije storitev transporta.
- Analiza vseh podatkov v oblaku omogoča preglednost vsem deležnikom procesa in kar je najpomembnejše tudi kupcem.

Majcen (2016, str. 43-44) v svoji raziskavi na področju Telekomunikacij in informacijske tehnologije pravi, da je do leta 2020 potrebno izpolniti več pogojev na področju razvoja, inovacij in gospodarskih procesov. Med temi določa štiri glavna področja kot so nastajajoče inovativne poslovne rešitve, interaktivne inovativne tehnologije, združevanje in dostava inovativnih tehnologij in infrastruktura inovativnih tehnologij. Vsaka strategija podjetja bo morala vsebinsko opredeliti naloge posameznega navedenega področja.

Helbig (Kagermann et al., 2013, str. 19) pametno tovarno opredeljuje kot del interneta stvari in storitev, pod katero pa sodi še pametna mobilnost, pametna logistika, pametne zgradbe, pametni izdelki in pametne povezave. Kagermann et al. (2013, str. 5-7) menijo, da naj bi se v prihodnosti vzpostavilo globalno mreženje, ki naj bi vključilo pametne stroje, skladiščne sisteme in proizvodne zmogljivosti pod okriljem virtualnega in fizičnega sistema (angl. *Cyber-Physical Systems*, v nadaljevanju CPS). S tem naj bi omogočili avtonomno izmenjavo informacij, proženje aktivnosti in neodvisni nadzor. Pametne tovarne omogočajo izpolnitev zahtev individualnih kupcev. Velik izziv pametnih tovarn je optimizacija odločanja in uporaba novih poslovnih modelov. Izboljšave naj bi zajemale proizvodne procese, inženiring, uporabljene materiale in dobaviteljsko verigo ter management življenjskega cikla. Pri tem naj bi pametne tovarne uporabile nov pristop k proizvodnji. Pametni izdelki naj bi imeli unikatne identifikacijske kode in s tem stalno poznano lokacijo in lastno zgodovino, trenutno stanje in alternativno pot do zelenega stanja.

Burgbacher (Kagermann et al., 2013, str. 31-32) meni, da naj bi bili znotraj pametnih tovarn pametni proizvodni procesi vertikalno povezani s poslovnimi procesi, horizontalno

pa preko celotnega proizvodnega procesa od začetka delovnega naloga do izhoda izdelka iz tovarne. Vertikalna povezava pomeni spremembo proizvodnega procesa in informacijskih povezav glede na trenutne potrebe po vnaprej pripravljenih scenarijih. Horizontalno povezovanje pa pomeni dolgoročno razvijanje zaposlenih, zaupanje, zaščito intelektualne lastnine in standardizacijo strategij. Bistvenega pomena pri pametni proizvodnji pa je fleksibilnost, kar pomeni omogočiti izvedbo zahtev ali sprememb individualnih kupcev v zadnjem hipu (angl. *last minute changes*). Velik izziv pametnih proizvodenj je tako produktivnost in učinkovitost proizvodnih virov, med katerimi je ključno pametno proizvodno delo. Vsi proizvodni viri naj bi bili integrirani z informacijskimi in komunikacijskimi tehnologijami, kar imenujemo pametne proizvodne tehnologije (angl. *smart production technology*).

Schütte (Kagermann et al., 2013, str. 50-65) opredeli pametno delo kot drastično transformacijo vsebine dela, delovnih procesov in delovnega okolja. Transformacija pomeni, da se bo zahtevnost do zaposlenih zvečala glede na kompleksnost procesa, zahteva se večja samoiniciativnost, poznavanje informacijskih in komunikacijskih tehnologij, večja se stopnja avtonomije in s tem možnost samostojnega razvoja, zahteva se visoka stopnja prilagodljivosti in samostojnosti pri odločanju. Pametno delo se organizira v strukturi, ki se stalno spreminja, poleg tega pa se v proizvodne procese uvaja virtualni svet strojev in procesov, kar za zaposlene pomeni stalni profesionalni osebni razvoj (angl. *Continuing Professional Development - CPD*). Ker bodo pametni stroji delovali v oblaku, se del pametnega proizvodnega dela odvija preko podatkovnega dostopa v oblaku (angl. *cloud based telepresence platform*). Za razvoj pametnega dela je pomembno tesno sodelovanje z razvojno - raziskovalnimi institucijami, kar naj bi v pametno delo stalno vnašalo nove pristope. Pametno delo lahko izvajajo visoko strokovni kadri s področja informacijske in komunikacijske tehnologije in z znanjem tehničnih ved (angl. *knowledge workers*).

1.2 Slovenija v četrti industrijski revoluciji

Slovenija uvaja spremembe povezane s četrto industrijsko revolucijo pod naslovom Strategija pametne specializacije Republike Slovenije. Služba vlade republike Slovenije za razvoj in kohezijsko politiko (2014, str. 9-38) sistem razdeli na dva stebra in sicer na podjetniško inovacijski ekosistem in na verige in mreže vrednosti. V drugi steber poleg pametnih zgradb in domov, pametnih mest in skupnosti, zdravja ter pametne rabe virov sodi še SI_ndustrija 4.0. SI_ndustrija 4.0 določa smernice za vzpostavitev pametnih tovarn. Slednja v poslovno-komercialnem smislu od ponudnikov rešitev zahteva različne modele dostopa do izdelkov ali storitev, celovit sveženj razvoja in vzdrževanja izdelkov tudi s sodelovanjem zunanjih deležnikov v zvezi z odprtim inoviranjem. V tehnično-tehnološkem smislu pa SI_ndustrija 4.0 pomeni uvajanje sistemov upravljanja na daljavo, vzpostavljanje virtualnih tehnoloških proizvodnih sistemov, uvajanje senzorskih sistemov, ki omogočajo spremljanje in upravljanje na daljavo, modularnost izdelkov in rešitev ter uporabo inteligentnih materialov in sistemov, ki zmanjšujejo potrebe po vzdrževanju.

Gospodarska zbornica Slovenije (2015, str. 1) je glede na podana izhodišča Nemčije za Industrijo 4.0 in ZDA kot Koalicijo voditeljev za pametno industrijo izdala izhodišča za Industrijski manifest 2015 pod naslovom Slovenija 5.0, kjer ugotavlja, da ima Slovenija prihodnost le z moderno, razvojno naravnano industrijo in seveda kot ključno vprašanje izpostavlja, kako povečati mednarodno konkurenčnost Slovenije. Fortunat Šircelj (2016, str. 11-12) v Elektrotehniški reviji v članku Kaj nas naredi uspešne navaja razpoložljiva evropska finančna sredstva v obdobju 2014 do 2020 v vrednosti več kot 3 milijarde evrov (v nadaljevanju EUR), ki so namenjena razvoju novih izdelkov in storitev, širjenju poslovanja, raziskavam, inovacijam in razvoju kadrov. Koren (2015) v oddaji Točka preloma s svojimi sogovorniki dr. Jakličem, g. Mačkoškom, g. Korošcem in g. Zornom pa ugotavlja naslednje:

- Industrijski manifest pod naslovom Slovenija 5.0 naj bi opredeljeval konkretne aktivnosti slovenskega gospodarstva, vendar obstaja velika skepsa, da bo ostalo zgolj pri besedah. Nemško gospodarstvo z veliko podporo vlade že nekaj let konkretno dela v smeri Industrija 4.0, Slovenija pa šele pripravlja strateške dokumente.
- Slovenija se kot del Evropske unije že v naslovu Slovenija 5.0 diferencira od ostale Evrope. Dr. Jaklič posebej poudarja čim tesnejšo povezanost z nemškim gospodarstvom, uvedbo novih tehnologij in novih znanj.
- Do leta 2025 naj bi bilo 80% digitaliziranih podjetij. Zato nemška vlada pod vodstvom ga. Merklove in nemško gospodarstvo vlagata v razvoj pametnih podjetij in pametnih izdelkov enormno veliko denarja.
- Podjetja svoje dejavnosti iz Kitajske selijo nazaj na domače lokacije in druge proizvodni industriji bolj prijazne lokacije kot so Indija, Malezija, Mehika, Indonezija in Vietnam. Podjetja naj bi tako v bodoče s svojimi izdelki pokrivalo lokalne potrebe, pri čemer bi se izognila visokim stroškom transporta, s transportom povezane izgube časa dostave do kupca, vzpostavila enako kakovost in primerljivo usposobljenost kadrov neodvisno od lokacije proizvodnje.

Glede povezanosti slovenskih podjetij g. Tomašič (2016) v televizijski oddaji Hobotnica s sogovornikom g. Snežičem ugotavlja, da je navezanost manjših podjetij na recimo Revoz dokaj veliko, da pa je povezanost globalno poznanih slovenskih podjetij kot so na primer Hidria in Kolektor pravzaprav nično. To pa v globalnem smislu pomeni, da oba izgubljata na prepoznavnosti in konkurenčnosti. Mnogi slovenski gospodarstveniki mislijo, da je za sistemski pristop k povezovanju še dovolj časa.

Ključnega pomena v bodoče bodo zahteve trga, konkretno pa zahteve individualnih kupcev. Rommens (Viscom & Rommens, 2012, str. 3) ugotavlja, da bo kupec ob nakupu najsodobnejših naprav za proizvodnjo prihranil na času, na stroških in na izboljšani kakovosti izdelkov. Kot največjo vrednost pa navaja miren spanec, saj kupcem lahko dobavljajo izdelke brez napak. Sposobnost podjetij, da pridobijo tržni delež na ciljnih trgih, je pogojena s kombinacijo ključnih dejavnikov kot so cene, stroški, kakovost, inovacije,

intelektualna lastnina, osredotočenost na kupca in hitrost odziva (Drnovšek & Prodan, 2005, str. 179). Hrovat (2001, str. 50) podrobno opredeljuje odnose do kupcev in njihove zahteve kot to prikazuje Slika 2. Poudariti velja, da bodo kupci v vse bolj globaliziranem trgu vse bolj zahtevni, ovira pa ne bodo niti komunikacije, niti transport.

Slika 2: Zahteve kupca (stranke)



Vir: M. Hrovat, *Nova doba trženja – obvladovanje odnosov s strankami ali CRM*, 2001, str. 50.

Še posebno v računalniški in avtomobilski industriji globalna proizvodna podjetja veliko delajo na e-poslovanju, predvsem pa na naročilih preko Interneta. S tem se hitro oddaljujejo od tradicionalnih proizvodnih podjetij, ki niso sposobna hitrega prilagajanja proizvodne po zahtevah kupcev, odzivnost od naročila do dobave je predolga. Marek proizvodnjo filozofijo vidi še vedno kot dati kupcu pravi izdelek ob pravem času in pravi količini (Marek, Elkins, & Smith, 2001, str. 921).

Končni kupci od celotne dobaviteljske verige pričakujejo, da bodo izpolnjena ali celo presežena njihova pričakovanja. Prav razvoj elektronske industrije lahko zadovolji potrebe današnjih kupcev, ki se vse bolj usmerjajo k pametnim storitvam in pametnim izdelkom (Borlase, 2013, str. 17). Mahle Letrika (2013, str. 5) v svojem Priročniku za dobavitelje poudarja, da so za izpolnitev zahtev kupcev potrebni konkurenčni, zanesljivi in inovativni dobavitelji, ki so predani skupnim ciljem. Zato je vizija takšnih podjetij narediti pravilno prvič, narediti pravilno vsakokrat in neprestano izboljševanje.

1.3 Pametna tovarna

Tradicionalna proizvodna podjetja bodo do leta 2020, najmanj pa do leta 2025 postala preteklost, ker njihovi procesi in posledično izdelki preprosto ne bodo več konkurenčni (Zühlke, 2014, str. 9). Na njihov življenjski cikel bodo močno vplivali krajši življenjski cikel izdelkov narejenih po željah kupcev, globalna konkurenčnost in visoki standardi kakovosti. Zato bodo tradicionalna proizvodna podjetja prisiljena v velike spremembe tako na področju načrtovanja izdelkov kot tudi na področju optimizacije svojih procesov. Bistvena pri tem bo dovolj hitra in dovolj korenita sprememba miselnosti in posledično tehnologije. Tradicionalna proizvodna podjetja se bodo spreminjala v pametne proizvodne tovarne (Zühlke, 2014, str. 9):

- Življenjski cikel izdelka se bistveno skrajša, in sicer tako razvojna faza kot faza trženja, pri čemer na oboje močno vplivajo še individualne zahteve kupcev, konkurenčne rešitve in visoki standardi kakovosti in zanesljivosti.
- Lokacija proizvodnje je zelo pomembna z vidika transportnih poti, kadrovskih potencialov, proizvodnih virov in bližine trga.
- Proizvodne naprave so grajene modularno, enako modularno so grajene celotne proizvodne linije. S tem se zagotavlja možnost hitrejšega prilagajanja novim izdelkom.
- Podatki iz vseh delov proizvodnega procesa se brezžično prenašajo v nadrejeni informacijski sistem. Informacijske povezave med napravami vplivajo na delovanje celotne linije. Povezave do operaterjev so izvedene preko pametnih komunikacijskih naprav. Podatki iz procesa niso več organizirani hierarhično, ampak se umeščajo v podatkovne baze glede na čas nastanka.
- Na proizvodnih linijah se uporabljajo pametni senzorji za določevanje lokacije izdelkov in statusov procesa. Na ta način se določajo aktivnosti, ki vplivajo na delovanje proizvodnih linij in operaterjev. Interni transporti procesa so informacijsko povezani, da s tem zagotavljajo ustrezno odzivnost.

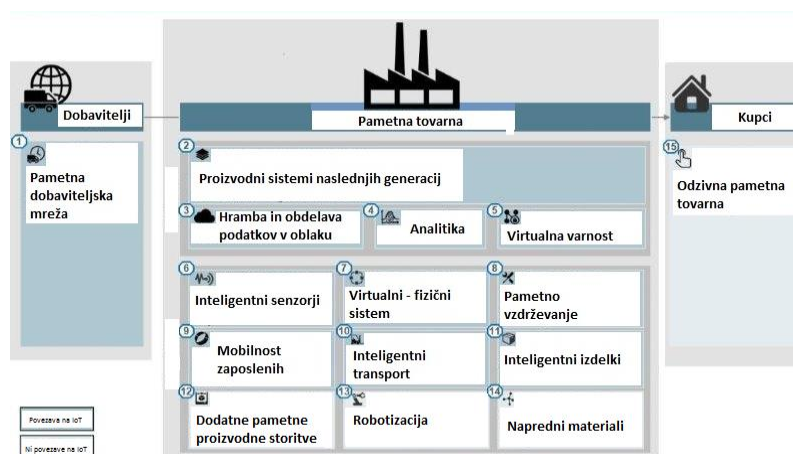
Pametna tovarna prihodnosti bo imela visoko stopnjo robotizacije in avtomatizacije procesov z investiranjem v najsodobnejšo informacijsko povezano tehnologijo, upravljanjem preko pametnih naprav, čim višjo stopnjo avtonomije vzdrževanja samih naprav, močno analitiko procesov in čim višjo stopnjo izkoriščanja podatkovnih baz in programskih orodij v oblaku. Zato je posebnega pomena pojem Internet stvari (angl. *Internet of Things*), kjer je stvar lahko blago, predmet, naprava, orodje, ipd., vse stvari pa morajo biti povezljive v omrežje in z drugimi stvarmi ter sposobne pošiljati podatke v omrežje brez človekovega neposrednega vpliva in delovanja (Robnik, 2016, str. 10). Zato je pomembno, da se pametne tovarne in institucije povezujejo in prilagajajo svoje strategije. Tako je podjetje BMW izdelalo 12-mesečni plan ključnih projektov za prehod podjetja v pametno tovarno (Sigmar, 2015, str. 28). Diegner in Koschnick (2015, str. 2) z nekaterimi ključnimi strokovnjaki instituta ZVEI (nem. *Zentralverband Elektrotechnik-*

und Elektronikindustrie - ZVEI) in nekaterimi velikimi podjetji razvijajo konkreten pristop elektronske industrije v povezavi s pametno tovarno. Tudi MacDougall (2014, str. 16-37) govori o povezovanju tovarn in institucij, hkrati pa konkretno navaja, kakšen naj bi bil doprinos posameznih akterjev. Še posebej važno se mu zdi število raziskovalnih in proizvodnih akterjev, ki skupaj z institucijami delajo za uresničitev vizije Industrija 4.0 (MacDougall, 2014, str. 10). Sassen (2012, str. 36) v svoji raziskavi navaja tri ravni tovarn prihodnosti glede na aktivnosti, ki jih izvajajo:

- Pametna tovarna z visoko stopnjo avtomatizacije, izboljšanimi kontrolnimi mehanizmi in optimizacijo procesov pomeni uvedbo programskih aplikacij, laserskih senzorjev in inteligentnih naprav v samih strojih in infrastrukturi podjetja. Za podjetje je najpomembnejše dvig produktivnosti ob upoštevanju zmanjšanja izmeta, manjše porabe energije, hitrejših dobav in boljše kakovosti.
- Virtualna tovarna pomeni povezovanje dobaviteljske verige, pri čemer gre za povezovanje podjetij in dostopnost do dobrin, s tem pa so povezani tudi novi poslovni modeli in vrednote. Za podjetje to pomeni večjo vrednost za izdelek, ohranjanje podjetja v dobaviteljski verigi, transparentnost procesov, varnost pred neplaniranimi dogodki (angl. *Incident Respons Plan - IRP*) in manjši vpliv na okolje.
- Digitalna tovarna pomeni načrtovanje izdelka, testiranje delovanja izdelka pred izdelavo prvega prototipa izdelka, simulacija proizvodnje in simulacija realnega delovanja. Za podjetje to pomeni bistveno izboljšanje produktivnosti načrtovanja oziroma zmanjšanja stroškov načrtovanja izdelka, zmanjšanje napak načrtovanja, boljši in učinkovitejši izdelek, manj popravkov načrtovanja, krajši čas načrtovanja in hitrejši vstop na trg.

Lueth (2014, str. 3) pametno tovarno v prihodnosti vidi skozi 15 komponent od dobavitelja preko pametne tovarne do kupcev kot to prikazuje Slika 3.

Slika 3: 15 komponent pametne tovarne prihodnosti



Vir: Povzeto in prirejeno po L. Lueth, *Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future*, 2015, str. 3.

Koncept je dejansko pogojen z graditvijo posameznih komponent v sistemu povezav vseh dejavnosti v celotni verigi, ki ga opisujem v naslednjih alinejah pod oznakami od 1 do 15 označenimi na Sliki 3 (Lueth, 2015, str. 3):

- Oznaka 1 na Sliki 3: Pametna dobaviteljska mreža pomeni transparentnost dobaviteljevih zalog. Logistika transporta omogoča avtomatsko in optimalno odločitev povezano z dobavami materiala za določeno dejavnost. Dobavitelji v povezavi s pametno tovarno sodelujejo preko pametnih povezav, pomembno vlogo pa bodo odigrale podatkovne baze v oblaku, kjer se bosta vršila nabava materiala iz več izvorov, simulacija transporta in seveda plačilni promet.
- Oznaka 2 na Sliki 3: Naslednja generacija proizvodnih sistemov pomeni proizvodni sistem, ki temelji na avtomatiziranih in pametnih odločitvah, naročilih preko inteligentnih programskih aplikacij, povezanih inženirskih integracijah in oddaljeni vizualizaciji, nadzoru, kontroli in opozorilih. Robnik, Bogataj, Orehar, Švigelj in Zupan (2016, str. 1) ugotavljajo, da ponudniki storitev informacijskih rešitev razpravljajo o programsko opredeljenih omrežjih (angl. *Software Defined Networking – SDN*), virtualizaciji omrežnih funkcij (angl. *Network Functions Virtualisation – NFV*), internetu stvari (angl. *Internet of Things – IoT*, *Internet of Everything – IoE*), peti generaciji mobilnih omrežij in seveda skušajo ovrednotiti poslovno vrednost. Tehnološka izbira rešitev je pogojena z zmožnostjo zagotavljanja vzdržnosti poslovnega modela.
- Oznaka 3 na Sliki 3: Shranjevanje podatkovnih baz in procesiranje aplikacij se izvaja preko varovanih strežnikov v oblaku.
- Oznaka 4 na Sliki 3: Analitika podatkov za napredno odločanje je osnovana na algoritmih in analitiki v realnem času. Sledljivost v proizvodnji (angl. *Traceability in Manufacturing*) za vsak proces pomeni zbiranje podatkov, ki so osnova za vse nadaljnje analize. Uspešnost sledljivosti (nem. *Erfolgsfaktor Traceability*) pa ni samo v transparentnosti procesov in izpolnjevanju posebnih zahtev branže, ampak tudi v zmanjšanju napak v procesu in znižanju časov nekaterih proizvodnih delovnih aktivnosti (Forcam GmbH, 2014b, str. 2).
- Oznaka 5 na Sliki 3: Mehanizmi zaščite pred grožnjami vdora v mrežne povezave se izvajajo preko kriptiranih podatkov. Sama zaščita je največji izziv današnje globalne informatizacije.
- Oznaka 6 na Sliki 3: Inteligentni senzorji so integrirani v naprave z brezžično povezanimi podatkovnimi bazami in lastnimi analitičnimi orodji.
- Oznaka 7 na Sliki 3: Sistemi so medsebojno informacijsko povezani. Nadzorovanje sistema izvajajo zaposleni.
- Oznaka 8 na Sliki 3: Vzdrževanje strojev je integrirano in avtonomno ter bazira na algoritmih predvidevanja in vgrajenim sistemom oddaljenega dostopa v primeru potrebne asistencije. Stroji in linije strojev se vzdržujejo samostojno, v kar spadajo razne nastavitve, kalibracije in meritve. Zaposleni operaterji skrbijo za fizične menjave

okvarjenih ali izrabljenih delov strojev. Hauck (2014, str. 20) proces pametnega vzdrževanja opredeljuje kot avtomatski ali ročni vnos podatkov na računalniku stroja ali linijskem računalniku, grafično obdelavo podatkov na centralnem mestu v proizvodnji in obvestilo za vzdrževalca preko pametnega terminala.

- Oznaka 9 na Sliki 3: Zaposleni so opremljeni s pametnimi mobilnimi napravami nadgrajenimi z opremo in aplikacijami za procesiranje informacij v realnem času.
- Oznaka 10 na Sliki 3: Obvladovanje materialov se izvaja preko inteligentnih transportnih sredstev.
- Oznaka 11 na Sliki 3: Izdelki že vsebujejo relevantne informacije, na podlagi katerih se stroji sami upravljajo oziroma sprejemajo odločitve.
- Oznaka 12 na Sliki 3: Posebni 3D tiskalniki omogočajo ponavljajoče se prototipne serije in posebne rezervne dele.
- Oznaka 13 na Sliki 3: Uporaba fleksibilnih robotov z vgrajeno inteligenco avtomatizira določene procese in kreira novo obliko sodelovanja med delavcem in robotom. Mitsuo (2016a, str. 17) posebej poudarja, da avtomatizacija proizvodnje pomeni velike prihranke in dviguje raven zanesljivosti izdelkov.
- Oznaka 14 na Sliki 3: Novi materiali kot so nano materiali, vse bolj prehajajo v načrtovalske sisteme.
- Oznaka 15 na Sliki 3: Kupci s svojimi zahtevami pomembno vplivajo na organizacijo same proizvodnje. Zato se za integracijo izdelka za posameznega kupca naredi poseben proizvodni postopek. Kupci bodo v prihodnosti zahtevali podrobne informacije, kaj se z njihovim izdelkom dogaja ta trenutek, kar jim bo lahko omogočala samo izredno dobra informacijska tehnologija tovarne. Trenutno je največ na tem področju naredila avtomobilska industrija.

Pomembno za pametno tovarno je dovolj fleksibilna organizacija za hitro prilagajanje spremembam na trgu, dovolj vitka za doseganje konkurenčnosti, dovolj inovativna za ohranitev izdelka in tehnologije na visoki ravni. Dosegati pa mora maksimalno kakovost in nuditi kupcem storitev na najvišji ravni (Hammer & Champy, 2006, str. 9). Slednje brez informacijske tehnologije, avtomatizacije in preventivnega delovanja v iskanju tehnoloških rešitev ni možno uspešno nadgraditi (Hammer & Champy, 2006, str. 87). Bistveno je stalno iskanje inovativnih rešitev po eni strani, po drugi strani pa uvajanje že preskušanih in uveljavljenih metod, ki čim bolj učinkovito podpirajo uresničevanje strategije.

1.4 Pametna proizvodnja

Predvsem proizvodna podjetja so se v zadnjih 30-ih letih posvečala veliko pozornost uvajanju principov vitke proizvodnje. S tem so podjetja postopoma izčrpala organizacijske potenciale prihrankov, istočasno pa so nekatera podjetja določene procese ali dele procesov tudi informatizirala. Slednje velja predvsem za velika podjetja iz segmenta masovne

proizvodnje, kjer gre za veliko število avtomatiziranih strojnih in ročnih delovnih operacij bolj ali manj kompleksnih izdelkov.

Glavni cilj vpeljave pametne proizvodnje je učinkovito obvladovanje podatkov vezanih na proizvodni proces zato, da poslovni procesi v podjetju tečejo pravilno, smiselno in pomagajo pri ustvarjanju dodane vrednosti (Pametna proizvodnja).

MacDougall (2014, str. 11) pametno proizvodnjo opredeljuje kot združevanje fizičnega in virtualnega sveta in rezultat tehničnih ter poslovnih procesov. Predvsem razvoj sistema CPS pomembno vpliva na podatke o kakovosti proizvodnje v realnem času, časovne normative, vire proizvodne in proizvodne stroške. Fleksibilnost, samostojna prilagodljivost, tolerantnost napak in karakteristik procesa ter obvladovanje tveganja so konkretne usmeritve pametne proizvodnje. Visoka stopnja avtomatizacije proizvodnih procesov je standard pametne proizvodnje in je pogoj za radikalne optimizacije. Proizvodnje naj bi v svoje procese uvajale naprave, robote in druge avtomatizirane sisteme, ki so komunikacijsko povezljivi med seboj, upravljani in nadzorovani iz kompleksnih informacijskih sistemov. Slednji lahko opravljajo kompleksne naloge. Mitsuo (2016b, str. 12-15) pametno proizvodnjo vidi kot elektronske naprave povezane v IoT, ki tvorijo trajnostno družbo. Proizvodnjo ne vidi kot popolno avtomatizirano, ampak povezavo vseh dejavnikov proizvodnega procesa znotraj in zunaj proizvodnega procesa. Povezava naj bo zaključena zanka sistema same proizvodnje, analiziranja in izboljšav.

Akademija za znanost Acatech (2013, str. 5) pravi, da je bil internetni sistem za oddaljeni nadzor samostojnih proizvodnih sistemov razvit prav za potrebe proizvodnje, logistike in transporta. S strategijo pametne proizvodnje se sistem nadgradi. Naprave v proizvodnji se same vzdržujejo in načrtujejo preventivna vzdrževanja v odvisnosti od zasedenosti proizvodnje. Enak ali prilagojen sistem se lahko uporablja tudi za druge proizvodne procese, ki ne dosegajo tako visoke stopnje avtomatizacije.

Na pametno proizvodnjo naj bi stalno vplivali različni dejavniki, med katerimi so najpogostejši čim krajša dobaviteljska veriga, čim hitrejša sprememba v tehnologiji, krajši življenjski cikel izdelkov in njihova množica variant. Ford (2015, str. 1-5) pravi, da bo prilagajanje tem dejavnikom glavna dnevna aktivnost. Neto in Moriera (2013, str. 149-155) zagotavljata, da kljub dobrim rezultatom dela ostaja največji problem še vedno povezan s procesnimi časi. Robotizacija v povezavi s tridimenzionalnimi kamerami in pametnimi algoritmi znatno skrajša procesne čase in hkrati pozitivno vpliva na kakovost in zanesljivost procesa.

Baldauf in Lamponenova (2014, str. 14) v svoji raziskavi opredeljujeta tri stopnje delovanja po posameznih ključnih področjih za doseganje nivoja pametne proizvodnje. Od petih dejavnosti so najpomembnejše strojna opremljenost proizvodnje, dodana vrednost

zaposlenih in distribucija izdelkov. Uporabljeni materiali so odvisni od panoge, razgradnjo materialov oziroma celotnega izdelka pa opredeljuje zakonodaja.

- Strojna opremljenost proizvodnje je pogojena z izdelki, ki jih podjetje izdeluje in so različno organizirana. Navadno gre za linijsko postavitev strojev in/ali samostojna delovna mesta, ki tvorijo procesne otoke in jih ročno upravljajo vodje linij in operaterji. Za prestop v višjo stopnjo proti pametni proizvodnji je potrebno strojna predvsem pa ročna delovna mesta opremiti z računalniško nadzorovanimi sistemi, kar kasneje zagotavlja primerno obvladovanje procesov v oblaku.
- Dodana vrednost na zaposlenega je v vse bolj usposobljenem in višje izobraženem zaposlenem, ki v stopnjah prehaja od usposobljenega operaterja preko programerja v procesu do načrtovalca procesa.
- Distribucija bo vse bolj odvisna od globalnih trendov konkurenčnosti in zahtevnosti kupcev. Bistvenega pomena za podjetje bo zmožnost izdelati izdelek po specifikacijah kupca ali pa kupcu omogočiti, da svoje zahteve uresniči z izborom funkcionalnosti že kupljenega izdelka. Zato je za kupca pomembna informacijska povezanost preko oblaka.

Sigmar (2015, str. 12) poudarja, da je prav elektro industrija ključna branža za digitalizacijo celotne industrije. Sigmar (2015, str. 8-9) kot najpomembnejše aktivnosti izpostavlja avtomatizacijo proizvodnje, povezovanje podatkov in podatkovnih baz preko Interneta, tehnologije podatkov v oblaku (nem: *Cloud Technologien*) in tridimenzionalno tehnologijo proizvodnje predvsem v procesu razvoja izdelka in tehnologije.

Pham et al. (2005, str. 2-3) pametno proizvodnjo vidijo skozi uvedbo štirih področij:

- Napredne proizvodne naprave (angl: *Advanced Production Machines – APM*) naj bi postale delavci v podjetjih prihodnosti.
- Avtomatizirana proizvodnja in nadzor (angl: *Production Automation and Control – PAC*) predstavlja nadzor nad napravami in povezavo med napravami in managementom.
- Inovativno načrtovanje tehnologije (angl: *Innovative Design Technology – IDT*) je povezano z načrtovalci podjetja in izdelkov prihodnosti.
- Proizvodna organizacija in management (angl: *Production Organisation and Management – POM*) skrbi za management podjetja prihodnosti v smislu integracije zaposlenih, naprav in vitke proizvodnje.

Procesi pametne proizvodnje morajo temeljiti na strateškem planiranju, da bi podjetje ostalo konkurenčno. Še posebej v času krize skrbno planirana strategija podjetja pomeni manjšo možnost pojava negativnih učinkov na poslovanje. Strategija mora biti usklajena na vseh ravneh podjetja, imeti pa mora jasno opredeljene vsebinske naloge, merljive cilje in

določene roke za izvedbo. Da mnoga podjetja kljub zavedanju managementa niso uspešna, je ključno zavedanje o nadgradnji strategije. Strategije so običajno opredeljene za določeno obdobje več let, pri čemer se strategije vsaj enkrat letno preverjajo in ustrezno dopolnjujejo.

Podjetja se v smeri razvoja kakovosti procesov odločajo za različne pristope, iščejo niše, kjer bi se lahko diferencirala od ostalih z boljšimi kvalitativnimi in kvantitativnimi rezultati, prijaznejšimi pristopi za kupca in še sprejemljivimi stroški. Cilj je kot vedno z manjšimi stroški v krajšem času narediti več in bolj kakovostne izdelke. Strategijo razvijanja kakovosti delimo na (Pučko, Čater, & Buhovac, 2006, str. 64-67):

- Strategija razvijanja notranje kakovosti temelji na povečevanju učinkovitosti podjetja z razpoznavo in izločanjem aktivnosti, ki ne dodajajo vrednosti končnemu proizvodu, s stalnim nadziranjem in zmanjševanjem stroškov kakovosti, avtomatizacijami, izobraževanjem zaposlenih, uvajanjem novih standardov in metod stalnih izboljšav.
- Strategija razvijanja zunanje kakovosti pomeni povečevati vrednosti naših proizvodov in storitev v očeh naših kupcev, predvsem pa v globalnem smislu naših bodočih kupcev. Konkretno pomeni stalno prilagajanje pričakovanjem trga, krepitvi blagovne znamke in pridobitve standardov kakovosti ter okoljskih standardov.
- Strategija razvijanja celovite kakovosti pomeni razvijanje kulture celotnega podjetja kot ključne vrednote v odnosu do kupca. Največjo vlogo pri tem ima poslovodstvo podjetja, ki skrbi za strokovnost in zadovoljstvo zaposlenih, razvoj virov, politike in strategije podjetja, delovnimi procesi, katerih rezultati zadovoljujejo kupce proizvodov in storitev ter končno vpliv pozitivnega poslovanja tudi na družbeno skupnost.

Za pametno proizvodnjo je uvedba metod dobrih praks, ki jih prinaša vitka proizvodnja, standardi avtomobilske, medicinske in vojaške industrije, ena od ključnih dejavnikov organizacijske ureditve in nadzora procesa. Podatkovne baze, ki se generirajo na osnovi podatkov iz procesa, so del pametnih informacijskih tehnologij.

Ferjančič (2011, str. 19-38) ugotavlja, da so prihranki v proizvodnih procesih izredno veliki ob uporabi metod in orodij vitke proizvodnje kot so na primer 5S, vlečni pristop, Kanban, tok materiala, različne razmestitve delovnih mest, metoda hitre menjave orodij, glajenje proizvodnje, celovito produktivno vzdrževanje, večopravilnost, management celovite kakovosti, Jidoka, standardizirano delo, dodajanje vrednosti, analiza toka nastajanja vrednosti, zaloge in stroški zalog, uravnoteženje proizvodne linije, timi za nenehne izboljšave in kaizen.

Metode dobrih praks, ki izhajajo iz avtomobilske industrije, za pametno proizvodnjo pomenijo obvladovanje celotne dobaviteljske verige in njihove medsebojne povezave (Zorc & Zavrl, 2013, str. 8):

- APQP (angl. *Advanced Production Quality Planning*) metoda je orodje projektnega vodenja za obvladovanje svojih dobaviteljskih verig in maksimalno zadovoljevanje svojih kupcev.
- PPAP (angl. *Production Part Approval Process*) metoda je orodje, ki definira zahteve za odobritev izdelka, posredno pa velja tudi za proizvajalčeve dobavitelje materiala (Zorc, 2012, str. 3).
- FMEA (angl. *Failure Mode and Effects Analysis*) je metoda za analizo možnih napak in njihovih posledic na izdelkih in v procesih (Križman & Štrancar, 2011, str. 2).
- SPC (angl. *Statistical Process Control*) je metoda, ki preko različnih kontrolnih kart statistično prikazuje določene procese in parametre in kaže na potrebne aktivnosti za doseganje stabilnosti procesov (Atelšek, 2014b, str. 2).
- MSA (angl. *Measurement Systems Analysis*) je metoda, katere rezultati zagotavljajo ponovljivost in reproduktivnost R&R (angl. *Repeatability & Reproducibility*) (Atelšek, 2014a, str. 3).

Podatki pridobljeni na osnovi opisanih metod, shranjeni in analizirani tvorijo podatkovno bazo, ki je osnova komunikacije med kupcem in proizvodnim sistemom. Glede na predpisani postopek uporabe metod sistem ne dopušča napak v proizvodnem procesu in zmanjšuje tveganje napak na izdelkih v času uporabe. Zelo pomembna je vizualizacija metod in rezultatov. Thomson (1889, str. 72) pravi, da če procesa ne moreš meriti in njegovih parametrov izraziti v številkah, ne moreš delati pravih zaključkov, pridobljeno znanje pa je lahko samo osnova za nadaljevanje aktivnosti v smislu izboljšav.

Ahmad in Benson (1999, str. 18) celo definirata nekatere parametre proizvodnega procesa, ki klasificirajo procese med slabe, dobre, najboljše in odlične.

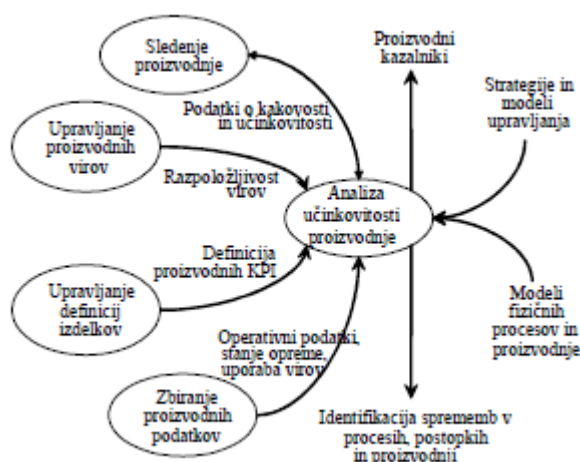
Fleksibilni proizvodni sistem pametni proizvodnji omogoča reagiranje na vse planirane in neplanirane aktivnosti. Zahteve po fleksibilnosti v proizvodnji dramatično naraščajo, ker je življenjski cikel izdelkov vse krajši, izdelki pa postajajo vse bolj inteligentni in zahteve po učinkovitosti so vse bolj v ospredju pri managiranju proizvodnih procesov (Gerber, Lankshear, & Sandberg, 2000, str. 47-48). To pa zahteva učinkovito identifikacijo potreb po novih kadrih in tako stalno prilagajanje strokovnosti zaposlenih. Fleksibilnost delimo v dve kategoriji (Rashmi et al., 2014, str. 14-16):

- Fleksibilnost naprav pokriva sposobnost spremembe procesa za proizvodnjo novega tipa izdelka in sposobnost spremembe dela procesa.
- Fleksibilnost procesa izdelave pomeni uporabo več naprav za izvedbo iste delovne operacije, spremembe v količini naročila, proizvodnih kapacitetah in sposobnosti samega procesa.

Rashmi et al. (2014, str. 18) predvidevajo v svoji raziskavi, da naj bi fleksibilni proizvodni sistem prinesel podjetjem predvsem prednosti v krajših časih izdelave, nižji ceni na proizvedeni izdelek, večjo produktivnost in izkoriščenost strojev, izboljšano kakovost, večjo zanesljivost, manjše stroške vzdrževanja in krajše dobavne roke.

Gradišar, Glavan in Mušič (2014, str. 1-2) kažejo, da je proizvodna učinkovitost odvisna od različnih dejavnikov, za katere je v procesu potrebno zagotoviti podatke. Analiza podatkov aktivnosti kot jih prikazuje Slika 4 so pogoj za pripravo poročil proizvodnje učinkovitosti.

Slika 4: Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost



Vir: D. Gradišar, *Metrike za merjenje učinkovitosti proizvodnje*, 2014, str. 2.

Predvsem vizualizacija podatkov in podatkov iz analiz v realnem času, ki bodo na voljo vodilnim v podjetju, zaposlenim in napravam, bo ključnega pomena za učinkovitost procesov. Zajem pravih podatkov iz naprav (Forcam GmbH, 2014a, str. 3) v realnem času je osnova za nadgradnjo podatkov in rezultatov v večje celote.

1.5 Pametno proizvodno delo

Pametne proizvodnje v okolju 21-tega stoletja morajo temeljiti na organizacijskem znanju, ki se stalno spreminja in nadgrajuje. Postati morajo inteligentne in se v prihodnje usmeriti na ustvarjanje novega znanja, ki bo predstavljalo ključni temelj doseganja trajne konkurenčne prednosti v globalnem poslovnem svetu (Dimovski, Penger, & Žnidaršič, 2005, str. 311). Pri tem je bistvenega pomena, da se svetovalno in usmerjevalno funkcijo managementa tesno poveže s kompetentnimi zaposlenimi, ki so se stalno pripravljeni učiti. Bistvo organiziranosti postajajo samousmerjujoči se timi zaposlenih, ki so odgovorni za proces odločanja in strategijo, in močne horizontalne organizacijske povezave, ki

omogočajo prelivanje znanja, izkušenj in rešitev ter iskanje najbolj konkurenčnih rešitev v danem časovnem oknu. Ključnega pomena za doseganje rezultatov je motiviranost zaposlenih (Zupan & Kaše, 2006, str. 52).

Vlogo zaposlenih kot pametno proizvodno delo v pametni proizvodnji Brecher, Bauner in Ziefle (2015, str. 187) vidijo v sposobnosti proizvodjanja, kakovosti izdelka in najvišji stopnji izkoriščenosti proizvodnih kapacitet. Prodor informacijske in komunikacijske tehnologije za pametno proizvodno delo pomeni možnost zbiranja množice podatkov, njihova obdelava pa pripomore k strateškim odločitvam. Torej strateške odločitve ostanejo v domeni zaposlenih, ICT (angl: *Information and Communication Technology*) pa omogoča samostojno delovanje procesov z nadzorom zaposlenih. Cho (2013, str. 2) ugotavlja, da so ključni elementi pametnega proizvodnega dela pametni mobilni sistemi in programska oprema.

Schäfer (2015, str. 3) je eden vodij proizvodnje pri Mercedesu in pravi, da inteligentna povezava zaposlenih, strojev in industrijskih procesov lahko pripelje do hitrejša in kakovostnejše proizvodnje individualnih izdelkov. S tem pametno delo postane globalno konkurenčno.

Spath et al. (2013, str. 135) v svoji študiji proizvodno delo prihodnosti opredeljujejo z osmimi tezami:

- Avtomatizacija bo možna tudi za manjše proizvodne serije, kar bo pomenilo, da bo delo zaposlenih še veliko bolj pomembno predvsem s stališča kompetentnosti.
- Fleksibilnost proizvodnega dela bo v prihodnosti odločujoč in ključni faktor.
- Fleksibilnost v prihodnosti mora biti ciljno naravnana in sistematično organizirana, pavšalna fleksibilnost ni zadostna.
- Industrija 4.0 temelji na povezovanju, kar pomeni, da prihodnost pripada inteligentnim podatkovnim bazam, hranjenju podatkov in izmenjevanju podatkov med opremo in zaposlenimi.
- Decentralizacija nadzornih mehanizmov, ker se v prihodnosti računa, da se nadzorne funkcije vršijo samostojno.
- Varnostni vidiki morajo biti načrtovani že pri načrtovanju inteligentnih proizvodnih prostorov.
- Naloga zaposlenih v proizvodnji in znanosti je tesno sodelovanje, pri čemer zaposleni v proizvodnji prevzema naloge razvoja proizvodnih procesov.
- Zaposleni morajo stalno iskati priložnost za usposabljanje v delovnem procesu.

Pri BMWi-ju (BMWi, 2015, str. 1) vidijo proizvodno delo v popolnoma drugačni vlogi kot je to danes. Predvsem gre za brezžično komunikacijo med operativnim delom in inteligentnimi proizvodnimi napravami in stroji. To bo na koncu pomenilo drugačno

organizacijo dela v smislu večje mobilnosti in s tem družini prijaznejšem delovnem času. Pri tem je seveda nujno potrebno krepiti usposobljenost kadrov, vse pa s ciljem najvišje stopnje konkurenčnosti.

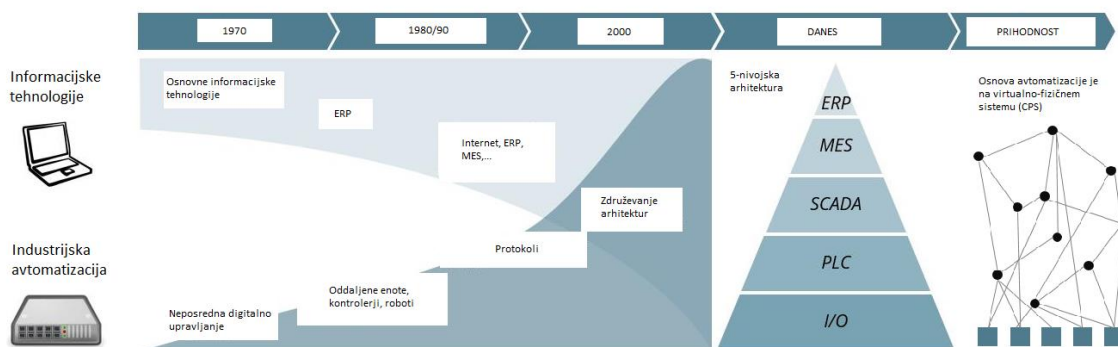
1.6 Informacijska tehnologija in industrijska avtomatizacija

Informacijska tehnologija in industrijska avtomatizacija se s prihodom tretje industrijske revolucije z leti približujeta in v zadnji dekadi prejšnjega stoletja močno prepletata in praktično postaneta v podjetjih popolnoma soodvisni. Zato danes poznamo pet nivojev obvladovanja podjetja:

- informacijski sistem ERP,
- informacijski sistem MES,
- informacijski sistem za nadzorovanje in krmiljenje tehnoloških procesov SCADA (angl. *Supervisory Control and Data Aquisition*),
- programsko obvladovani krmilniki PLC (angl. *Programmable Logic Controller*),
- vhodno/izhodni signali I/O (angl. *Input/Output signals*).

V bodoče naj bi se pet nivojska arhitektura znotraj podjetja povezovala medsebojno ne glede na hierarhično postavljeno strukturo kot to prikazuje Slika 5.

Slika 5: Prepletanje informacijske tehnologije in industrijske avtomatizacije



Vir: Povzeto in prirejeno po L. Lueth, *Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future*, 2015, str. 2-5.

Nova arhitektura naj bi omogočila poenostavitev, pohitritev, pocenitev in izboljšanje kakovosti vseh procesov podjetja. Konkretno pa pomeni, da senzorji v procesu pošiljajo podatke direktno v oblak, vnaprej izbrani postopki pa podatke združijo z obstoječimi podatkovnimi bazami v realnem času in posredujejo dobljene analitične podatke. Zbiranje podatkov in njihovo povezovanje v podatkovne baze v informacijskem oblaku skozi celotni življenjski cikel pomeni izredne prednosti, saj preko podatkov dobljenih iz različnih

analiz strokovnjaki lahko pridejo v krajšem času do bistvenih konkurenčnih prednosti celotnega procesa in izdelka. Zato Zühlke (2014, str. 6) pravi, da je ključna povezava naslednjih informacijskih sistemov:

- PLM je programsko orodje za razvoj izdelkov in vsebuje vse tehnične in tehnološke podatke, ki jih uporabljajo vsi deležniki procesov povezanih z izdelkom v celotni življenjski dobi izdelka.
- ERP načrtuje nabavo materiala in logistiko izdelave izdelka in kot osnovo jemlje podatke iz PLM sistema.
- MES realizira in nadzira proizvodnjo izdelka, osnovne podatke jemlje iz PLM in ERP sistema in vrača podatke v ERP sistem.
- Načrtovanje in izvajanje sprememb obvladuje spremembe procesa in izdelka, vse podatke pa posreduje PLM sistemu.
- Logistika (angl: *Logistics*) skrbi za distribucijo izdelka do naročnika ali končnega kupca, pri čemer je povezana z ERP sistemom.
- Vzdrževanje (angl: *Maintenance*) skrbi za vzdrževanje opreme procesa, informacijsko pa je povezano na MES in ERP sistem.
- Nadzor nad viri (angl: *Resource Control*) upravlja s kadri, energenti in materiali in je informacijsko povezan z MES sistemom.
- Kupci (angl: *Customer*) morajo imeti zadosti informacij iz celotnega procesa za odločanje, zato so običajno povezani na ERP sistem.

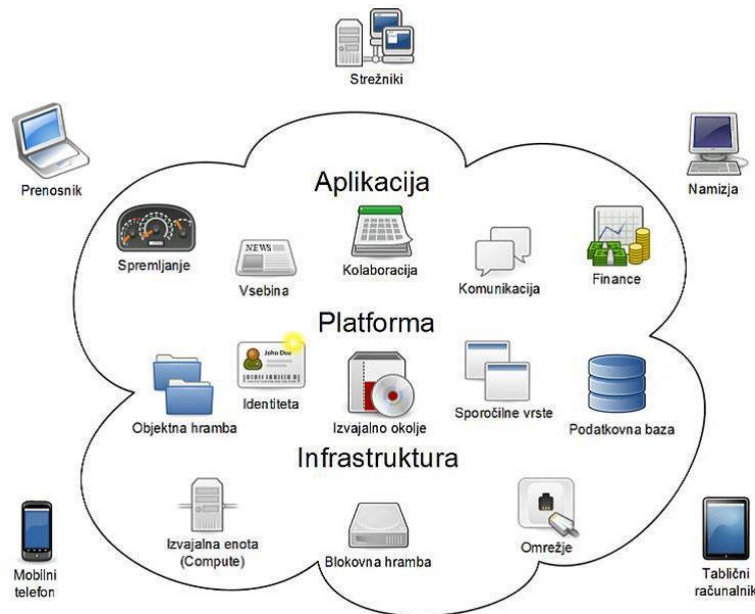
Za podjetje prihodnosti je posebnega pomena, da svoje informacijske sisteme skuša združiti v okvir enega informacijskega sistema. Kuehn (2015, str. 14) zagovarja postopno združevanje programskih aplikacij iz različnih okolij v obstoječi informacijski sistem ali pa postopno združevanje v novo informacijsko okolje (Kuehn, 2015, str. 19). S tem se bistveno poenostavi tudi dostop do oblaka. MacDougall (2014, str. 9) predvideva, da se bosta informacijska sistema ERP in MES postopoma funkcionalno združila v en ali drugi informacijski sistem ali pa bo iz njune vsebine nastal nek tretji informacijski sistem. S tem se seveda precej poenostavi medsebojno povezovanje podatkovnih baz, vzdrževanje, licenciranje in nadgradnje, bo pa seveda po vsej verjetnosti tak sistem stroškovno bistveno cenejši. Podobna stališča ima tudi Wilk (2015) v internetni diskusiji. Velik poudarek je na koriščenju storitev v oblaku, kjer bodo v prihodnosti največja stičišča poslovnih podatkov.

Zongwei et al. (2014, str. 285) kot eno pomembnih nalog na področju pametnih informacijskih metod izpostavlja še inovativnost na področjih načrtovanja, proizvodjanja in optimizacij. Zato Progar (2014, str. 2) pravi, da se danes zajema in zbira množica različnih podatkov, ki jih je potrebno pretvoriti v informacijo. Slednja naj predstavi stanje v proizvodnji in omogoči ustrezno ukrepanje s ciljem dviga konkurenčnosti.

1.7 Podatki v oblaku

Računalništvo v oblaku obljublja dostop do računalniških zmogljivosti iz katerekoli lokacije na ekonomičen, prilagodljiv in nadgradljiv način (Informacijski pooblaščenec Republike Slovenije, 2012, str. 4). Osnovni koncept je prikazan na Sliki 6:

Slika 6: Osnovni koncept računalništva v oblaku



Vir: Informacijski pooblaščenec Republike Slovenije, *Varstvo osebnih podatkov in računalništvo v oblaku*, 2012, str. 7.

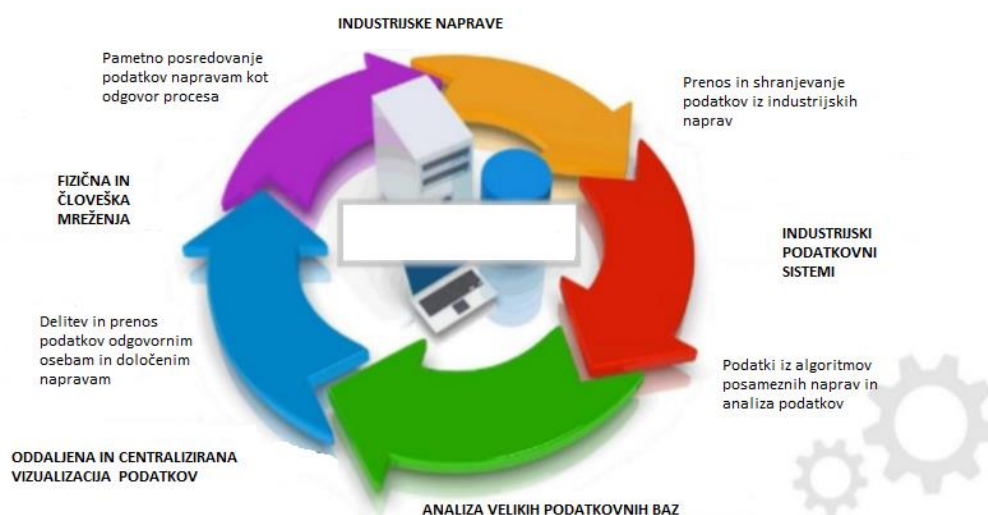
Naročnikom storitev v oblaku omogoča koriščenje infrastrukture (angl. *Infrastructure as a Service – IaaS*), platforme (angl. *Platform as a Service – PaaS*) in/ali aplikacij (angl. *Software as a Service – SaaS*). Modeli najemanja storitve naj bi se oblikovali glede na zahteve uporabnikov kot javni oblaki (angl. *Public cloud*), zasebni oblaki (angl. *Private cloud*), oblaki skupnosti (angl. *Community cloud*) in hibridni oblaki (angl. *Hybrid cloud*). V dokumentu avtor informacijski pooblaščenec navaja bistvene prednosti delovanja računalništva v oblaku:

- Samopostrežba na zahtevo pomeni, da uporabnik zakupi prostor za določen čas.
- Širok mrežni dostop pomeni dostopnost vseh pametnih računalniških naprav.
- Združevanje sredstev pomeni istočasno koriščenje računalniške opreme več uporabnikov preko virtualizacije sistemov.
- Visoka elastičnost sistema pomeni koriščenje storitev glede na trenutne potrebe naročnika.
- Plačilo na osnovi porabe pomeni, da se naročene storitve stalno nadzorujejo in pri tem optimalno razporejajo sredstva, ki so na voljo v oblaku.

Poleg jasnih prednosti pa so informacije v oblaku izpostavljene tveganju posredovanja tretjim osebam, kraji, preoblikovanju podatkov in brisanju. Načeloma pogodbeni razmerja zelo natančno predpisujejo odgovornosti tako naročnika kot tudi podjetja, ki zagotavlja storitve računalništva v oblaku. Robnikova (2015, str. 4) v svoji raziskavi pravi, da bo do leta 2020 globalno 75 milijard pametnih naprav ali skoraj 10 naprav okoli vsakega človeka, do leta 2030 bo okoli vsakega človeka od 2000 do 5000 pametnih naprav. Zagotoviti varnost in zasebnost podatkov pri tako visoki stopnji globalnega povezovanja bo velik izziv.

Baldauf in Laponenova (2014, str. 40) prikazujeta sistem od oddajanja podatkov v oblak do posredovanja analitičnih podatkov za delovanje procesov kot to prikazuje Slika 7.

Slika 7: Podatkovne baze v oblaku



Vir: Povzeto in prirejeno po L. Baldauf & E. Lamponen, Advanced manufacturing in USA, 2014, str. 40.

Izbrane podatke ali podatkovne baze iz procesa se zbere in shrani. Preko določenih algoritmov se podatki analizirajo. Vizualizacija rezultatov analize je dostopna avtoriziranim zaposlenim in končno kot povratna informacija procesu. Pomembnost dostopnosti in povezljivosti podatkov in podatkovnih baz Bessis et al. (2014, str. 309) podajajo na primeru iz avtomobilske industrije, kjer so potrebni podatki varnostnega pasu, stabilnosti vozila, zavornega sistema in končno sistema, ki vse troje povezuje in izvede aktivnosti kot posledico delovanja celotnega sistema. Enako velja za vse pametne proizvodne procese.

1.8 Izboljšave z uvedbo pametne proizvodnje

Evropski proizvajalci naj bi se do leta 2030 v celoti povezali preko pametnih proizvodenj in tako postali dominantni del mednarodnega trga. Strokovnjaki, ki sodelujejo v okviru

evropske komisije za raziskave in inovacije, industrijske tehnologije in nove oblike proizvodnje, to utemeljujejo z možnimi izboljšavami ob uvedbi pametne proizvodnje (Komisija Evropskih skupnosti, 2013, str. 51-98):

- Vpliv proizvodenj na okolje naj bi se znatno zmanjšal, kar pomeni zmanjšanje porabe električne energije z uporabo alternativnih virov, zmanjšanje onesnaževanja in pregrevanja voda, zmanjšanje izpustov emisij v ozračje in uporabo okolju prijaznih materialov.
- Pametne proizvodnje glede na uporabo pametne opreme in pametne tehnologije potrebujejo manj zaposlenih, zaposleni pa morajo imeti ustrezna znanja.
- Uporaba storitev informacijskega oblaka pomeni bistveni prihranek pri investicijah in stroških lastne opreme in kadrov.
- Interna pametna diagnostika naprav in procesov, ki deluje kot zaprta zanka (angl. *close-loop*), omogoča delovanje sistema »nič napak« in s tem velike prihranke na materialih, proizvodnih aktivnostih povezanih s kakovostjo in procesom.
- Pametne naprave, ki so medsebojno informacijsko povezane, delujejo samostojno. Kontrolni mehanizmi nadzirajo delovanje pametnih naprav. Proces je s tem izredno stabilen in robusten.
- Analize stanja proizvodnih procesov se izvajajo v realnem času, kar omogoča napravam samostojne korekcije procesov ali pa takojšnje intervencije odgovornih zaposlenih.
- Možnost oddaljenega dostopanja do proizvodnega procesa preko pametnih mobilnih naprav omogoča stalen nadzor in vzdrževanje procesa.
- Informacijska in komunikacijska povezanost proizvodnih procesov, dobaviteljskih verig in kupcev bo bistveno poenostavila in pohitila poslovne procese. S tem bo omogočeno tudi hitrejšo povezovanje strokovnih skupin za iskanje najboljših rešitev.
- Pametne informacijske tehnologije omogočajo modeliranje in simulacije procesov, kar znatno pohitri in poceni proces uvajanja novih izdelkov in procesov. Istočasno se s tem izognemo napačnim poslovnim odločitvam.
- Inovacije v pametni proizvodnji postanejo poslovni model, ki se uporablja že v fazi načrtovanja novega izdelka in nadaljuje v proizvodnem procesu. Inovacije imajo kasneje močan vpliv na globalno konkurenčnost izdelka.

Lauber (2016, str. 6) v svoji študiji deli prihranke pametnega podjetja na štiri kategorije:

- Za portfolijo izdelkov so pomembni parametri hitrost, natančnost in širina, kar omogoča le najboljša proizvodna opremljenost.
- Avtomatizacija zmanjšuje ročno delo na linijah in nasploh ročno delo, kar pa pomeni zaposlitev manjšega števila operaterjev, ti pa morajo biti veliko bolj usposobljeni kot je to sedaj.

- Integracija procesov pomeni mreženje in s tem sinhroniziranje vseh delovnih tokov. Preko procesnih kontrol se optimizirajo procesi s ciljem strategije procesa brez napak.
- Logistika z materiali poteka preko avtomatiziranega planiranja in sinhronizacije proizvodnega procesa z materialnim tokom od skladiščenja materiala do uporabe v proizvodnem procesu.

1.9 Ovire za uvedbo pametne proizvodnje

Prehod v pametno proizvodnjo je odvisen od že dosežene stopnje pripravljenosti posamezne proizvodnje za uvedbo pametne proizvodnje. Pametna proizvodnja (Komisija Evropskih skupnosti, 2013, str. 54) se danes sooča z vse večjo kompleksnostjo procesov in dobaviteljskih mrež, pritiskov na znižanje cen, vse večjih pričakovanj uporabnikov in kupcev glede kakovosti, rokov dobav in posebnih zahtev. Evans in Annunziata (2012, str. 31-33) v svoji študiji navajata več ovir, s katerimi naj bi se soočile proizvodnje na poti uvajanja pametne proizvodnje:

- Do leta 2025 bo število podatkov in z njimi podatkovnih centrov 40 krat več kot danes, kar bo pomenilo, da bo poraba električne energije samo v ta namen 10 do 15 krat večja kot danes. Pri tem naj bi pametne proizvodnje na drugih področjih svojih dejavnosti skušale doseči čim večje prihranke, ne bodo se pa mogle izogniti velikim stroškom graditve in vzdrževanja podatkovnih centrov.
- Sprememba proizvodne strategije pomeni spremembo razmišljanja (angl. *Thinking outside of the box*) proizvodnega managementa.
- Graditev infrastrukturnega omrežja na nacionalni in mednarodni ravni bo izredno velik zalogaj, saj so nekatera področja še vedno slabo pokrita ali pa njihova omrežja bazirajo še na bakrenih vodih. Pametna infrastrukturna omrežja naj bi bazirala na optičnih vodih, kar pomeni velike gradbene posege in zamenjavo komunikacijske opreme.
- Investicije v pametno informacijsko in komunikacijsko opremo bi po eni strani pomenile spremembo organizacijske strukture proizvodnje, po drugi strani pa velika vlaganja finančnih sredstev. Za večino podjetij naj bi bila transformacija v pametno proizvodnjo dolgotrajen proces, še posebno za podjetja, ki so na začetni stopnji transformacije.
- Investicije v pametne naprave so povezane z izredno velikimi sredstvi. Zamenjave naprav, celotnih linij ali nadgradnje obstoječih naprav mora biti načrtovana tako, da je zagotovljena pametna informacijska podpora in povezanost v celotni pametni proizvodni proces, kar pa je zaradi postopnosti uvajanja velik izziv za procesne tehnologe in informatike.
- Kompatibilnost informacijskih platform mora biti zagotovljena zaradi povezave z dobaviteljsko verigo in kupci. Zato je nujna uporaba standardiziranih programskih rešitev v informacijskem oblaku.

- Napredne proizvodne analize so pogojene z uporabo standardiziranih metod, kar je posebnega pomena zaradi združevanja podatkovnih baz med posameznimi pametnimi proizvodnjami.
- Zaščita podatkov in podatkovnih baz že v proizvodnem procesu in v informacijskem oblaku še vedno ostaja eden največjih izzivov. Zaščita podatkov na več ravneh, zaščita intelektualne lastnine, posebnih informacij in osebnih identifikacijskih informacij (angl. *Personally Identifiable Information – PII*), vzpostavitev skupne informacijske politike, standardov podatkovnih struktur in enkripcije ob stalnem spremljanju možnosti vdorov bo za informatike stalna nočna mora.
- Pomanjkanje novih kadrov je velik izziv za izobraževalne institucije in proizvodna podjetja. Slednja bodo morala v prvi fazi iz nabora lastnih zaposlenih izbrati dovolj usposobljene kadre s področja informacijskih in komunikacijskih tehnologij s predznanjem tehničnih ved (angl. *digital-mechanical engineers*), v drugi fazi pa zaposliti kader, ki bo uspešno deloval na področju analitike podatkov proizvodnega procesa.
- Za podjetja bo velik izziv zmanjšanje števila zaposlenih zaradi uvajanja pametnih naprav in pametnih tehnologij in prestrukturiranje neustreznih kadrov. Kasneje se bo izziv iz podjetij preselil na širšo družbo.

2 IZBOLJŠAVE V PROIZVODNEM PROCESU PODJETJA ELISTEL

2.1 Predstavitev podjetja Elistel

Podjetje je bilo ustanovljeno v 60-tih letih prejšnjega stoletja in je sprva proizvajalo telefone in manjše telefonske centrale za potrebe vojaške industrije. Strokovnjaki podjetja so kmalu razvili prvo mehansko telefonsko centralo tudi za potrebe javne uporabe in v sedemdesetih letih prvo elektronsko telefonsko centralo. Velik preskok v znanju je prispevala povezava s takrat enim od vodilnih svetovnih podjetij v telekomunikacijski branži podjetjem IBM. Podjetje je s takrat razvitimi izdelki in rešitvami pokrivala velik del takratne Sovjetske zveze, Balkan, Turčijo in nekatere druge države. V osemdesetih letih je podjetje razvilo prvo digitalno telefonsko centralo, kar jo je uvrščalo med vodilna svetovna podjetja ne po velikosti pač pa po uporabi najnovejših tehnoloških rešitev. Ogromni stroški razvoja so na prehodu iz osemdesetih v devetdeseta leta podjetje prisililo v strateško povezavo z nemškim koncernom Siemensom. Za slednjega je povezava pomenila trženje njihovih izdelkov in rešitev tudi na takrat nedostopen vzhodni politični blok, za podjetje Elistel pa navezavo na finančno močno korporacijo in nadaljevanje razvoja lastne blagovne znamke. Podjetje Elistel je uspešno poslovalo do zadnje svetovne gospodarske krize kljub temu, da je medtem prekinilo strateško sodelovanje s koncernom Siemens. Gospodarska kriza je leta 2007 prepolovila letni promet podjetja, v kasnejših letih pa je vodstvo podjetja

z izrednimi ukrepi ohranilo podjetje. V letu 2015 je podjetje Elistel po dolгих letih spet poslovalo z občutnim porastom prometa in dobrimi obeti za naslednja leta.

Do leta 2007 je podjetje v tehnološki razvoj proizvodnih procesov investiralo približno en milion EUR letno, v naslednjih letih pa sredstva več kot prepolovilo ne glede na potrebe iz naslova zamenjave iztrošene opreme in prepotrebne informacijske podpore proizvodnim procesom. Močni pritiski na zmanjševanje vseh stroškov so tudi pogosto spreminjali strategije posameznih vej procesov, kar je še dodatno vplivalo na zmanjšanje že pridobljenih konkurenčnih prednosti procesov. Avtomatizacije in informatizacije procesov so se vzdrževale na najbolj osnovnem nivoju.

Zadnja tri leta se na področju avtomatizacije in informatizacije proizvodnih procesov kolesje počasi premika, vendar je nekajletni premor tako za razmišljanje, strategijo in realizacijo izredno hudo breme. Podjetje v proizvodnih procesih nedvomno potrebuje izboljšave, kar je gonilo razvoja procesov. Ker je podjetje glede na obravnavano problematiko v tem magistrskem delu še dokaj v začetni fazi, nekatere predloge za izboljšave v tem delu zgolj navajam, pri čemer pa se skušam izogniti tehničnim detajlom, ki se jim zaradi specifičnosti magistrskega dela sicer ne morem v celoti izogniti. Predloge delim na več področij, ki so povezana s strategijo Industrija 4.0 in kriteriji za doseganje statusa pametne proizvodnje:

- tematika Industrije 4.0 in priporočila,
- področje pametne proizvodnje,
- nove tehnologije, pridobivanje informacij, investiranje in izobraževanje,
- robotizacija, avtomatizacija upravljanja in nadzora proizvodnega procesa,
- informatizacija proizvodnega procesa,
- materialna sledljivost in sledljivost procesnih parametrov,
- zagotavljanje kakovosti proizvodnega procesa.

Izvedene izboljšave in izboljšave, ki se še izvajajo, po posameznih naštetih področjih pozitivno vplivajo na proizvodni proces. Trenutno stanje izboljšav po posameznih področjih in ocenjene prihranke bom prikazal v naslednjih točkah tega poglavja. Ocenjeni prihranki vseh navedenih izboljšav so zbrani v Prilogi 6.

2.2 Poznavanje osnovnih priporočil Industrije 4.0 in povezanost s strategijo

Podjetje in z njim proizvodno področje priporočila Industrija 4.0 nima posebej opredeljena v strategiji, nima pa tudi posebnih projektov povezanih z obravnavano problematiko. Prekrivanje nekaterih projektov s priporočili Industrija 4.0 je zgolj delovanje v smeri

logične nadgradnje proizvodnih procesov. V Tabeli 1 sem izpostavil le nekaj glavnih povezav med priporočili Industrije 4.0 in podjetjem Elistel.

Tabela 1: Skladnost delovanja podjetja s ključnimi priporočili Industrije 4.0

Priporočila Industrija 4.0	Delovanje podjetja
Podjetje naj v strategiji upošteva priporočila Industrija 4.0.	Podjetje in posamezna področja nimajo projektov izpeljanih iz priporočil Strategije 4.0, ampak so projekti določeni glede na izpostavljene potrebe posameznih področij znotraj podjetja.
Podjetje naj uvaja najsodobnejšo, modularno in računalniško krmiljeno opremo.	Strategija ne predvideva večjih investicij.
Podjetje naj uvaja najnovejše informacijske tehnologije za oddaljeno dostopanje do procesov podjetja	Strategija ne predvideva investiranje v smeri uvajanja naprednih informacijskih tehnologij za oddaljeni dostopanje do procesov.
Podjetje naj izkorišča informacijske tehnologije v oblakih.	Postopno uvajanje se kaže predvsem v večjem izkoriščanju SAP funkcionalnosti, vendar pa bistvenih premikov, ki bi pozitivno vplivali na delovanje proizvodnega področja, ni.
Podjetje naj se povezovanje z institucijami in podjetji, ki lahko veliko prispevajo k razširitvi poslov in globalni konkurenčnosti.	Podjetje se povezuje z institucijami in podjetji na področjih realizacije večjih projektov doma in v tujini, povezovanje pa ne velja za proizvodno področje.

2.3 Uvedba metod vitke proizvodnje

Projekt uvedbe metod vitke proizvodnje (Elistel, 2015b, str. 1-17) poteka zadnji dve leti. Letošnje leto se je projekt (Elistel, 2016b, str. 1-29) osredotočil na dela zaposlenih, ki ne dodajajo nobene dodane vrednosti. Pozitivni rezultati se kažejo predvsem v urejenosti proizvodnega procesa in postopnem odpravljanju izgub proizvodnega procesa. Prihranki prvega leta so ocenjeni na 3.600 delovnih ur v proizvodnem procesu predvsem na internem transportu in preglednosti, kje se nahajajo delovna sredstva in nedokončana proizvodnja. Stanje pred uvajanjem in trenutno stanje uvajanja metod vitke proizvodnje prikazuje Tabela 2.

Tabela 2: Primerjava stanja pred uvajanjem in trenutno stanje uvajanja metod vitke proizvodnje

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Razmestitev opreme proizvodnega procesa je odvisna od postavljenih internih avtomatiziranih skladišč.	Premestitev internih avtomatiziranih skladišč je omogočila preglednejšo ureditev proizvodnega procesa.
Proces ima veliko internega transporta.	Postavitev opreme proizvodnega procesa je skladna z materialnim tokom.
Priprava nekaterih delovnih mest traja dolgo, nekatere delovne operacije se izvajajo na več delovnih mestih.	Izgube posameznih kritičnih delovnih operacij so identificirane. Vzpostavljena je optimalna ureditev večine delovnih mest.
Preventivno vzdrževanje opreme proizvodnega procesa se izvaja med rednim delovnim časom. Operaterji tako čakajo na sprostitev delovnega mesta.	Preventivno vzdrževanje se načrtuje skladno z obremenitvijo opreme proizvodnega procesa. Veliki vzdrževalni posegi se vnaprej planirajo skupaj z Logistiko podjetja.
Pregled nad trenutnimi rezultati in izzivi ima samo ožje vodstvo proizvodnega procesa.	Informacija o trenutnih rezultatih in izzivih proizvodnega procesa so predstavljeni na velikih panojih vsem zaposlenim.

2.4 Sledenje globalnim tehnološkim trendom

Med letno planiranje stroškov proizvodnega področja spadajo tudi stroški obiskov strokovnih sejmov, konferenc in tehnoloških dni, ki jih organizirajo proizvajalci najsodobnejše proizvodne opreme, ter sodelovanje v domačih in tujih strokovnih skupinah. To je ena od dokaj poceni oblik izobraževanja, saj s tem pridobiva pomembne informacije tudi management podjetja. Na osnovi teh informacij se lahko postavlja strategija tehnološkega razvoja proizvodnega področja. Prihranki v tabeli 3 naštetih uvedenih tehnologij na letni ravni so ocenjeni na okoli 5.400 delovnih ur. V strateškem dokumentu podjetja Elistel (Elistel, 2013b, str. 1-7) je navedenih nekaj novih tehnologij, stanje trenutne uvedbe pa prikazuje Tabela 3.

Tabela 3: Stanje uvedenih najnovejših tehnologij

Predlagana tehnologija	Uvedena tehnologija
Lasersko označevanje izdelkov.	Stanje je nespremenjeno.
Klimatizirani nanos spajkalne paste.	Na dveh proizvodnih linijah tehnologija uvedena.
Postopna zamenjava naprav za polaganje komponent z elektronskimi podajalniki.	Stanje je nespremenjeno.
Peč z dodatno funkcijo vakuuma.	Stanje je nespremenjeno.
Brezpapirno poslovanje v proizvodnem procesu.	Uvedeno na nekaj izbranih izdelkih.
Avtomatsko vstavljanje komponent namesto ročnega.	Stanje je nespremenjeno.
Tri dimenzionalno avtomatsko pregledovanje kakovosti procesa spajkanja	Uvedeno samo na eni proizvodni liniji.
Uvedba MES proizvodnega informacijskega sistema.	Manjši del funkcionalnosti pokriva SAP.
Uvedba standardnih metod avtomobilske industrije v proizvodni proces.	Stanje je nespremenjeno.

2.5 Robotizacija in avtomatizacija delovnih mest

2.5.1 Združevanje delovnih operacij

Združevanje več delovnih operacij pomeni eno od oblik avtomatizacije procesa, ki pa zahteva razvoj materialne in programske opreme. Uvedba paralelnega programiranja in testiranja elektronskih plošč pomeni izredno velik prihranek pri samem času izvajanja dela, hkrati pa uvaja avtomatsko beleženje nekaterih procesnih parametrov, prenos podatkov v nadrejeni informacijski sistem SAP in sprotni prikaz rezultatov. Prihranki glede na število letno proizvedenih izdelkov, kjer se sistem paralelnega programiranja in testiranja uporablja, pomenijo zmanjšanje delovnih ur za 80 odstotkov. Tabela 4 prikazuje stanje pred in po uvedbi sistema paralelnega programiranja in testiranja.

Tabela 4: Primerjava stanja pred in po uvedbi paralelnega programiranja in testiranja

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Več delovnih operacij se izvaja zaporedno.	Sistem omogoča paralelno izvajanje delovnih operacij, kar bistveno pohitri celoten proces.
Oprema vsake delovne operacije je razmeščena na svojem delovnem mestu.	Oprema več delovnih mest se združi na enem, kar pomeni lažje obvladovanje logističnih proizvodnih procesov in večjo preglednost.
Nekatera delovna mesta imajo del opreme enake.	Sistem združevanja delovnih operacij pomeni, da se oprema več operacij združi in odvečna oprema koristi za podvojitev delovnih mest v primeru zahteve za povečanje propustnosti proizvodnega procesa.
Preglednost nad razpoložljivostjo delovnih mest je slaba. Ni informacijskega sistema, ki bi pokazal vodjem zasedenost posameznih delovnih mest.	Primer paralelnega programiranja in testiranja je proces iz štirih delovnih mest zmanjšal na eno delovno mesto, kar bistveno zveča preglednost procesa. Sistem je povezan z nadrejenim informacijskim sistemom SAP.
Prenos informacij s posameznega delovnega mesta v informacijski sistem SAP poteka ročno.	Sistem združevanja delovnih operacij ima možnost prenosa podatkov in podatkovnih baz v informacijski sistem SAP.
Vzdrževanje opreme delovnih mest je dokaj kompleksno.	Delovnih mest in proizvodne opreme je manj, posledično je manj vzdrževanja. Višek opreme je razpoložljiv za enostavno zamenjavo opreme v primeru, da ta ne deluje.

2.5.2 Uvedba linijskega manipulatorja

Linijski manipulator je naprava, ki omogoča testiranje in programiranje elektronskih plošč. Konfiguracija naprave je grajena tako, da jo je mogoče uporabljati glede na dostopnost testnih in programskih naprav v poljubni konfiguraciji nameščenih naprav v manipulatorju. Linijski manipulator ima lahko spredaj in zadaj poseben zalogovnik plošč in deluje samostojno kot proizvodni otok, lahko pa je postavljen direktno v poljubno linijo za

izdelavo plošč. Prihranki na letni ravni so 5.400 delovnih ur pri uporabi manipulatorja kot proizvodnega otoka. Stanje pred in po uvedbi linijskega manipulatorja prikazuje Tabela 5.

Tabela 5: Primerjava stanja pred in po uvedbi linijskega manipulatorja

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Zamenjava izdelka na delovnem mestu traja veliko časa.	Operater zamenja zgolj vmesnik v napravi, vse ostale nastavitve se izvedejo s pomočjo programa.
Start programa za vsak izdelek je pogojen z vpisovanjem več identifikacijskih podatkov.	Vsi identifikacijski podatki so v informacijskem sistemu. Za start programa je potreben katerikoli od identifikacijskih podatkov, konkretno pa čitalec črtne kode avtomatsko prebere potreben podatek.
Vse postopke operaterji izvajajo ročno.	Delo je popolnoma avtomatizirano, saj operater samo pripravi elektronske plošče za pričetek dela in dobre elektronske plošče ob zaključku dela prestavi na naslednjo delovno operacijo, slabe pa da na popravilo.
Delovno mesto je statično, običajno se na njem izvaja ena delovna operacija.	Delovno mesto se lahko uporablja samostojno, lahko v kombinaciji s podajalniki plošč, lahko v liniji z drugimi avtomatiziranimi ali robotiziranimi sistemi. Glede na konfiguracijo sistema se lahko izvaja več delovnih operacij istočasno, lahko se uporablja za različne tipe elektronskih plošč.
Podatke iz procesa operaterji beležijo na posebne formularje, te pa kasneje prepisujejo v informacijski sistem.	Podatki za posamezne elektronske plošče se zbirajo interno in avtomatsko pošiljajo v nadrejeni informacijski sistem.
Ponavljajoče se napake v procesu redko povzročijo ustavitve procesa in dodatne aktivnosti.	Proces se avtomatsko ustavi na osnovi dobljenih analitičnih podatkov in zahteva kontrolirano rešitev.
Podatki so zbrani v različnih informacijskih sistemih in se analizirajo na osnovi zahteve ali vsaj z zamikom enega dne, odločitve pa so odvisne od operaterjev ali vodij.	Podatki so zbrani v centralnem informacijskem sistemu in/ali posredovani v oblak, analize se izvajajo v realnem času, odločitve so posredovane kot odločitveni kriteriji sprostitve procesa.

2.5.3 Uvedba namenskega manipulatorja

Namenski manipulator je naprava, ki omogoča delno nadomestilo ročnih delovnih operacij. Manipulator je grajen iz standardnih mehanskih sklopov in komponent, kar omogoča dokaj enostaven razvoj, predvsem pa enostavno vzdrževanje. Razvit je na osnovi analize več delovnih mest, opravlja pa dela kot na primer dodajanje mehanskih komponent, vijačenje, pritiskanje, nanašanje lepila in izvajanje meritev. Ročna dela so v podjetju težko merljiva, pravzaprav ni vzpostavljenega mehanizma beleženja porabe časa operaterja za določeno opravljanje dela, niti ni primerjave med potrebnim in porabljenim časom. Zato so strokovnjaki tehnologji razvili manipulator za nanos posebne zaščitne mase na površino elektronske plošče, dodajanje hladilnikov na že integrirane komponente elektronske plošče, dodajanje posebne paste, obtežitev določenih komponent in vijačenje posebnih elektronskih sklopov. Manipulator se upravlja preko internega krmilnika, kar pomeni, da ima vsaka elektronska plošča ali sklop svoj program in svoje standardne mehanske adapterje. Priprava manipulatorja je ob menjavi izdelka izredno hitra, program za delo pa se starta preko identifikacijske številke izdelka. Operater se identificira ob prvem vklopu manipulatorja, v času delovanja pa ima vgrajeno časovno kontrolo, ki še preverja operaterjevo prisotnost. Vsi ostali logistični in procesni podatki se nahajajo v podatkovnih bazah informacijskega sistema SAP, s katerim je manipulator stalno povezan. Prihranki na letni ravni so ocenjeni na 1.800 delovnih ur. Stanje pred in po uvedbi namenskega manipulatorja prikazuje Tabela 6.

Tabela 6: Primerjava stanja pred in po uvedbi namenskega manipulatorja

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Delo se izjava ročno.	Operater skrbi za dodajanje materiala in vzdrževanje sistema.
Start in zaključek aktivnosti nadzirajo vodje.	Operater se identificira na začetku procesa, manipulator preko identifikacijskih številc izdelka zbira podatke o poteku izvajanja dela.
Delo poteka po pisnih navodilih.	Navodila so elektronska in dosegljiva kadarkoli med izvajanjem.
Delo se izvaja na zaupanje operaterja.	Večina del se izvaja avtomatsko, vsa ročna dela pa zahtevajo posebno potrditev operaterja, ki pa časovno ne predstavlja bistvene porabe časa.

se nadaljuje

nadaljevanje

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Kakovost procesa se izvaja preko kasnejših delovnih operacij in zelo niha od dneva do dneva, odvisna je tudi od operaterja.	Kakovost izvedenih del ni odvisna od operaterja, vpliv ima samo še slaba kakovost materiala.
Vsi podatki procesa se beležijo ročno in kasneje prepisujejo v informacijski sistem.	Vsi potrebni podatki se avtomatsko shranjujejo za vsak posamezen izdelek v datoteki izdelka (angl. <i>log file</i>) in se prenašajo v informacijski sistem podjetja.
Kasnejše analize procesa se ne izvajajo.	Analize se izvajajo v realnem času, na zahtevo ali pa so vnaprej določene. Vhodni parametri za izbor so lahko poljubni (serijska številka, naziv, mnemonik, posebne identifikacije, datumska koda, operater, itd)
Reševanje reklamacije kupcev zahtevajo izredno veliko dela, največkrat ni možno definirati razlogov.	Vsi podatki za analizo stanja v primeru reševanja reklamacij kupcev so dostopni glede na identifikacijsko številko izdelka.

2.5.4 Avtomatizacija ročnega dela

Pogoj za kakršnokoli zbiranje in posredovanje informacij na ročnih delovnih operacijah je delna ali popolna avtomatizacija delovnega mesta. Z delno avtomatizacijo naj bi delovno mesto priključili na računalniško mrežo, da bi s tem za vsako delovno mesto pridobili podatke, kdaj se je delovna operacija pričela in kdaj zaključila, ključne parametre izdelka in operaterja. S popolno avtomatizacijo naj bi skušali ročna dela v kar največji meri nadomestiti z večopravilnimi manipulatorji grajenimi na enaki materialni in programski osnovi. Za delovna mesta, kjer niti delna niti popolna avtomatizacija ni možna, pa je potrebno kljub vsemu delovno mesto informatizirati do te mere, da je delovna operacija čim bolj vodljiva in sledljiva preko ustrezne računalniške programske podpore. Trenutni prihranki na letni ravni so ocenjeni na 3.600 delovnih ur, je pa avtomatizacija ročnega dela v začetni fazi postopnega uvajanja. Stanje obvladovanja ročnih delovnih operacij pred in po uvedbi informatizaciji ročnega delovnega mesta prikazuje Tabela 7.

Tabela 7: Primerjava stanja obvladovanja ročnih delovnih operacij pred in po uvedbi informatizacije ročnega delovnega mesta

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Delo operaterja je ročno.	Delo operaterja je še vedno ročno, vendar je nadzorovano z računalniško aplikacijo.
Navodila so pisna.	Računalniška aplikacija vodi operaterja pri izvedbi.
Zanesljivost izvedbe in kakovost nista nadzorovani.	Operater potrdi izvedbo določene delovne operacije, določene operacije so nadzorovane s kamero (angl. <i>Vision system</i>).
Nobeni podatki se ne beležijo, analiz ni.	Podatki o izvedbi in kakovosti delovne operacije se beležijo avtomatsko s pomočjo računalniške aplikacije, prenašajo v informacijski sistem v realnem času, kar omogoča tudi analizo podatkov v realnem času in posledično podatke za odločanje.

2.5.5 Investiranje v manjše robotizirane celice

Manjše robotizirane celice nadomeščajo ročna dela ali pa vsaj olajšajo ročna dela operaterjev. Investiranje v takšne robotizirane celice danes ni več pogojeno s proizvodnjo velikih serij izdelkov, ker se takšne naprave za delo programira izredno hitro. Naprave se programirajo med normalnim operativnim delovanjem, izvedbo nalog pa pogojujejo samo standardizirana prijemala. Naprave imajo svojo diagnostiko delovanja in možnost upravljanja preko pametnih informacijskih naprav kot na primer tipkovnica za upravljanje na daljavo (angl. *Remote controll keyboard*). Trenutno deluje pet robotskih celic, ki delujejo manj kot polovico delovnega časa, prihranki pa so na letni ravni ocenjeni na 1.800 delovnih ur. Stanje pred in po uvedbi robotskih celic prikazuje Tabela 8.

Tabela 8: Primerjava stanja pred in po uvedbi robotskih celic

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Delo se izvaja ročno.	Operater skrbi za dodajanje materiala in vzdrževanje sistema.
Kakovost dela je odvisno od operaterja in se nepravilnosti v proizvodnem procesu najdejo šele v kasnejših fazah procesa ali celo pri kupcu.	Rezultati procesa se nadzirajo preko sledenja procesnih parametrov ali ustreznih kamer, pri čemer se procesni parametri korigirajo ali pa se proces ustavi ter zahteva dodatne aktivnosti.
Ni podatkov o procesnih parametrih.	Robotska celica ima možnost povezave na nadrejeni informacijski sistem in izmenjavo podatkov za programiranje, krmiljenje in vzdrževanje.

2.6 Informacijska povezanost delovnih mest

2.6.1 Uvedba elektronskega spremnega lista

Ukinitev spremljanja operativne proizvodnje preko beleženja na papirnate obrazce in prepisovanje podatkov v informacijski sistem nadomešča uvedba elektronskega spremnega lista. Istočasno računalniška aplikacija omogoča vnos podatkov delovnih operacij, kjer delna ali popolna avtomatizacija ni možna. Je pa vnos podatkov za sledljivost in analize procesa bistvenega pomena, saj omogoča pregled nad celotnim procesom in ne dopušča manipuliranja s podatki iz procesa tako operaterjem kot vodstvu. Sistem je uveden le na nekaj izdelkih, zato so prihranki na letni ravni veliko manjši od pričakovanih in so ocenjeni na okoli 200 delovnih ur letno. Stanje beleženja podatkov pred in po uvedbi spremnega lista prikazuje Tabela 9.

Tabela 9: Primerjava stanja beleženja podatkov pred in po uvedbi elektronskega spremnega lista

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Formularji za beleženje podatkov se tiskajo na tiskalnik in dodajajo za vsak delovni nalog posebej sredi proizvodnega procesa.	Vsi potrebni podatki za posamezni delovni nalog in posamezno elektronsko ploščo so že v informacijskem sistemu, podatki so dosegljivi na vsakem delovnem mestu in za vsako delovno operacijo glede na definirano zaporedje delovnih operacij.
Operaterji vpisujejo podatke na papirnatih formularjih.	Operaterji izberejo primeren podatek iz vnaprej definirane naboru veljavnih podatkov (angl. <i>drop-down menu</i>), kjer ni možno vpisati poljubnega podatka.
Vpisovanje podatkov in kakovost vpisanih podatkov nista zanesljiva, saj sta odvisna od operaterjev.	Operaterji morajo vnesti podatek iz definirane izbora, sicer postopka ni možno nadaljevati, podatki iz definirane izbora podatkov pa so smiselno povezani z deli procesa.
Podatke operaterji kasneje prepisujejo iz papirnatih formularjev v informacijski sistem.	Prenos podatkov iz posameznih aplikacij se stalno prenaša v informacijski sistem.
Analiza podatkov iz sistema ni v realnem času.	Analiza podatkov je v realnem času.

2.6.2 Poenotenje tehnoloških informacijskih sistemov

VSS (angl. *Visual Source Save*) informacijski sistem je vseboval vse tehnološke podatke, ki so se preko programske aplikacije prenašali po določenem algoritmu v informacijski sistem SAP. Pomanjkljivost celotnega sistema je bila vzdrževanje dodatnega informacijskega sistema VSS. Večina delovnih operacij se je združevala, tako da SAP informacijski sistem ni prikazoval dejanskega stanja proizvodnega sistema. Z uvedbo dodatnih funkcionalnosti SAP danes poleg vseh detajlnih podatkov delovnih operacij vsebuje tudi potrebno razvojno in tehnološko dokumentacijo. Prihranki na letni ravni so 7.200 delovnih ur pri pripravi tehnoloških postopkov in informacij v logističnem in proizvodnem procesu. Primerjavo stanja pred in po uvedbi tehnoloških matičnih podatkov v SAP informacijski sistem prikazuje Tabela 10.

Tabela 10: Primerjava stanja pred in po uvedbi tehnoloških matičnih podatkov v SAP informacijski sistem

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Avtonomni informacijski sistem VSS s svojo podatkovno bazo.	Informacijski sistem VSS je ukinjen, vsi matični podatki so preneseni v SAP informacijski sistem.
Vnos podatkov v VSS informacijski sistem, združevanje podatkov po delovnih operacijah in prenos vseh podatkov v SAP z uporabo posebne SW aplikacije.	Vnos vseh podatkov direktno v SAP.
Tehnološka dokumentacija je shranjena samo v VSS informacijskem sistemu, tako da operaterji uporabljajo tako VSS kot tudi SAP.	Tehnološka dokumentacija je shranjena v SAP, operaterji uporabljajo samo en informacijski sistem.
Logistika podjetja in operativna logistika proizvodnje nima detajlnih podatkov za planiranje in slednje proizvodnega procesa.	Logistika in operativna logistika proizvodnje ima vse detajlne podatke za planiranje in sledenje proizvodnega procesa.
Ni povezave med delovnimi mesti in informacijskim sistemom SAP.	Vsa avtomatizirana in robotizirana delovna mesta ter posebna ročna delovna mesta matične podatke črpajo iz informacijskega sistema SAP, podatke o izvajanju delovnih operacij pa se prenašajo iz delovnih mest nazaj v SAP.

2.6.3 Linijska postavitve procesa

Linijska postavitve procesa pomeni zaporedno postavitve strojev, vmesnega transporta in ročnih delovnih operacij. Linija je lahko namenska za izdelek velikih serij ali skupino izdelkov. Vzpostavljene so tri namenske linije, kjer se na vsaki liniji izdelujejo podobni izdelki. Prihranki na kompleksnih izdelkih, kjer je trenutno vsaj po 10 delovnih mest, je na letnem nivoju na vsaki liniji 5.400 delovnih ur. Stanje pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje namenske linije prikazuje Tabela 11.

Tabela 11: Primerjava stanja pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje namenske linije

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Zamenjava izdelka na delovnem mestu traja precej časa.	Zamenja se zgolj vmesnik v napravi, vse ostale nastavitve se izvedejo s pomočjo programa.
Start programa za vsak izdelek je pogojen z vpisovanjem več identifikacijskih podatkov.	Vsi identifikacijski podatki so v informacijskem sistemu, za start programa je načeloma potreben katerikoli od identifikacijskih podatkov, konkretno pa čitalec črtne kode avtomatsko prebere potreben podatek.
Interni transport izdelka in uporabljenih materialov ni optimalen.	Delovna mesta so razporejena po zaporedju izvajanja delovnih operacij. Na vsakem posameznem delovnem mestu je čas izvajanja del maksimalno izkoriščen. Na delovnem mestu je samo nujno potrebna oprema. Navodila za delo so elektronska. Transport izdelka v procesu izdelave je po posebnem traku z uporabo namenskih držal ali pa se enostavno vstavi v zalogovnik naslednjega delovnega mesta. Material se že na skladišču pripravi za posamezno delovno mesto.

2.6.4 Nadgradnja univerzalne linije

Univerzalne linije so običajno v proizvodnih procesih izredno kompleksne. V linijo sestavljanja kompleksnih elektronskih plošč (angl. *Surface Mount Technology line - SMT line*) je uvedena nova oprema za tiskanje in testiranje nanosa spajkalne paste, ki je informacijsko povezana med seboj. V celotno linijo je uvedena nova programska oprema, ki že omogoča vzpostavitev procesne in materialne sledljivosti ter vnaprejšnjo pripravo določenih podatkov in podatkovnih baz za prenos v nadrejeni informacijski sistem SAP. Prihranek na letnem nivoju je 1.800 delovnih ur, ker so vsi prenosi podatkov vnaprej pripravljeni, sam prenos pa se izvaja avtomatsko. Stanje pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje univerzalne linije prikazuje Tabela 12.

Tabela 12: Primerjava stanja pred in po uvedbi programske in materialne nadgradnje univerzalne linije

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Generirane podatkovne baze posameznih strojev v liniji niso povezane.	Posebna programska aplikacija ima možnost zbiranja določenih podatkov iz podatkovnih baz naprav, vendar možnost še ni v celoti izkoriščena.
Podatki o času delovanja, načrtovanih in nenačrtovanih prekinitvah se vpisujejo v posebno aplikacijo, vprašanje pa je, ali se beleži vse in kako točno.	Za vsak stroj posebej, za linijo in za celotno postavitev linij so instalirani posebni senzorji, ki so informacijsko povezani z nadgrajeno osnovno programsko aplikacijo, katere funkcionalnost se ne uporablja. Omogoča pa zbiranje podatkov in v realnem času izvaja analizo stanja naprav.
Podatki o porabi materiala niso dosegljivi, izmet materiala pa je izkustveno določen.	Programska aplikacija preko senzorike na strojih beleži porabo materiala in material, ki ni bil vgrajen na elektronsko ploščo. Programsko orodje se še ne uporablja.
Porabljeni material se v informacijskem sistemu odpisuje glede na seznam materiala elektronske plošče in dodatno algoritem izmeta materiala.	Porabljeni material bi se odpisoval v informacijskem sistemu glede na dejansko porabo.
Senzorika je uvedena za potrebe transporta elektronskih plošč po liniji.	Senzorika je dodatno vgrajena in je namenjena branju identifikacijske oznake elektronske plošče. Preko identifikacije bi se zbirali vsi podatki iz proizvodnega procesa v informacijskem sistemu, vendar je prej potrebno pripraviti sistem zbiranja podatkov in parametrov proizvodnega procesa ter sistem analiziranja zagotoviti preko programske aplikacije in jo kasneje povezati na krovni informacijski sistem SAP.

2.6.5 Uvedba standardnega programskega vmesnika OIB

Programski vmesnik (angl. *Operations Information Broker*, v nadaljevanju OIB) je namenjen za zbiranje določenih podatkov ali celotnih podatkovnih baz iz več naprav

postavljenih v linijo ali iz posameznih naprav in posredovanje v nadrejeni informacijski sistem. OIB uredi strukturo podatkov tako, da na primer SAP informacijski sistem s standardnimi funkcionalnostmi sprejme podatke ali podatkovne baze, jih shrani, analizira in oblikuje poročila. Prihranek na letnem nivoju je 2.700 delovnih ur. Primerjavo stanja pred in po uvedbi programskega vmesnika OIB prikazuje Tabela 13.

Tabela 13: Primerjava stanja pred in po uvedbi programskega vmesnika OIB

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Naprave vsebujejo veliko podatkovnih baz in je iskanje in prenos podatkov izredno kompliciran.	Dostop do podatkovnih baz ali posameznih podatkov znotraj podatkovnih baz naprav je standardiziran.
Podatki iz naprav se ne koristijo za analiziranje trenutnih ali preteklih dogodkov.	Analize potekajo v realnem času in brez dodatnega posredovanja operaterjev.
Vzdrževanje naprav poteka glede na vnaprej določeno periodiko.	Določene naprave se vzdržujejo same glede na rezultate analiz, ostale naprave pa posredujejo podatke vzdrževalcem.
Pridobivanje podatkov o stanju naprav v primeru reklamacij izdelkov praktično ni mogoče.	Vsi podatki so shranjeni v informacijskem sistemu in dostopni za analiziranje.
Vzdrževanje proizvajalcev naprav v primeru težjih napak na napravah je zelo komplicirano zaradi dostopov do podatkov ali ponovljivosti dogodkov.	Vsi pretekli, trenutni ali naključni dogodki so shranjeni in analizirani, tako da vzdrževalci proizvajalca lahko koristijo podatke za boljše analize in določitev nadaljnjih aktivnosti.
Spremembe podatkovnih baz ob spremembah ali posodobitvah navadno pomeni posodobitev ali nov programski vmesnik do nadrejenih informacijskih sistemov MES in/ali SAP.	Podatkovne baze so urejene tako, da spremembe v organizaciji podatkovnih baz naprav ne vplivajo na prenos podatkov v nadrejene informacijske sisteme MES in/ali SAP.

2.6.6 Investiranje v najsodobnejšo medsebojno informacijsko združljivo opremo

Investiranje v najsodobnejšo medsebojno informacijsko povezljivo opremo v eni proizvodni liniji, to je napravo za tiskanje spajkalne paste, napravo za pregledovanje kakovosti tiskanja spajkalne paste in napravo za optično kontrolo izdelka, pomeni

zvečanje proizvodnih kapacitet za več kot 20% predvsem na račun brezprekinitvenega dela strojev, ki sami spreminjajo parametre delovanja procesa. Istočasno so se tudi zmanjšale intervencije operaterjev, pri čemer je prihranek na letni ravni 1.800 delovnih ur. Primerjavo stanja pred in po uvedbi investicije v najsodobnejše informacijsko medsebojno povezljivih naprav prikazuje Tabela 14.

Tabela 14: Primerjava stanja pred in po uvedbi investicije v najsodobnejše informacijsko medsebojno povezljivih naprav

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Naprave niso informacijsko povezane med seboj.	Naprave so informacijsko povezane med seboj.
Delovanje naprav korigirajo operaterji na osnovi negativnih rezultatov na koncu proizvodnega procesa.	Vse tri naprave na osnovi analize podatkov samostojno korigirajo delovanje.
Podatkovne baze in podatki se ne prenašajo v informacijski sistem.	Stanje ni spremenjeno.
Ostale naprave v liniji so povezane med seboj, podatki so zgolj operativni, ni pa sistemskih podatkov in poročil.	Stanje ni spremenjeno.
Posodobitve opreme se načrtujejo za vse proizvodne linije.	Zaradi visokih vrednosti investicij se posodobitve v tej smeri še ne planirajo.

2.7 Materialna sledljivost in sledljivost parametrov proizvodnega procesa

2.7.1 Procesna identifikacija materialov

Podatkovna baza materialov je v podjetju ključna zaradi načrtovalskih procesov, procesov naročanja materiala, procesov povezanih z logistiko materialov in seveda proizvodnim procesom. Podatkovna baza je osnova za identifikacijo materialov. Prihranki so predvsem pri poslovanju z materialom v skladiščih, pri pripravi programov za proizvodne linije in pri reševanju reklamacij s strani kupcev. Prihranki na letnem nivoju so 1.800 delovnih ur. Stanje pred in po uvedbi identifikacije materialov prikazuje Tabela 15.

Tabela 15: Identifikacija materialov

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
V sistemu SAP je samo podatek o dobavi materiala in dobavljeni količini, vsi ostali podatki so v papirni obliki na prevzemnem dokumentu.	Unikatne oznake za posamezen material se generirajo avtomatsko preko že vzpostavljene podatkovne baze v SAP-u. Za vsako dobavo za vsak material se stiskajo posebne nalepke z unikatno številko in nalepijo na embalažo. Vsi dodatni podatki se ali prenesejo iz naročila materiala v sistemu ali pa se dopišejo že pri prevzemu materiala v informacijski sistem.
V eni dobavi je več pakirnih enot istega materiala, ki nima posebne identifikacije.	Vse pakirne enote iste dobave in iste komponente imajo isto unikatno številko. Vsaka pakirna enota bi morala imeti različno unikatno številko, da se kasneje lahko identificira poraba materiala po posamezni embalažni enoti.
V primeru reklamacij in posledično zahtev po identifikaciji uporabljenega materiala je bilo zelo težko zanesljivo ugotoviti, za kateri material je šlo.	Ker se vsi podatki o dobavah hranijo v informacijskem sistemu je možno preko kateregakoli podatka o materialu priti natančno do izvora dobave, ni pa možno dobiti zanesljivega podatka, iz katere embalažne enote je bil material uporabljen.

2.7.2 Uvedba avtomatiziranih skladišč

Avtomatizirana skladišča zamenjujejo klasična regalna skladišča. Predlog projekt uvajanja je že nekaj let ustavljen, ker je investicija velika in pogojena z večjo rastjo proizvodnje.

2.7.3 Procesna identifikacija oznak na izdelkih

Identifikacija izdelkov v procesu je ključnega pomena, saj je s tem zagotovljen pogoj za razpoznavo lokacije izdelka na vsaki stopnji proizvodnega procesa. Ni toliko pomembno kakšne so oznake, pomembno je, da so na dostopen način berljive in da vsebujejo dovolj informacij, ki so nujno potrebne za posamezne delovne operacije procesa. Navadno izdelki vsebujejo veliko identifikacijskih oznak, kar pomeni izredno veliko podatkov. Delna optimizacija identifikacijskih oznak izdelkov je že izvedena. Glavni prihranek optimizacije je zmanjšanje števila nalepk na polizdelkih na polovico, kar sicer pomeni minimalni

materialni prihranek. Prihranek pri stroških dela je ocenjen na 2.500 delovnih ur na leto, kar pomeni manj designiranja, tiskanja in lepljenja nalepk. Vsebina nalepk se ni spremenila, spremenil pa se je format zapisa. Vsi podatki so dostopni v SAP podatkovnih bazah in tudi povezani med seboj. Poizvedovanje za podatki polizdelka se lahko izvajajo z določenimi SAP transakcijami glede na različne podatke polizdelka. Stanje pred in po uvedbi delne optimizacije identifikacijskih oznak na izdelkih prikazuje Tabela 16.

Tabela 16: Primerjava stanja pred in po uvedbi delne optimizacije identifikacijskih oznak na izdelkih

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Tiskanje in lepljenje več nalepk na različnih delovnih mestih, izvor podatkov je iz različnih virov.	Tiska se samo ena nalepka, izvorni podatek podeljuje naprava avtomatsko iz lastnega algoritma, vsi ostali podatki pa so določeni v informacijski bazi in se dodajajo po izbranem algoritmu.
Delovne operacije uporabljajo različne identifikacijske oznake za delovanje.	Vse delovne operacije uporabljajo eno identifikacijsko oznako, ostale potrebne informacije so dosegljive preko mrežne povezave v informacijskem sistemu.
Na posebnih delovnih operacijah operaterji vnašajo identifikacijske podatke v informacijski sistem.	Vse dodatne identifikacijske oznake nastanejo avtomatsko v bazi informacijskih podatkov.

2.7.4 Programska podpora delovanju pametnih strojev

Sledljivost procesov je pogojena z v procesih uporabljenimi napravami, ki so ustrezno informacijsko opremljene in informacijskim sistemom, ki je sposoben zajemati in analizirati parametre procesa. Procesni parametri so ključni za delovanje procesa, se pa zaradi specifičnosti samega procesa sprotno nastavljajo in dodatno prilagajajo z namenom doseganja najboljšega rezultata. Z uvedbo najsodobnejših naprav poleg modularnosti sestave samih naprav slednje vsebujejo tudi dodatno programsko opremo za obvladovanje sledljivosti (angl. *Traceability*). To pomeni zbiranje podatkov o pogojih za delovanje in dejansko delovanje posameznih naprav ali naprav povezanih v linijo. Sledljivost prikazuje primer procesnih parametrov naprave za testiranje kakovosti tiskanje spajkalne paste, kjer analiziranje dobljenih rezultatov stalno prilagaja parametre tiskanje spajkalne paste na napravi za tiskanje za vsak naslednji tisk. Spremembe se beležijo v podatkovni bazi naprave, niso pa niti podatki niti spremembe povezane v nadrejeni informacijski sistem. Kljub vsemu je prihranek na letni ravni 1.800 delovnih ur na vsaki proizvodni liniji, ki se

odraža v manjšem številu napak na izdelkih. Stanje procesnih parametrov pred in po uvedbi programskih aplikacij na pametnih strojih prikazuje Tabela 17.

Tabela 17: Primerjava stanja procesnih parametrov pred in po uvedbi programskih aplikacij na pametnih strojih

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Strojna oprema nima lastne diagnostike o delovanju.	Strojna oprema ima lastno diagnostiko, diagnostika je lahko v povezavi z referenčnim izdelkom (angl. <i>Golden Board</i>).
Strojna oprema ima lastno diagnostiko, vendar na osnovni ravni.	Programska oprema stalno diagnosticira delovanje strojne opreme in jo vzdržuje (umerjanje, strojno vzdrževanje) ter alarmira skladno s potrebami stroja oziroma procesa.
Strojna oprema nima možnosti prenosa podatkov v obliki za prenos v informacijski sistem.	Programska oprema strojne opreme izbrane podatke v določenem formatu pripravi na vnaprej pripravljeno lokacijo, s katere se prenašajo podatki v realnem času v informacijski sistem. Prilagajanje obsega vnosa podatkov poleg podatkov dobljenih iz strojne opreme nima omejitev in se nadaljuje glede na zahteve procesa. Podatki za dodatne analize se preko posebnega programskega vmesnika avtomatsko prenašajo v informacijski sistem podjetja ali v oblak.
Strojna oprema nima programske opreme za analiziranje delovanja strojne opreme in procesa, ki se odvija na strojni opremi.	Programska oprema na strojih stalno analizira delovanje strojne opreme in trenutno delujočega procesa. Vsebinska poročila definira odgovorna oseba glede na namen kot na primer za operaterja, za tehnologa, za vodstvo.

se nadaljuje

nadaljevanje

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Vsak stroj v liniji ima svojo programsko postajo.	Za programiranje strojev se uporablja enotna programska osnova. Stroji imajo skupno programsko postajo, ki je sicer fizično ločena od strojev, je pa povezana preko mrežnih povezav. Programska postaja omogoča izdelavo programov za vse povezane stroje za določeni izdelek, pri čemer programska oprema upošteva medsebojni vpliv delovanja strojev v liniji.
Stroji v liniji nimajo povratne zanke, ki vpliva na delovanje strojev pred njimi.	Programska oprema strojev je preko povratnih zank podatkovno povezana. Že sami stroji do določene mere preverjajo kakovost lastnega delovanja, sicer pa namenski stroji v liniji preverjajo delovanje predhodnih strojev v liniji in stalno korigirajo nastavitve, da proces ostaja v dovoljenih mejah.
Stroji potrebujejo periodično umerjanje in preventivno vzdrževanje.	Stroji se umerjajo ob vsakem zagonu in periodično tekom delovanja spremljajo parametre dovoljenega odstopanja. Gibajoči se deli se mažejo z mazivi samostojno, enako poteka čiščenje, dodajanje tekočin in plinov. Meritve se izvajajo avtomatsko. Podatki se shranjujejo v podatkovnih bazah in so vezani na čas in izdelke, ki se v določenem času izdelujejo. Vsako odstopanje pomeni informiranje operaterjev in prekinitev procesa.

2.8 Kakovost proizvodnega procesa

2.8.1 Nadgradnje informacijskega sistema za obvladovanje kakovosti procesa

Vizualizacija delovanja podjetja zaposlenim daje zelo pomembno informacijo o dogajanju, je pa bistvenega pomena da podatkov ni preveč, da so pregledni in predvsem, da so aktualni. Za delovanje Pametne proizvodnje je pridobivanje podatkov, analiziranje in vplivanje na proces brez stalnega posredovanja operaterjev, analitikov in vodstva glavna

naloga. Podatke delimo na ključne indikatorje procesov KPI (angl. *Key Performance Indicator*) in na podatke delovanja posameznega procesa. Bistvenega pomena je, da imajo analize izvor v informacijskem sistemu. Prihranki na letni ravni so 1.800 delovnih ur. Primer prikaza KPI prikazuje Priloga 4, primer delovanja procesa obvladovanja kakovosti in vizualizacije procesa pa Priloga 5. Stanje pred in po uvedbi nadgradnje informacijskega sistema SAP prikazuje Tabela 18.

Tabela 18: Primerjava stanja pred in po uvedbi nadgradnje informacijskega sistema SAP

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Podatki se ročno vpisujejo v lastno razvito programsko aplikacijo.	Podatki se večinoma vpisujejo v prilagojeno programsko orodje v SAP informacijski sistem.
Analize se izvajajo dolgo, navadno preko noči, da so podatki razpoložljivi naslednjega dne, določene analize se delajo po zaključku celotnega procesa.	Analize se izvajajo sprotno, tako da so rezultati za nadaljnje aktivnosti na voljo brez časovnega zamika.
Podatki za vmesna in končna poročila za KPI in procese se v poročila vnašajo ročno, enako se delajo tudi različni grafi.	Stanje je nespremenjeno, poročila ne nastajajo iz informacijskega sistema ob izbrani periodiki.
Aktivnosti glede na podatke in poročila se izvajajo glede na kritičnost vpliva na proizvodni proces, presojo kritičnosti pa oceni strokovno osebje.	Stanje je nespremenjeno, ni merljivega sistema dopustnega odstopanja.
Ni velikih ekranov s ključnimi informacijami podjetja in proizvodnega procesa.	Celotni proizvodni proces ima en manjši ekran poleg vodstva proizvodnje, kjer pa so samo splošne informacije podjetja in proizvodnje, ni pa podatkov ključnih proizvodnih procesov.

2.8.2 Sistem inovacij v proizvodnem procesu

V podjetju deluje sistem inovacij. V proizvodnem procesu imajo vsi zaposleni v letnih ciljih nalogo prijaviti določeno število inovacijskih predlogov. Nekateri prihranki se upoštevajo kot zmanjšanje stroškov proizvodnega procesa, se pa na letnem nivoju ne beležijo. Stanje pred in po uvedbi sistema inovacij preko letnih ciljev zaposlenih prikazuje Tabela 19.

Tabela 19: Primerjava stanja pred in po uvedbi sistema inovacij

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi
Prijava predloga na prostovoljni bazi.	Prijava predlogov zaradi doseganja enega od letnih ciljev zaposlenih in KPI-ja se odraža v velikem porastu predlogov.
Predlagano je manjše število predlogov z velikim obsegom dela ob realizaciji.	Večina predlogov je opredeljeno kot manjše inovacije.
Inovacije prijavljajo timi.	Inovacije prijavljajo večinoma posamezniki.
Inovacije močno vplivajo na optimizacijo proizvodnega procesa.	Veliko je manjših izboljšav procesa.

3 ANALIZA PROIZVODNIH SISTEMOV

Podjetje v proizvodnih procesih nedvomno potrebuje izboljšave, kar je ključ razvoja procesov. Pa ne samo v proizvodnem procesu, pač pa tudi v procesih, ki so povezani na proizvodni proces.

3.1 Analiza stanja v podjetjih

Analiza stanja v podjetjih obravnava delovanje podjetij in njihovega proizvodnega področja ter z njim povezanimi aktivnostmi, ki preko priporočil za vzpostavitev pametne proizvodnje v sklopu standarda Industrija 4.0, vplivajo na organiziranost in delovanje procesov.

Namen analize je za posamezna podjetja najprej ugotoviti njihovo stopnjo skladnosti s tematiko posameznega vprašanja, posameznega sklopa vprašanj in pa celotnega vprašalnika. Na osnovi dobljenih rezultatov sem primerjal rezultate med državami po posameznih sklopih vprašanj in vsebinsko izpostavil pomembne dobre in slabe rezultate. Vse dobljene rezultate sem primerjal z rezultati podjetja Elistel in ga tako rezultatsko umestil med 65 anketiranih podjetij. Ker je podjetje Elistel globalno podjetje, sem s tem tudi ocenil njegovo konkurenčnost.

Za analizo stanja v podjetjih sem izdelal vprašalnik, ki je priloga 2 tega magistrskega dela. Vprašalnik temelji na osnovi študije nemškega inštituta Fraunhofer (Spath et al., 2013, str. 40-131) vprašalnika za ocenjevanje dobaviteljev avtomobilske industrije po standardu VDA6.3 (VDA, 2010, str. 49-118), vprašalnika Slovensko – nemške gospodarske zbornice

(Slovensko-nemška gospodarska zbornica, 2015, str. 1-5) in lastnih dolgoletnih izkušnjah pri delu na področju tehnologije in proizvodnje. Vprašalnik je sestavljen iz sedmih sklopov vprašanj, na katere sem iskal odgovore in glede na rezultate in poznavanje tematike kasneje komentiral rezultate. Vprašalnik je sestavljen tako, da pokriva osnovna vprašanja:

- s področja tematike Industrije 4.0 in priporočil,
- povezana s pametno proizvodnjo,
- novih tehnologij, pridobivanja informacij, investiranjem in izobraževanjem,
- s področja robotizacije, avtomatizacije upravljanja in nadzora proizvodnega procesa,
- s področja informatizacije proizvodnega procesa,
- s področja materialne sledljivosti in sledljivosti procesnih parametrov,
- s področja zagotavljanja kakovosti proizvodnega procesa.

Za vsako vprašanje je navedena obsežna razlaga, za ocenjevanje odgovora pa je predvidena standardna merska lestvica z ocenami od 1 do 5. Ocena 1 pomeni nepoznavanje teme vprašanja ali da se podjetje s tem ne ukvarja, ocena 5 pa dobro poznavanje teme ali že dobro in z rezultati ovrednoteno uvedeno aktivnost v podjetje oziroma proizvodni proces.

V analizo je bilo vključenih 65 podjetij, ki so lastniško ali zgolj poslovno povezana s podjetjem Elistel in mojim delom. Analizirana podjetja se ukvarjajo s proizvodnimi aktivnostmi na področju elektronske industrije. Nekaj podjetij se ukvarja s kovinsko industrijo, vendar so tesno povezani s proizvodnjo elektronskih naprav. Vsa analizirana podjetja so po dejavnosti primerljiva s podjetjem Elistel, seveda pa ima vsako podjetje glede na izdelke, ki jih proizvaja, svoje specifične proizvodne dejavnosti. Struktura analiziranih podjetij:

- 5 izraelskih podjetij je bilo anketiranih s po enim predstavnikom. Štiri podjetja se ukvarjajo z elektronsko industrijo in so primerljiva s podjetjem Elistel, eno podjetje pa proizvaja kovinske izdelke za elektronsko industrijo.
- 15 nemških podjetij je bilo anketiranih s po enim predstavnikom. Vsa podjetja delujejo v elektronski industriji in so primerljiva s podjetjem Elistel.
- 10 azijskih podjetij je bilo anketiranih s po enim predstavnikom. Vsa podjetja delujejo v elektronski industriji in so primerljiva s podjetjem Elistel.
- 10 ruskih podjetij je bilo anketiranih s po enim predstavnikom. Sedem podjetij deluje v elektronski industriji, pri čemer sta s podjetjem Elistel primerljivi samo dve podjetji. Tri podjetja od desetih anketiranih ruskih podjetij proizvaja kovinske izdelke za elektronsko industrijo.
- 10 iranskih podjetij je bilo anketiranih s po enim predstavnikom. Vsa podjetja se ukvarjajo z elektronsko industrijo, pri čemer se eno podjetje ukvarja samo z razvojem. Zaradi trenutne gospodarske situacije je s podjetjem Elistel primerljivo le pet podjetij v izbranih segmentih proizvodnega procesa.

- 15 slovenskih podjetij je bilo analiziranih s po enim predstavnikom. Vsa podjetja delujejo v elektronski industriji in so primerljiva s podjetjem Elistel.
- Obravnavano podjetje Elistel je bilo anketirano s 30-imi predstavniki.

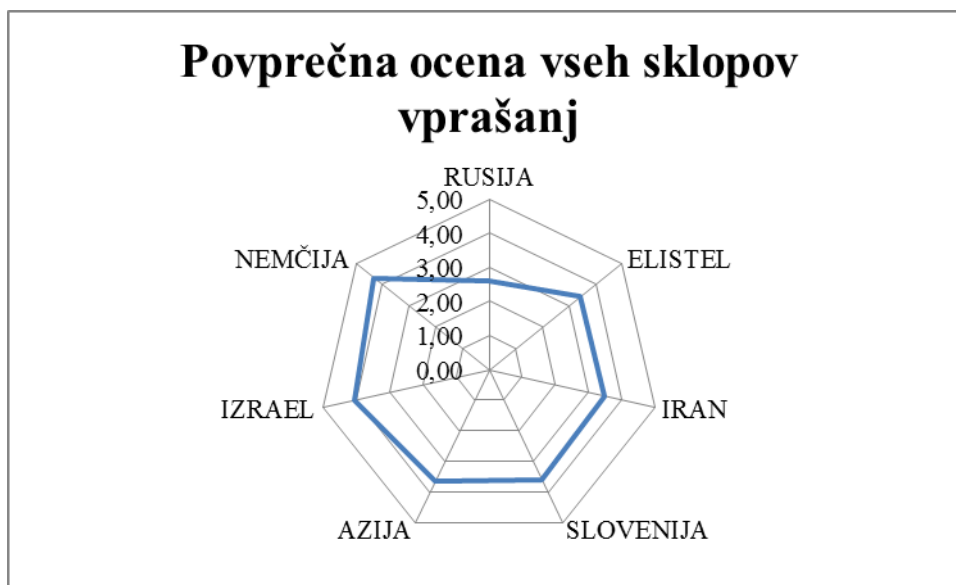
Vprašalnik sem preko maila posredoval ali osebno izročil zaposlenemu v analiziranem podjetju, za katerega sem presodil, da dobro pozna delovanje podjetja, še posebno pa delovanje proizvodnega področja. Anketirani delajo na različnih področjih kot so direktor podjetja, vodje proizvodnje, tehnologije in kakovosti. Anketirani v podjetju Elistel pa delajo na področju proizvodnje, tehnologije, logistike in kakovosti.

Prvim anketirancem so bili vprašalniki poslani že v sredini leta 2014, zadnjim na začetku leta 2016. Tako pri tujih kot domačih anketirancih je bil odziv na začetku precej slab, tako da sem moral posamezne anketirance večkrat prositi, če lahko vrnejo izpolnjen vprašalnik. Maja 2016 sem dobil vse izpolnjene vprašalnike, kar je bil pogoj za primerjavo med analiziranimi podjetji in državami.

3.2 Rezultati analiziranih podjetij po državah ali področjih

Rezultate analiziranih podjetij po državah ali področjih prikazuje Slika 8.

Slika 8: Analiza rezultatov povprečnih ocen za analizirana podjetja

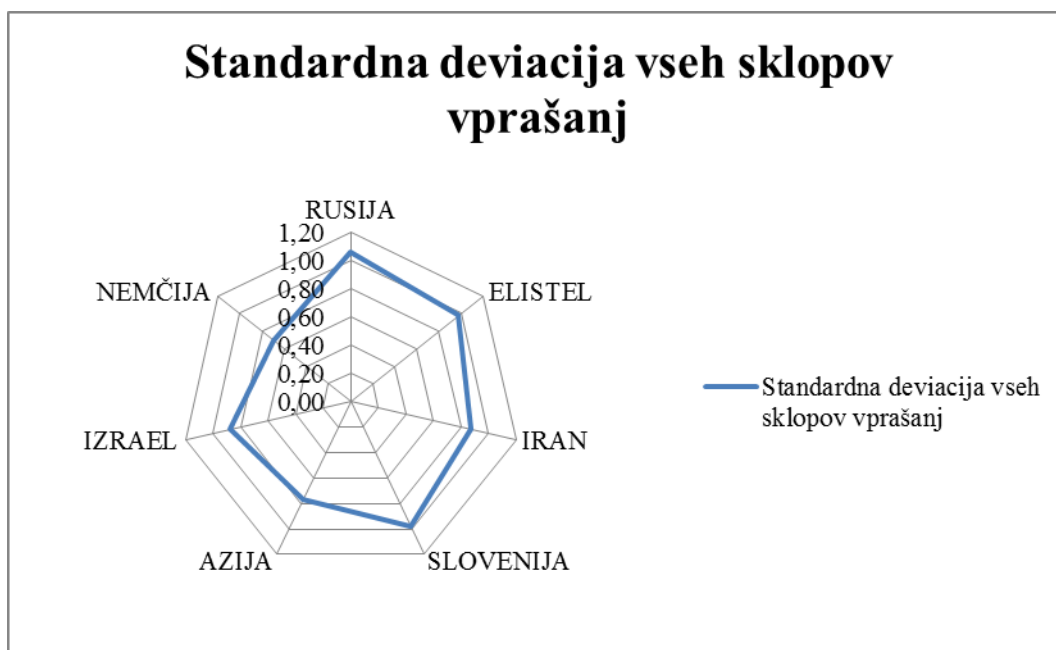


Glede na dobljene rezultate povprečnih ocen vseh sklopov vprašanj je razvidna vodilna vloga nemških podjetij, kar je razumljivo, saj je nemško gospodarstvo in z njim povezano vlaganje v pametna podjetja izredno agresivno. Poznavanje priporočil Industrija 4.0 in njihovo udejanjanje je glede na rezultate iz vprašalnika in ob sočasnem spremljanju dogajanja analiziranih podjetij na izredno visoki ravni. Seveda pa tudi ostala analizirana

podjetja v navedenih držav v povprečju ne zaostajajo veliko. Izjema so analizirana ruska podjetja, kjer so določena podjetja šele na začetku svojega delovanja. To pa ne izključuje možnosti, da bo njihov prehod za vzpostavitev pametne proizvodnje časovno krajši od ostalih analiziranih podjetij.

Odgovori na vprašanja imajo najmanjši standardni odklon pri analiziranih nemških podjetjih, kar pomeni, da večina podjetij deluje zelo skladno in da bistvenih odstopanj v delovanju ni. Dokaj usklajeno delujejo tudi azijska podjetja, za kar je vzrok iskati v izbiri podjetij, ki se ukvarjajo z enakimi končnimi proizvodi in ki jih prodajajo na istih trgih. Ostala analizirana podjetja vključno s slovenskimi in obravnavanim podjetjem Elistel delujejo manj usklajeno. Izstopajo pa ruska podjetja zaradi izbire podjetij različnih branž, ki se sicer medsebojno dopolnjujejo. Podobno strukturo kot ruska podjetja ima tudi Izrael vendar pa s precej manjšim standardnim odklonom odgovorov. Slika 9 prikazuje standardni odklon odgovorov vseh analiziranih podjetij v navedenih državah.

Slika 9: Analiza rezultatov standardnih odklonov za analizirana podjetja



3.3 Rezultati analiziranih podjetij po sklopih vprašanj

S sedmimi sklopi vprašanj skušam prikazati približno sliko obravnavanega podjetja Elistel, slovenskih podjetij in nekaterih tujih podjetij na različnih delih sveta in njihovo delovanje primerjati med seboj. Pri vsakem sklopu vprašanj stanje v podjetju Elistel predstavim še podrobneje. Priloga 9 prikazuje podrobne rezultate stanja skladnosti z Industrijo 4.0. Tabela 20 prikazuje povprečne ocene po sklopih vprašanj.

Tabela 20: Povprečne ocene po sklopih vprašanj analiziranih podjetij

Naziv države	Povprečna ocena po sklopih vprašanj						
	1. sklop vprašanj	2. sklop vprašanj	3. sklop vprašanj	4. sklop vprašanj	5. sklop vprašanj	6. sklop vprašanj	7. sklop vprašanj
Elistel	3,79	3,95	2,59	3,47	3,73	3,12	3,45
Slovenija	4,08	4,03	3,16	3,61	3,75	3,15	3,39
Iran	3,38	3,30	2,92	3,26	2,92	4,08	4,46
Azija	3,84	3,28	3,44	3,80	3,18	4,02	3,76
Nemčija	4,82	4,22	4,54	4,34	3,80	3,86	4,60
Rusija	2,06	2,48	2,82	2,34	2,26	2,90	3,26
Izrael	3,84	4,00	4,52	3,52	3,64	4,32	4,60

Tabela 21 prikazuje standardni odklon po sklopih vprašanj.

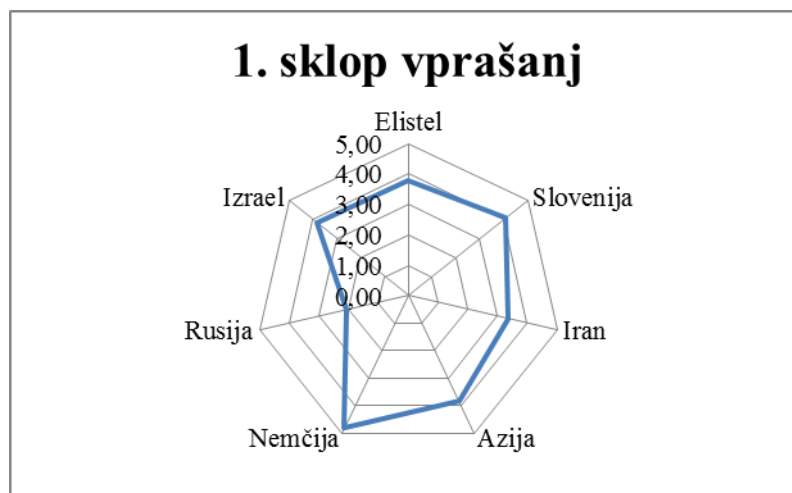
Tabela 21: Standardni odklon po sklopih vprašanj analiziranih podjetij

Naziv države	Standardni odklon po sklopih vprašanj						
	1. sklop vprašanj	2. sklop vprašanj	3. sklop vprašanj	4. sklop vprašanj	5. sklop vprašanj	6. sklop vprašanj	7. sklop vprašanj
Elistel	1,29	0,85	1,02	0,99	0,46	0,65	0,65
Slovenija	1,17	0,94	1,09	1,05	0,62	0,56	0,84
Iran	0,83	0,91	0,90	0,63	0,53	0,27	0,50
Azija	1,00	0,97	0,64	0,45	0,69	0,32	0,66
Nemčija	0,39	0,82	0,54	0,48	0,57	0,78	0,49
Rusija	1,17	0,84	1,14	1,00	0,78	1,07	0,90
Izrael	1,03	0,71	0,77	0,82	0,86	0,80	0,50

- **Prvi sklop vprašanj** obravnava poznavanje Industrije 4.0, domačih priporočil povezanih s priporočili Industrija 4.0, strategije delovanja podjetja in povezav z drugimi podjetji za zvečanje konkurenčnosti storitev in izdelkov na globalnem trgu. Slika 10 prikazuje skoraj popolno poznavanje in upoštevanje priporočil Industrije 4.0 ter povezanost delovanja podjetij med seboj za doseganje kar največje konkurenčnosti storitev in izdelkov nemških podjetij. Slovenska podjetja in obravnavano podjetje Elistel v grobem poznajo vsebino priporočil Industrija 4.0, ne poznajo pa iniciative Slovenske Gospodarske zbornice na tem področju, obenem pa se zavedajo, da je upoštevanje smernic in medsebojno sodelovanje nujno za konkurenčnost na globalnem trgu. Strategija je sicer povezana s smernicami Industrija 4.0, vendar bolj v smislu strateškega razvoja posameznih podjetij. Izraelska in Azijska podjetja delujejo podobno kot slovenska. Iranska podjetja poznajo priporočila Industrija 4.0, internih nimajo, se jim pa vsebinsko s sodelovanjem z evropskimi državami približujejo. Ruska podjetja slabo poznajo priporočila Industrija 4.0, večina deluje avtonomno na svojem področju, povezovanj med podjetji je zelo malo. Tudi znotraj posameznih

držav je največji standardni odklon v Rusiji in Sloveniji, kar pomeni različno stopnjo poznavanja priporočil Industrija 4.0 in različen način delovanja podjetij.

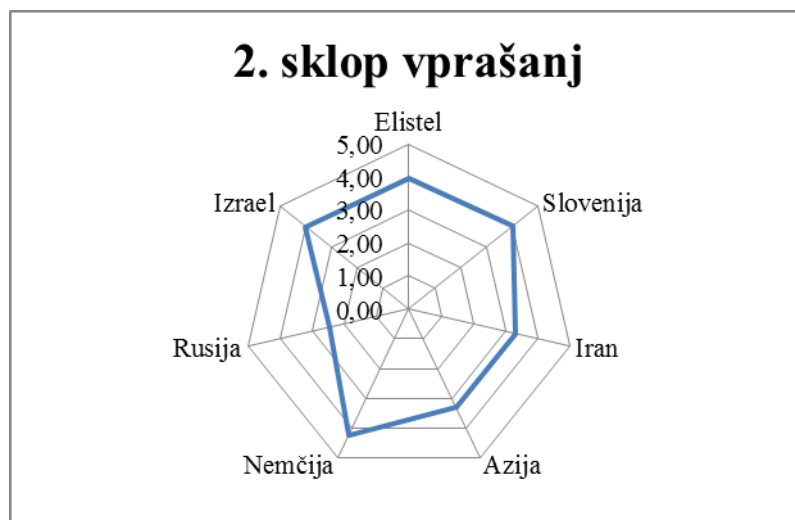
Slika 10: Povprečna ocena prvega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih



- **Rezultati analize prvega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Izraz in groba vsebina priporočil Industrije 4.0 so zaposlenim poznana, Strategija pametne specializacije, SI-ndustrija 4.0 in Slovenija 5.0 pa so skoraj nepoznani izrazi, posledično pa tudi vsebina. Glede na vsebinsko razlago ključnih usmeritev Industrije 4.0 za področje pametne proizvodnje večina anketirancev meni, da je večji del procesa naravnani k možnosti za uvajanje pametne proizvodnje, vendar pa vse možnosti še niso izkoriščene. Sama tehnologija obsega nabor naprav, ki se dograjujejo in omogočajo različne postavitve proizvodnih linij glede na trenutne potrebe. Možnost premeščanja opreme se redko izkorišča, ker je proces precej kompleksen. Podjetje se v zadnjem obdobju povezuje z drugimi podjetji, proizvodno področje pa ima še velike možnosti za sodelovanje s podjetji v slovenskem prostoru in zunaj njega.
- **Drugi sklop vprašanj** obravnava poznavanje pametne proizvodnje, strategije delovanja v smeri pametne proizvodnje, upravljanje, nadzor in vzdrževanje delovnih mest in pametnih naprav ter uvedenimi metodami vitke proizvodnje. Rezultati analize, ki jih prikazuje Slika 11, nemškim podjetjem v bok postavlja slovenska in izraelska podjetja, manjša odstopanje se kažejo v iranskih, še nekoliko večja pa v azijskih podjetjih, medtem ko ruska podjetja problematiko najslabše obvladujejo. Nemška podjetja prednjačijo v poznavanju in uvajanju principov pametne proizvodnje. Pomembno je, da opremo proizvodnih procesov v nekaterih primerih že upravljajo, nadzirajo in vzdržujejo preko pametnih terminalov tudi iz poljubnih lokacij. Slovenska podjetja tematiko dokaj dobro poznajo, zatika se predvsem pri realizaciji. Obratno je z izraelskimi podjetji, kjer je velik poudarek na uvedbi rešitev, manj pa na teoriji.

Iranska in azijska podjetja internetne povezave za oddaljeno upravljanje in nadzor uporabljajo zelo redko, v strategijah pa skušajo opredeliti korake v smeri pametne proizvodnje. Analizirana ruska podjetja se trenutno večinoma ukvarjajo z realizacijo svojih poslov, na katere konkurenčnost še nima tako velikega vpliva kot pri ostalih analiziranih podjetjih.

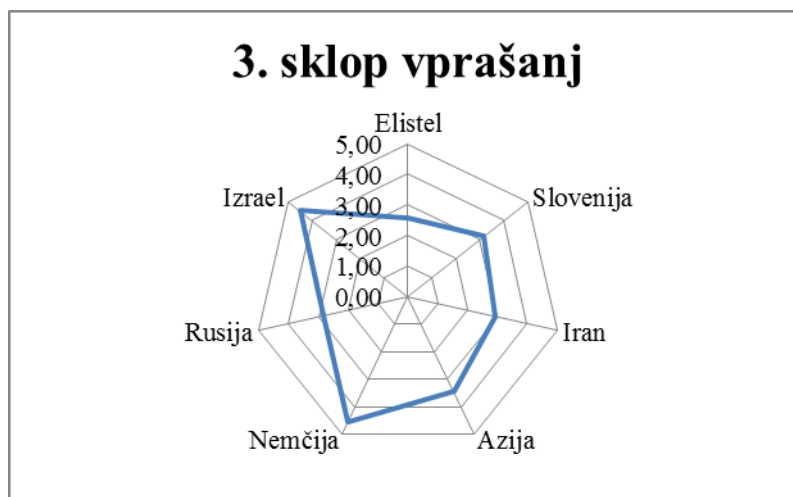
Slika 11: Povprečna ocena drugega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih



- **Rezultati analize drugega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Anketirancem je vsebina pametne proizvodnje vsaj delno poznana, tudi strategija. Dejansko uresničevanje strategije je anketirancem delno poznano. V preteklosti je bilo nekaj strateških projektov že predlagano, ki bi zagotavljali vsebinsko približevanje smernicam pametne proizvodnje, vendar so bili zavrnjeni zaradi slabe finančne situacije podjetja in posledično podpore managementa. Se pa stanje izboljšuje na področju optimizacij nekaterih procesov, uvedbe metod vitke proizvodnje in delne informatizacije. Nekaj pomembnih projektov je ustavljenih.
- **Tretji sklop vprašanj** obravnava načine pridobivanja informacij o novih tehnologijah, investiranju v tehnološko najnaprednejše naprave in informacijsko tehnologijo ter stopnjo seznanitve managementa z najnovejšimi tehnologijami in koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti. Rezultati analize, ki jih prikazuje Slika 12, kažejo, da so nemška in izraelska podjetja izredno aktivna na področju sodelovanja v mednarodnih organizacijah, ki se ukvarjajo z razvojem najnovejših tehnologij. Management se zaveda pomembnosti stalnega investiranja v najsodobnejše proizvodne naprave podprte s pametnimi informacijskimi rešitvami in opremo. Ostala podjetja pasivno in občasno sodelujejo z mednarodnimi in tudi domačimi organizacijami. Investirajo predvsem v rabljeno in obnovljeno opremo. Podjetja se redko odločajo za novo sodobnejšo tehnologijo, pri čemer pa sklepajo nekako kompromis med uporabnostjo in

ceno investirane opreme. Slovenska podjetja in podjetje Elistel investirajo izredno malo tako v naprave kot informacijsko tehnologijo in večinoma skušajo vzdrževati obstoječe stanje v dobri kondiciji. Največja odstopanja so v ruskih podjetjih, kjer nekaj podjetij investira v najsodobnejšo proizvodno opremo in informacijsko tehnologijo, druga pa svojo dejavnost šele razvijajo.

Slika 12: Povprečna ocena tretjega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih



- **Rezultati analize tretjega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Podjetje in z njim proizvodno področje je član mednarodne organizacije IPC in Gospodarske zbornice, preko katerih dobiva vse pomembne tehnološke informacije. Sodeluje tudi z več domačimi strokovnimi organizacijami, vendar le zaradi pridobivanja informacij, ne sodeluje pa aktivno na področju raziskav in analiz novih tehnologij. Podjetje investira v cenovno ugodno opremo, pri novejši sodobnejši opremi pa dodatne funkcionalnosti naprav, ki omogočajo višji nivo povezovanja, zelo selekcionira. Investiranje je predvsem v posodobitve proizvodnih procesov s stališča zamenjave dotrajane opreme. Investiranje v nove proizvodne procese je omogočeno izključno ob zanesljivih prodajnih aktivnostih, ki bodo povrnile investicijo. Podjetje posodablja obstoječo informacijsko opremo, zelo malo pa investira v informacijsko povezanost procesa v krovni informacijski sistem.
- **Četrty sklop vprašanj** obravnava stanje robotizacije in avtomatizacije proizvodnih procesov, stopnjo udeležbe operaterjev v proizvodnih procesih in vizualizacijo rezultatov proizvodnih procesov. Rezultati analize, ki jih prikazuje Slika 13, kažejo, da so proizvodni procesi nemških podjetij robotizirani in delovna mesta avtomatizirana ter omogočajo vsaj delno informatizacijo. Operaterji se aktivno vključujejo v delo načrtovalcev procesa, vsi procesi pa so vizualizirani do te mere, da so zaposleni informirani z rezultati procesov, v katerih delujejo. Ostala podjetja razen ruskih imajo

delno robotizirana in avtomatizirana delovna mesta. Operaterji so v vseh podjetjih večinoma samo operaterji, tu pa je bistveno odstopanje med nemškimi in ostalimi podjetji. Vizualizacija procesov nekje bolj nekje manj prikazuje rezultate. Standardni odklon je ravno v slovenskih podjetjih velik, kar kaže, da so določena podjetja veliko bolj tehnološko opremljena z najnovejšimi tehnologijami kot druga. Enako sliko kažejo tudi ruska podjetja.

Slika 13: Povprečna ocena četrtega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih

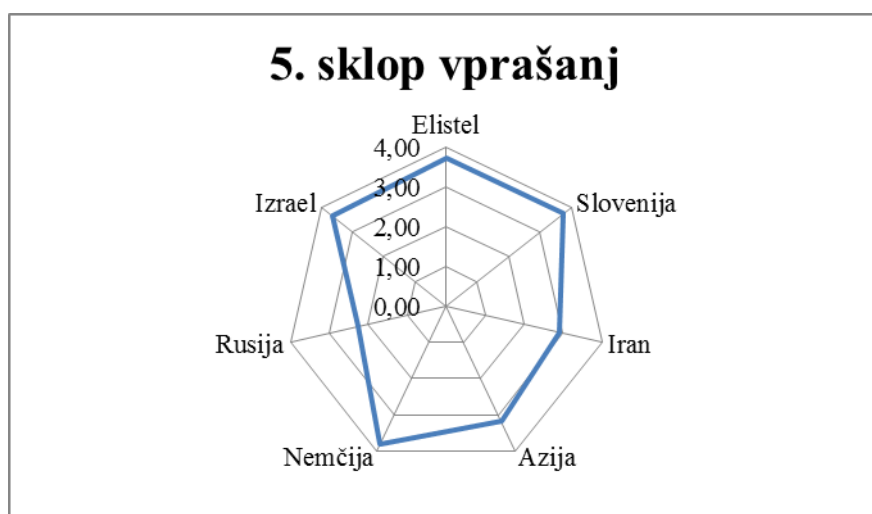


- Rezultati analize četrtega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Robotizacija proizvodnje je na dokaj visoki ravni, saj opremo določa sam tehnološki proces. V ostalih procesih, kjer tehnološki postopki ne zahtevajo posebne naprave, se dela izvajajo ročno. Posebnih namenskih manipulatorjev, ki bi nadomeščali ročno delo, je malo. Razlog je predvsem v visokih stroških zunanjih storitev in pomanjkanju lastnega strokovnega znanja na tem področju. Avtomatizacija proizvodnega procesa se načrtuje, ko se proizvedene količine izdelkov dvignejo nad zmožnostjo proizvodnih zmogljivosti. Pri manjših proizvodnih serijah se avtomatizacija uvede samo v primerih, kjer je v proizvodnem procesu že podoben izdelek in uvedba avtomatizacije ne predstavlja večjega stroška. Avtomatizirana delovna mesta so grajena iz standardnih komponent. Postavljena delovna mesta pokrivajo sorodne izdelke, tako da predelave posameznih sistemov niso pogoste, so pa pogoste dopolnitve z dodatno opremo in posledično nadgradnjo programske opreme. Večina robotiziranih naprav in avtomatiziranih delovnih mest v proizvodnem procesu ima možnost upravljanja preko internetnih povezav, vendar pa še vsa dela izvajajo operaterji, ki delajo na teh napravah. Dostopnost do naprav je omogočena preko programskih aplikacij, ki se večinoma uporabljajo za namene vzdrževanja. Zaposleni se stalno izobražujejo in so visoko usposobljeni. Operaterji dopolnjujejo dela robotiziranih linij in so redko načrtovalci celo v ponavljajočih se procesih. Vizualizacija procesov prikazuje najpomembnejše parametre in rezultate procesov. Vizualizacija rezultatov in

vizualizacija trendov delovanja v proizvodnih procesih se nadgrajuje dnevno ali tedensko s ključnimi parametri sledenja proizvodnih aktivnosti kot so učinkovitost, kakovost in reševanje sprotnih izzivov.

- **Peti sklop vprašanj** obravnava stanje informatizacije podjetja in proizvodnih procesov, povezanost naprav in podatkovnih baz ter procesa nabave materiala kot enega ključnih faktorjev zagotavljanja optimalnega delovanja proizvodnih procesov. Rezultati analize, ki jih prikazuje Slika 14, kažejo, da imajo nemška, slovenska in izraelska podjetja svoje podatkovne baze in vsaj del aplikacij delujočih v oblaku, ostalo pa v internih oblakih podjetja. Podatki se iz proizvodnega procesa prenašajo v informacijski sistem in tudi koristijo za analize in poročila. Delovna mesta in določene naprave v procesih so informacijsko povezani, kar daje dobro osnovo tudi za izkoriščanje sodobnih internetnih povezav. Iranska, azijska, predvsem pa ruska podjetja malo izkoriščajo pametne informacijske baze in povezave v procesih, predvsem pa premalo izkoriščajo možnost internega povezovanja med delovnimi mesti in proizvodnimi linijami, kar pa je seveda pogoj za intenzivnejše povezovanje v oblaku in koriščenje njegovih prednosti. Zanimivo pa je, da imajo nemška podjetja izjemno dobro organizirano in informacijsko podprto ravno nabavo materiala, vsa ostala podjetja pa sicer materiale naročajo preko informacijskega sistema glede na predvidevanja prodaje in trenutne potrebe. Predvsem je razlika do nemških podjetij vidna v dejanski uporabi standardnih komponent in modularnosti izdelkov, za kar bodo morala ostala podjetja vložiti veliko več energije. Standardni odklon je največji pri izraelskih podjetjih, kar je posledica izbora podjetij in majhnega vzorca.

Slika 14: Povprečna ocena petega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih

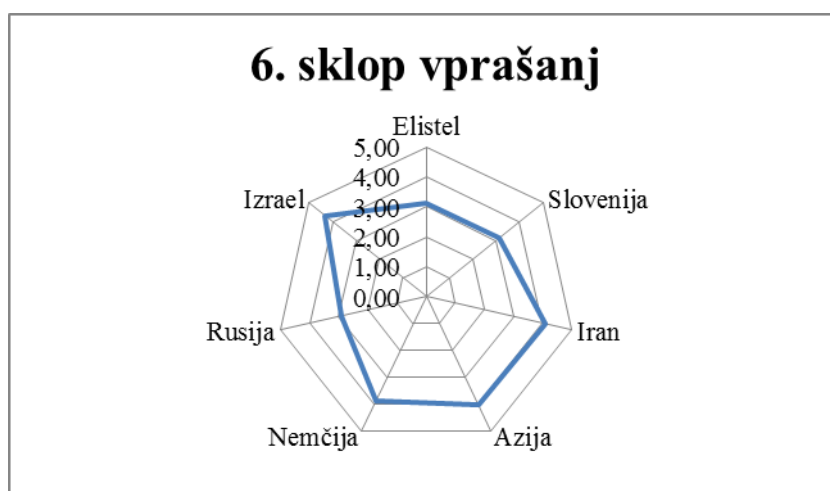


- **Rezultati analize petega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Informacijski sistem temelji na SAP-ovem ERP-ju in še nekaterih starejših aplikacijah

ter lastnih prilagoditvah. Velike podatkovne baze in aplikacije se nahajajo v internem oblaku podjetja. Podatki proizvodnega področja se večinoma v informacijski sistem prenašajo ročno in se koristijo za analize in poročila. Osnove za pomembnejša poročila pripravi sam informacijski sistem, ki se kasneje še ročno obdelujejo v končna poročila. Nekatere avtomatizirane linije si že izmenjujejo podatke med seboj in s tem vplivajo na medsebojno delovanje.

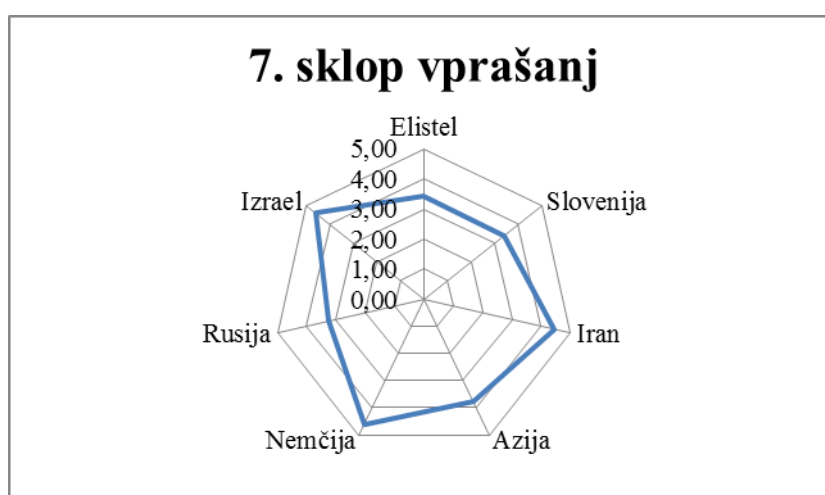
- **Šesti sklop vprašanj** obravnava identifikacijo in sledljivost materialov v procesu in samih parametrov proizvodnega procesa. Slovenska in ruska podjetja na področju sledljivosti močno zaostajajo za ostalimi analiziranimi podjetji. Rezultati, ki jih prikazuje Slika 15, kažejo, da se premalo zavedamo pomembnosti, katere materiale smo vgradili v lastne izdelke, enako slabo pa se zavedamo kako pomembna je sledljivost parametrov procesa in ponovljivost proizvodnih postopkov in kaj lahko pomenijo slabo nadzorovani in spreminjajoči se parametri. Za ruska podjetja je do neke mere rezultat razumljiv, saj nekatera podjetja sledljivost dokaj dobro obvladujejo, podjetja z malo tradicije pa sploh ne. Analizirana podjetja iz drugih področij imajo sledljivost materialov in procesnih parametrov dokaj dobro obvladovano preko informacijskih sistemov, ker si glede na velike obsega poslovanja ne morejo dovoliti, da teh podatkov informacijski sistem ne bi vseboval. Pri materialni sledljivosti je večji razlog za nizek rezultat slovenskih in ruskih podjetij predvsem v tem, da nimajo avtomatiziranega skladiščnega poslovanja, visoke stopnje avtomatizacije in robotizacije proizvodnih procesov povezanih z informacijskimi tehnologijami in pa sploh slabo informacijsko obvladovanega pretoka materialov in izdelkov. Standardni odklon je izredno nizek pri iranskih in azijskih podjetjih, kar pomeni, da vsa podjetja v regiji delujejo po dokaj enakih principih.

Slika 15: Povprečna ocena šestega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih



- **Rezultati analize šestega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Materialna sledljivost v celotnem proizvodnem procesu je delno urejena, predvsem manjka informacijska povezava med dejanskem detajlnim skladiščnim stanjem in informacijskim sistemom, ki nima uvedene funkcionalnosti materialnega poslovanja. V primeru reklamacij se zato ročno preko podatkov v informacijskem sistemu približno določi podatke problematičnih materialov. Pomembnejši procesni parametri so identificirani in se preko internih podatkovnih baz naprav shranjujejo, tako da so vse spremembe preko informacijskega sistema zabeležene. Vsi procesni parametri pa se ne spremljajo.
- **Sedmi sklop vprašanj** obravnava standarde in cilje kakovosti ter sistem inovacij kot ključni mehanizem razvojnega potenciala podjetja. Rezultati analize, ki jih prikazuje Slika 16, kažejo, da nemška, izraelska in iranska podjetja velik poudarek dajejo na aktivno sodelovanje v različnih strokovnih organizacijah in skupinah, kar prikazujejo tudi z različnimi certifikati, ter uvedbo uveljavljenih dobrih praks. Jasno imajo postavljene cilje in jih tudi uresničujejo. Izjemno dejaven je sistem inovacij, saj ima večina podjetij veliko število patentov. Azijska podjetja sledijo zgledu nemških podjetij. Slovenska podjetja so dokaj zadržana pri pridobivanju certifikatov, večinoma so v certificiranje prisiljena zaradi prodaje svojih izdelkov oziroma partnerstva z večjimi podjetji. Zasledovanje ciljev kakovosti in inovacijski sistem imajo vzpostavljen, redki pa imajo oba sistema tudi dobro informatizirana. Standardni odklon je visok pri ruskih in slovenskih podjetjih, v Elistelu pa so odgovori dokaj enotni.

Slika 16: Povprečna ocena sedmega sklopa vprašanj analiziranih podjetij po državah ali področjih



- **Rezultati analize sedmega sklopa za podjetje Elistel** so prikazani v Prilogi 1. Podjetje ima uvedene ISO in IPC standarde, s čemer dokazuje obvladovanje

proizvodnega procesa. Uvedene ima nekatere metode vitke proizvodnje, rezultate pa periodično spremlja. Podjetje ima jasno opredeljene cilje kakovosti, ki jih stalno spremlja preko informacijskega sistema s časovnim zamikom glede na specifiko procesa ali izdelka. Podjetje ima uveden sistem preventivnih ukrepov, trenutne izzive pa rešuje z različnimi metodami. Sistem inovacij je vzpostavljen, vendar redko bistveno prispeva k optimizaciji ali avtomatizaciji procesov.

4 PREDLOGI Z OCENO STROŠKOV IN TERMINSKIM PLANOM PO POSAMEZNIH SKLOPIH

Na osnovi izvedenih aktivnosti v podjetju Elistel navedenih v točki 2 in primerjave stanja med podjetjem Elistel in drugimi podjetji v Sloveniji in tujini navedeni v točki 3 tega magistrskega dela ugotavljam, da bi z uvedbo predlogov navedenih v tej točki podjetje Elistel lahko postavil ob bok nemškim podjetjem. V vsakem primeru ostaja velik izziv, na kakšen način izpeljati investiranje približno 5 milijonov EUR in kako pridobiti na času uvajanja. V Prilogi 7 je povzetek aktivnosti z oceno investicij in terminskim planom.

4.1 Povezovanje podjetij

Povezovanje proizvodnega procesa s procesi v sorodnih podjetjih je nujno zaradi nadgradnje tehnoloških znanj, iskanja novih rešitev in s tem dviga konkurenčnosti. Druženje in pa aktivno sodelovanje v raznih strokovnih institucijah pomembno prispeva k predlogom inovativnih rešitev, ki bodo pomembno vplivale na večje optimizacije delovanja proizvodnega procesa. Stroški so zanemarljivi, rezultati aktivnosti pa so lahko ključnega pomena za konkurenčnost podjetja.

4.2 Linijska postavitve proizvodnih procesov

Prvi koraki v smeri investiranja v najsodobnejšo medsebojno informacijsko združljivo opremo so bili narejeni z zadnjimi investicijami, kjer stroji v liniji medsebojno glede na analizirane podatke korigirajo svoje delovanje. Usmeritev je že pokazala lastna raziskava (Elistel, 2013a, str. 3-6), kjer se za operativno delovanje proizvodnega procesa predvideva posodobitev samo dveh linij. Investiranje je potrebno gledati strateško kot en projekt ne glede na to, da realizacija traja več let. Ključnega pomena je informacijska združljivost opreme glede na to, da opremo za linijsko postavitve proizvajajo različni proizvajalci locirani na različnih delih sveta (Nemčija, Japonska, Koreja). Tudi oprema, ki je plod lastnega znanja, mora biti načrtovana skladno z zahtevami, ki jih postavlja kupljena oprema.

Ocena investicij v posodobitev dveh robotiziranih proizvodnih linij dosega vrednost okoli 3,8 milijonov EUR (Elistel, 2015a, str. 7), v kar je všteto investiranje v stroje in

vzpostavitev celotnega sistema materialnega in procesnega sledenja. Uvedba je seveda odvisna od razpoložljivosti finančnih virov in nadaljnje strategije, je pa možnost postopne uvedbe v petih letih.

4.3 Investiranje v pametna znanja

Ključnega pomena je, da strokovnjaki proizvodnega procesa sodelujejo s pomembnimi zunanjimi organizacijami, obiskujejo sejme, forume, podjetja proizvajalcev opreme in referenčne proizvodne procese podjetij v Sloveniji, Evropski uniji in tudi zunaj nje, se stalno strokovno izobražujejo, delajo lastne analize in s tem dopolnjujejo pridobljena znanja. S tem bi lahko tudi proces inovacij postal bolj timski in pomembno prispeval k inovativnim rešitvam.

Ocena stroškov v pametna znanja v obdobju petih let ne bi smela presegati 200.000 EUR, v kar so všteta vsa potovanja, stroški izobraževanj, lastne analize in nakup laboratorijske opreme.

4.4 Avtomatizacija in robotizacija ročnih delovnih operacij

Ročna delovna mesta zamenjujejo ali linijski in namenski manipulatorji ali pa manjša robotizirana delovna mesta. Manipulatorji so plod lastnega razvoja tehnologije, ki ga je potrebno v bodoče pospešeno uvajati v proizvodni proces. Uporaba standardnih komponent pri načrtovanju, sodobnih krmilnikov in programska oprema omogočajo priključitev na SAP informacijski sistem. Vsi projekti so še v dokaj začetni fazi in trenutno še ne dajejo večjih rezultatov, nimajo pa tudi še izdelane informacijske podpore, ki naj bi v končni fazi zagotavljala popolno informacijsko povezljivost med sistemi lociranimi v proizvodnem procesu in nadrejenem informacijskim sistemom SAP.

Ocena stroškov avtomatizacije ročnih delovnih mest ob uporabi lastnega znanja, standardnih materialnih in programskih komponent ne bi presegala 300.000 EUR, možnost uvedbe pa je v treh letih.

4.5 Informatizacija proizvodnih procesov

Informacijski sistemi podjetja zaradi zgodovine delujejo v različnih okoljih. Zato je strategija podjetja prenesti razdrobljeno informacijsko podporo vseh procesov tudi proizvodnega na informacijski sistem SAP. S tem bi se zmanjšali stroški programskih licenc in tehnična podpora za nemoteno delovanje in posodabljanje sistema. Poenotenje informacijske tehnologije v smeri informacijskega sistema SAP je potrebno dopolniti s sistemom celovitega obvladovanja materialnega poslovanja in tako ukiniti dosednji sistem Baze materialov, pri čemer bi se vsi podatki lokacijsko obvladovali v oblaku. S tem bi v oblak prenesli tudi celotno identifikacijsko bazo podatkov o sestavi izdelkov, seveda pa po

enaki metodologiji tudi parametre procesov. Vse podatke bi morali zbirati in posredovati v SAP preko OIB programskega vmesnika, ki trenutno ni uporabljen. S tem bi lahko zagotovili rezultate analiz, ki bi potekale istočasno z delovanjem procesov. Seveda pa je informatizacija proizvodnih procesov pogojena z večjim izkoriščanjem lastnega znanja pri avtomatizacijah procesov in investiranju v najsodobnejše naprave, ki imajo velike potenciale v informacijskem povezovanju med napravami, oddaljenem nadzoru in krmiljenjem s pametnimi napravami ter lastnim vzdrževanjem in diagnostiko.

Ocena stroškov zunanjih svetovalcev, lastnega razvoja programskih aplikacij, nakup določene računalniške in pametne komunikacijske opreme ter uvedba v proizvodni proces bi verjetno dosegla vrednost med 100.000 EUR in 150.000 EUR, časovno pa bi projekt zaradi zahtevnosti razporedili na vsaj tri leta.

4.6 Avtomatsko skladiščenje materiala in identifikacija izdelkov

Identifikacija materialov je tesno povezana s skladiščenjem, kjer je investiranje v sodobno avtomatsko skladiščenje pogoj za informacijsko obvladovanje vseh materialov preko SAP in fizično obvladovanje »brez operaterjev«. Investiranje v avtomatizirana skladišča bi pomenila spremembe, ki jih prikazuje Tabela 22.

Tabela 22: Primerjava stanja pred in po uvedbi avtomatiziranih skladišč

Stanje pred uvedbo	Stanje po uvedbi (vsi komentarji veljajo za avtomatizirano skladišče, na regalnem skladišču je stanje nespremenjeno)
Material se nahaja v regalnem skladišču.	Večji del materiala se hrani v avtomatiziranem, del materiala pa še vedno v regalnem skladišču.
Za fizično vlaganje materiala poskrbi skladiščnik, ki hkrati določi primerno mesto hranjenja.	Material se dostavi do avtomatiziranega skladišča, kjer operator s pomočjo črtne kode vnese vse podatke o materialu, programska oprema avtomatiziranega skladišča pa določi mesto hranjenja materiala.
Izdajanje materiala poteka preko papirnih dokumentov logistike.	Informacijski sistem SAP pošlje informacijo do avtomatskega skladišča.
Za fizično izdajanje materiala poskrbi operator.	Avtomatsko skladišče glede na spisek zelenega material operaterju na posebnih pladnjih dostavi material, operator pa poskrbi, da se material razporedi po delovnih mestih proizvodnega procesa.
Za fizično vlaganje ostanka materiala in evidenčno stanje po zaključku proizvodnje poskrbi skladiščnik.	Ostanke materiala operator s pomočjo bar kode, ki označuje material, vloži v avtomatizirano skladišče, pri čemer mu mesto hranjenja materiala določi programska oprema skladišča. Količinsko stanje materiala se v informacijskem sistemu SAP vodi preko posebnega algoritma in delno odstopa od realnega stanja.

Prihranki uvedbe avtomatiziranih skladišč so veliki, saj zmanjšujejo dela tako pri prevzemu kot pri pripravi materialov za proizvodnjo. Veliki so tudi prihranki na logistiki ob pripravi delovnih nalogov za proizvodni proces, pri pregledih stanj materialov in kakovosti podatkov, saj je poslovanje avtomatskega skladišča povezano z informacijskim sistemom SAP. Ocena prihranka na letni ravni za podjetje Elistel je 2.500 delovnih ur pri prevzemu materialov, 2.500 delovnih ur pri vnosu materialov v skladišče, 3.600 delovnih ur pri pripravi materialov za proizvodni proces in vsaj 3.600 delovnih ur pri logistiki z

materiali. Skladišče trenutno še deluje, vendar je staro že preko 40 let in je vzdrževanje zaradi rezervnih delov izredno zahtevno.

Identifikacija materialov in izdelkov znotraj proizvodnega procesa potrebuje nadgradnjo tako pri strojni opremi kot informacijski podpori. Predlog dodatne optimizacije identifikacije izdelkov prikazuje Priloga 10. Vsebinsko dodatna optimizacija identifikacije izdelkov pomeni:

- Popolna ukinitvev podatkov dosegljivih v podatkovnih bazah SAP in se zunaj proizvodnega procesa ne potrebujejo.
- Popolna ukinitvev identifikacijskih podatkov, ki jih potrebujejo v celotnem procesu.
- Prehod na 2D (angl. *2 Dimensional*) zapis na identifikacijsko nalepko.
- Vsem polizdelkom se doda RFID (angl. *Radio Frequency IDentification*, v nadaljevanju *RFID*), kar bo potem dolgoročno pomenilo brezžično komunikacijo polizdelka s podatkovnimi bazami znotraj informacijskega sistema podjetja ali preko njega direktno v oblak.

Predlog je postopna uvedba, saj bi direkten prehod identifikacije na RFID za podjetje pomenil izredno velik strošek razvoja polizdelkov in dodatno še vzpostavitev RFID infrastrukture v podjetju.

Prihranki bi na letni ravni pomenili med 7.000 in 10.000 delovnih ur v proizvodnem procesu, pri skladiščenju in odpremi izdelkov iz podjetja. Vsaj 2.000 delovnih ur na leto pa bi prihranili pri logistiki z izdelki, ki se vračajo na popravilo v podjetje.

Ocena stroškov avtomatskih skladišč, laserskega označevanja izdelkov in uvedba RFID tehnologije bi verjetno dosegla vrednost okoli 500.000 EUR. Zaradi visokih stroškov in postopnosti prehoda na RFID tehnologijo bi projekt razporedili v obdobje petih let.

4.7 Procesni parametri z uvedbo naj sodobnejših naprav in programske opreme

Parametri procesa so delno informatizirani in vplivajo na delovanje povezanih naprav, vendar je to zgolj osamljeni primer. Generalno parametri procesa nimajo povezave v nadrejeni informacijski sistem. Tudi trenutno uporabljeni stroji večinoma nimajo uporabljene baze podatkov, v katerih se nahajajo procesni parametri. Z uvedbo novih strojev in pa z uporabo razpoložljivih podatkov na strojih, ki se trenutno uporabljajo v proizvodnem procesu, je nujno procesne parametre sistemsko uvesti v SAP.

Ocena stroškov izdelave programskih vmesnikov kot prilagoditev podatkovnih baz in podatkov na SAP in izdelava standardnih analiz ne bi presejala vrednosti 100.000 EUR.

Uvedba v proizvodni proces je paralelno s postopnim uvajanjem strojev in naprav v petih letih.

4.8 Vizualizacija rezultatov informacijskega sistema SAP

Vizualizacija trenutnih rezultatov, trendov in posebnih aktivnosti mora bazirati na podatkih, ki se iz proizvodnega procesa prenaša v krovni informacijski sistem brez vpliva operaterjev in brez dodatnih ročnih obdelav že dobljenih poročil. Ključnega pomena je aktualnost, uporabnost in preprosta razumljivost poročil.

Ocena stroškov vizualizacije zajemajo izdelavo programov za prikaz rezultatov analiz v primerni obliki in multimedijška oprema za prikaz na različnih pomembnih lokacijah proizvodnega procesa. Vrednost vizualizacije ne bi presegla 50.000 EUR.

SKLEP

Poslovanje podjetja Elistel zadnjih nekaj let je pokazalo na izredno izpostavljenost globalnim tehnološkim trendom, enako pa tudi globalnim političnim in finančnim situacijam. Zahvaljujoč dobremu poslovanju v preteklih obdobjih podjetje še premaguje navedene negativne vplive na podjetje, zato je nujno potrebno poslovanje prilagoditi novim trendom globalizacije povezane s priporočili znotraj četrte industrijske revolucije.

Osnovni namen priporočil Industrija 4.0 za področje pametnih tovarn je dvig konkurenčnosti, močne povezave dobaviteljskih verig in stalna povezava s trgom in njegovimi individualnimi zahtevami. Znotraj pametne tovarne mora pametna proizvodnja vzpostaviti celovito informatizacijo v celotnem proizvodnem procesu z uporabo pametnih naprav, pametnih komunikacijskih naprav in pametnega znanja. Uresničitev takšnega stanja pomeni velika finančna vlaganja v avtomatizacijo in robotizacijo ter posledično prestrukturiranje strokovnosti zaposlenih v smeri informacijskih in komunikacijskih tehnologij s predznanjem tehničnih ved. Pametno proizvodno delo z uporabo pametnih komunikacijskih naprav z uporabo oddaljenega dostopa do pametne proizvodnje pomeni tudi zaposlenim prijaznejše podjetje. Vse navedene aktivnosti v povezavi z institucijami pametno tovarno lahko naredi globalno konkurenčno.

Osnova za analizo stanja slovenskih in tujih podjetij je vprašalnik, ki pokriva glavne vsebine Industrije 4.0 za pametne tovarne in posledično njene nižje ravni. Te so pametna proizvodnja s pametno tehnologijo in pametnim delom. Rezultati analize kažejo dokaj različne ravni doseganja stanja pametne proizvodnje kot to prikazuje Priloga 8. Slovenska podjetja se v povprečju nahajajo nekje na sredini ocenjevalne lestvice glede na področja, ki so izpostavljena v vprašalniku. Med tujimi podjetji analiza kaže največjo skladnost pri nemških podjetjih, kar je razumljivo glede na dejstvo, da je prav nemška vlada iniciator priporočil Industrije 4.0. Tudi izraelska podjetja so na dokaj visoki ravni. Ostala podjetja

razen ruskih so dokaj izenačena, posamezna podjetja odstopajo pri določenih sklopih vprašanj ali določenih vprašanjih. Ruska podjetja zaradi specifičnosti trga priporočilom Industrija 4.0 ne posvečajo posebne pozornosti, saj trg dopušča še dokaj velika odstopanja v povezavi z merili konkurenčnosti. Tako so nekatera podjetja na izredno visoki ravni, nekatera pa bodo v bližnji prihodnosti prisiljena k uvajanju priporočil Industrije 4.0.

Podjetje Elistel je po rezultatih analize malenkostno pod povprečjem slovenskih podjetij, večja razhajanje pa so predvsem ugotovljena do nemških in izraelskih podjetij. Razlog za nekoliko slabšo povprečno oceno izhajajočo iz analize je vsekakor v specifičnosti nabora izdelkov, ki so po kompleksnosti v samem svetovnem vrhu, in v večji ter raznoliki populaciji anketirancev. Nekje večja nekje manjša odstopanja podjetja Elistel v primerjavi z nemškimi podjetji so predvsem v povezovanju med podjetji, ki imajo vsaj podobno proizvodnjo, v najpomembnejši opremi procesa same proizvodnje, ki ne omogoča dostopanja do informacijske in komunikacijske opreme, v informatizaciji procesa, ki večinoma še vedno temelji na različnih osnovah, ročnem vnosu in prenosu podatkov, v komunikacijski opremi, ki se praktično za potrebe oddaljenega dostopa ne uporablja, v avtomatizaciji procesa, kjer je še veliko ročnega dela, v pametnem znanju, kjer je pomembna inovativnost in visoko strokovna znanja.

Podjetje Elistel je v letih pred krizo na področju pametne proizvodnje letno investiralo do milijon EUR, nato pa letno vrednost investicij močno omejilo. S tem je podjetje nekako iz leta v leto izgubljalo stik s primerljivimi nemškimi podjetji. Aktivnosti v povezavi z optimizacijami in informatizacijami proizvodnega procesa, ki jih navaja to magistrsko delo, so razkorak le delno omilile, čeprav so prinašale dokaj velike prihranke. Predlagane celovite strateške rešitve v smeri Industrije 4.0 za pametne proizvodnje so v tem obdobju presegale zmožnosti podjetja. Konkurenčne rešitve in investicije v preteklosti so podjetje ohranile v dobrem stanju, ki še omogočajo prehod v pametno proizvodnjo.

Podjetje Elistel za prehod v pametno proizvodnjo potrebuje vizijo, ki bi določila, kakšno proizvodnjo podjetje pravzaprav želi v prihodnosti. Proizvodnja nujno potrebuje trdno strategijo za obdobje najmanj do leta 2020 razdeljeno po letih in z določenimi jasnimi projekti, ki bi trenutno stanje pripeljalo do statusa pametne proizvodnje. V tem magistrskem delu je nekaj predlogov z ocenami investicij in terminskim planom. Bistveno pri uresničevanju je postopnost uvajanja predlogov, pri čemer pa nikakor ne zanemariti časovne komponente. Tudi ostala podjetja v tekmi za globalno konkurenčnost ne držijo križem rok. Če podjetje Elistel resnično želi postati pametna tovarna, proizvodnja pa pametna proizvodnja, potem mora konkurenco najprej ujeti in jo prehiteti, da bi trg razpoznal njeno globalno vrednost.

LITERATURA IN VIRI

1. Acatech. (2013). *Cyber-Physical Systems: Driving force for innovations in mobility, health, energy and production*. Vieweg: Springer.
2. Ahmad, M., & Benson, R. (1999). *Benchmarking in the process industries*. Warwickshire: Institution of Chemical Engineers.
3. Atelšek, J. (2014a). *Analiza merilnih sistemov – MSA*. Ljubljana: SIQ Izobraževanje.
4. Atelšek, J. (2014b). *Statistično obvladovanje procesov – SPC*. Ljubljana: SIQ Izobraževanje.
5. Baldauf, L., & Lamponen, E. (2014, julij). *Advanced manufacturing in USA*. Finska: Share and discover knowledge on LinkedIn slide share Technology. Najdeno 24. julija 2015 na spletnem naslovu <http://www.slideshare.net/futurewatch/team-finland-future-watchadvancedmanufacturingusareport>
6. Bessis, N., Dobre, C., Leon-Coca, M., Reina, D., Toral, S., & Barrero, S. (2013). *Big data and internet of things. A roadmap for smart environments*. Derby: Springer international publisher.
7. BMWi. (2015). *Industrie 4.0. Digitalisierung der Wirtschaft*. Najdeno 12. avgusta 2015 na spletnem naslovu <http://bmwi.de/DE/Themen/Industrie/industrie-4-0.html>
8. Borlase, S. (2013). *Smart Grids – Infrastructure, Technology and Solutions*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
9. Brecher, D., Bauner, P., & Ziefle, M. (2015). *Advances in Production technology Human factors in production system*. Aachen: Springer International Publishing AG Switzerland.
10. Cho, N. (2013). *The use of smart mobile equipment for the innovation in organisational coordination*. Seoul: Springer.
11. Dimovski, V., Penger, S., & Žnidaršič, J. (2005). *Sodobni management*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
12. Diegner, B., & Koschnick, G. (2015). *Approaching the Smart Factory – »Industrie 4.0« Creates Value Networks*. Frankfurt am Main: ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association.
13. Drnovšek, M., & Prodan, I. (2005). *Poslovno okolje podjetja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
14. Elistel d.o.o.. (2013a). *Strategija SMT procesa 2013 do 2016* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
15. Elistel d.o.o.. (2013b). *Strategy ITOP DT 2013* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
16. Elistel d.o.o.. (2015a). *Projekt optimizacije nalepk na ploščah SI3000* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
17. Elistel d.o.o.. (2015b). *Osnove vitke proizvodnje 1* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
18. Elistel d.o.o.. (2015c). *Strategija, cilji, naloge* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
19. Elistel d.o.o.. (2016a). *Proizvodna kakovost* (interno gradivo). Kranj: Elistel.

20. Elistel d.o.o.. (2016b). *Osnove vitke proizvodnje 2* (interno gradivo). Kranj: Elistel.
21. Evans, P., & Annunziata, M. (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Needham: Industrial Internet Consortium.
22. Ferjančič, I. (2011). *Uvajanje vitke proizvodnje v konkretnem podjetju s ciljem izboljšanja poslovanja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani Ekonomska fakulteta
23. Forcam GmbH. (2014a). *Maschinendaten richtig erfassen – Das Fundament der Smart Factory*. Ravensburg: Forcam GmbH.
24. Forcam GmbH. (2014b). *Traceability (Tracing) – Der Nutzen lückenloser Rückverfolgung über die gesamte Wertschöpfungskette*. Ravensburg: Forcam GmbH.
25. Ford, M. (2015). *Industry 4.0 series: Is this a manufacturing revolution?*. Wilsonville: Mentor Graphics Corporation.
26. Fortunat Šircelj, N. (2016). *Kaj nas naredi uspešne*. Ljubljana: Agencija Poti.
27. Gerber, R., Lankshear, C., & Sandberg, J. (2000). *Training for a smart workforce – Competence – the basis for a smart workforce*. London: Routledge.
28. Gospodarska zbornica Slovenije. (2013). *Agenda 46+*. Ljubljana: Gospodarska zbornica Slovenije.
29. Gospodarska zbornica Slovenije. (2015). *Izhodišča za Industrijski manifest 2015 – Slovenija 5.0*. Ljubljana: Gospodarska zbornica Slovenije.
30. Gradišar, D., Glavan, M., & Mušič, G. (2014). *Metrike za merjenje učinkovitosti proizvodnje*. Ljubljana: Inštitut Jožef Štefan in Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko.
31. Hammer, M., & Champy, J. (2006). *Reengineering the corporation*. New York: HarperCollins publishers.
32. Hauck, J. (2014). *Predictive maintenance – from wish list to reality*. Aachen: M2M Alliance e.V.
33. Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Working paper Design principles for Industrie 4.0. scenarios: A literature review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau.
34. Hrovat, M. (2001). *Nova doba trženja: upravljanje odnosov s strankami ali CRM*. Ljubljana: GV založba.
35. Immelt, J. (2016). *About GE Digital*. Najdeno 11. Avgusta 2016 na spletnem naslovu <http://www.ge.com/digital/about-ge-digital>
36. Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J., Burgbacher, E., Schütte, G., & Dais, S. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt: Forschungsunion.
37. Komisija Evropskih skupnosti. (2013). *Factories of the future: Multi – annual roadmap for the contractual PPP under horizon 2020*. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2013.
38. Koren, J. (urednik). (2015, 3. september). *Točka preloma* [TV oddaja]. Ljubljana: RTV Slovenija.

39. Križman, V., & Štrancar, D. (2011). *Analiza možnih napak in njihovih posledic - FMEA*. Ljubljana: SIQ Izobraževanje.
40. Kuehn, A. (2015). *PLM Evaluation Projekt*, Zurich: Sinteg AG-an xPLM company.
41. Lauber, G. (2016). Smart #1 SMT factory. Najdeno 12. aprila 2016 na spletnem naslovu <http://www.asm-smt.com/smt2016/>
42. Lueth, L. (2015). *Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future*. Najdeno 24. julija 2015 na spletnem naslovu <http://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory>
43. MacDougall, W. (2014). *Industrie 4.0 – Smart manufacturing for the future*. Berlin: Germany trade and Invest Gesellschaft für Aussenwirtschaft und Standortmarketing GmbH.
44. Mahle Letrika d.o.o. (2013). *Priročnik za dobavitelje* (interno gradivo). Šempeter pri Gorici: Mahle Letrika d.o.o.
45. Majcen, D. (2016). *Pregled radijskih tehnologij prihodnosti*. Ljubljana: Agencija Poti.
46. Marek, R., Elkins, D., & Smith, D. (2001). *Understanding the fundamentals of Kanban and CONWIP pull system using simulation*. Zachry Engineering Center College Station TX 77843-3131: Department of Industrial Engineering Texas A&M University
47. Mitsuo, I. (2016a). *Fuji SMT Magazine: SmartFAB*. Aichi: Fuji Machine manufacturing Co., Ltd., Electronics Assembly Equipment Division.
48. Mitsuo, I. (2016b). *Fuji SMT Magazine: Smart factory*. Aichi: Fuji Machine manufacturing Co., Ltd., Electronics Assembly Equipment Division.
49. Neto, P., & Moriera, A. (2013). *Robotics in smart manufacturing*. Berlin: Springer.
50. Pametna proizvodnja. Pametna ali vitka proizvodnja. [podjetje Simplysens technology]. Najdeno 2. julija 2015 na spletnem naslovu <http://www.simplysens.com/pametna-proizvodnja.html>
51. Pham, D., Eldukhri, E., Soroka, A., Zlatanov, V., Pachianater, M, Setchi, R., Pham, P., Thomas, A., & Dadam, Y. (2005). *Intelligent production machines and systems*. Cardiff: Elsevier.
52. Progar, M. (2014). Sprotno spremljanje in analiza proizvodne učinkovitosti. Najdeno 7. avgusta 2015 na spletnem naslovu <http://www.kcstv.si/tehnoloske-resitve/sprotno-spremljanje-in-analiza-proizvodne-ucinkovitosti/>
53. Pučko, D., Čater, T., & Buhovac, A. (2006). *Strateški management 2*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
54. Rashmi, Rajendra, Roshin, Pothen & Rohit. (2014). Advanced Manufacturing System. Najdeno 6. avgusta 2015 na spletnem naslovu <http://www.slideshare.net/hailderon/advanced-manufacturing-systems>
55. Robnik, A. (2015). *Internet stvari – Internet of Things (IoT)*. Kranj: Iskratel.
56. Robnik, A. (2016). *Ali bi Charlie Chaplin v pametnih omrežjih našel nov navdih?*. Kranj: Iskratel.

57. Robnik, A., Bogataj, T., Orehar, J., Švigelj, P., & Zupan, I. (2016). *Z glavo v oblaku, trdno na tleh: elastična infrastruktura za storitve prihodnosti*. Kranj: Iskratel.
58. Sassen, A. (2012). *ICT WP2013*. Najdeno 25. julija 2015 na spletnem naslovu <http://www.slideshare.net/robbla/presentation-anne-marie-sassen-1-ecwp2013>
59. Schäfer, M. (2015). *Industrie 4.0 als Chance: Mercedes-Productionschef: »Vor revolutionärer Umwälzung«*. Najdeno 16. oktobra 2015 na spletnem naslovu http://www.automobil-produktion.de/2015/10/mercedes-produktionschef-stehen-vor-revolutionaerer-umwaelzung/?utm_campaign=+20151026_1106_APR+Update+RSS-NL+APR+Update&utm_source=apr-update&utm_medium=email&utm_term=http%3A%2F%2Fwww.automobil-produktion.de%2F2015%2F10%2Fmercedes-produktionschef-stehen-vor-revolutionaerer-umwaelzung%2F-http%3A%2F%2Fwww.automobil-produktion.de%2F2015%2F10%2Fmercedes-produktionschef-stehen-vor-revolutionaerer-umwaelzung%2F
60. Sigmar, G. (2015). *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft: Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Najdeno 15. avgusta 2015 na spletnem naslovu <https://www.bmw.de>
61. Slovensko – nemška gospodarska zbornica. (2015). *Industrija 4.0 anketa*. Ljubljana: Slovensko – nemška gospodarska zbornica.
62. Služba vlade republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko. (2014). *Strategija pametne specializacije Republike Slovenije*. Ljubljana: Služba vlade republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.
63. Spath, D., Ganschar O., Gerlach S., Hämmerle M., Krause T., & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer – Institut für Arbeitswirtschaft und organisation IAO.
64. Thomson, W. (1889). *Popular lectures and addresses*. London: MacMillan and Co..
65. Tomašič, B. (urednik). (2016, 24. april). *Hobotnica* [televizijska oddaja]. Ljubljana: Nova 24 TV.
66. VDA. (2010). *Quality management in the automotive industry: Process audit*. Berlin: Verbund der Automobilindustrie e.V. (VDA) Qualitäts Management Center (QMC).
67. Viscom, H., & Rommens, H. (2012). *Ensuring highest assembly quality - Manufacture in a relaxed manner-with a combined optical and X-ray inspection*. Hanover: EPP Europe Ausgabe 2012.
68. Informacijski pooblaščenec Republike Slovenije. (2012). *Varstvo osebnih podatkov in računalništvo v oblaku*. Najdeno 26. julija 2015 na spletnem naslovu https://www.ip-rs.si/fileadmin/user_upload/Pdf/smernice/Smernice_rac_v_oblaku.pdf

69. Zongwei, L., Deshpande, S., Basu, S., Li, X., & Chen, X. (2014). *Smart manufacturing innovation and transformation*. Hershey: Business Science Reference.
70. Zorc, D. (2012). *Priprava kontrolnega plana – plan obvladovanja proizvodnje*. Ljubljana: SIQ Izobraževanje.
71. Zorc, D., & Zavrl, S. (2013). *Sistemi vodenja kakovosti v avtomobilski industriji*. Ljubljana: SIQ izobraževanje.
72. Zupan, N., & Kaše, R. (2006). *Uvod v organizacijo*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
73. Zühlke, D. (2014). *Industry 4.0 the German vision for advanced manufacturing*. Najdeno 24. julija 2015 na spletnem naslovu <http://www.slideshare.net/vinnovase/industry-40-the-german-vision-for-advanced-manufacturing>
74. Wilk, C. (urednik). (2015, 24. september). IT – Trends 2016 – die grosse Diskussion [internetna diskusija]. Landsberg: Produktion Technik und wirtschaft für die deutsche Industrie.

PRILOGE

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1: Detajlni rezultati analize podjetja Elistel	1
PRILOGA 2: Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0	2
PRILOGA 3: Rezultati analize vprašalnika po državah	9
PRILOGA 4: Del tabele KPI	10
PRILOGA 5: Vizualizacija parametrov kakovosti	11
PRILOGA 6: Pregled prihrankov na letni ravni	12
PRILOGA 7: Vrednost investicij in terminski plan aktivnosti	13
PRILOGA 8: Grafični prikaz rezultatov skladnosti z Industrijo 4.0	14
PRILOGA 9: Pregled detajlnih rezultatov stanja skladnosti z Industrijo 4.0.....	15
PRILOGA 10: Predlog nadgradnje identifikacijskih oznak	16
PRILOGA 11: Seznam kratic	17

PRILOGA 1: Detajlni rezultati analize podjetja Elistel

[illegible]

PRILOGA 2: Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0						
1. sklop vprašanj : Osnovna priporočila strategije Industrija 4.0						
1. V podjetju zaposleni poznajo izraz Industrija 4.0, da slednji pomeni četrto industrijsko revolucijo in da je glavni razlog obsežen in skokovit razvoj internetnih tehnologij.	2. Industrija 4.0 se identificira z več elementi, ki bodo imeli velik vpliv na razvoj podjetij prihodnost. Ključni elementi so modularnost opreme, medsebojna povezanost in vpliv, samostojnost delovanja in vzdrževanja ter oddaljeni dostop.	3.1. <u>velja samo za obravnavano in slovenska podjetja</u> : Gospodarska zbornica Slovenije na osnovi dokumentov Industrije 4.0 pripravlja strateški dokument za Slovenijo Industrija 5.0, v kar med drugimi področji vključuje tudi pametne tovarne, ki naj bi povečale konkurenčnost slovenskega gospodarstva.	3.2. <u>velja samo za tuja podjetja</u> : Glede na poznavanje priporočil Strategija 4.0 nacionalna gospodarska združenja predpisujejo priporočila za podjetja v povezavi z globalnimi smernicami razvoja podjetij.	4. Ali je nujno upoštevanje priporočila Industrije 4.0 kot nekaj novega, ali podjetja samostojno že delujejo v smeri priporočil. Priporočila se nanašajo na inovativne poslovne rešitve, interaktivne inovativne tehnologije, združevanje in dostavo inovativnih tehnologij in infrastrukturo inovativnih tehnologij.	5. Podjetja se povezujejo med seboj na področju skupnega nastopanja na trgu in na področju proizvodnih storitev, da bi s tem zvečala konkurenčnost svojih storitev. Zahteve trga in kupcev se bodo stopnjevale in tako močno vplivale na razvoj podjetij. Sodelujejo pa tudi z raznimi institucijami, da s tem pridobivajo še dodatne tehnične in tehnološke informacije.	
Ocena dejanskega stanja (1-5):						
1	Izraz Industrija 4.0 mi ni poznan, poznan mi ni niti razlog in vsebina četrte industrijske revolucije.	Oprema podjetja ni modularna in ni povezljiva med seboj. Oprema nima medsebojnega vplivanja, ne deluje samostojno in nima možnosti oddaljenega dostopa.	Dejavnost GZS in izraz Industrija 5.0 mi ni poznana.	Dejavnost primerljiva z Industrijo 4.0 mi ni poznana.	Podjetje ima strategijo razvoja podjetja, vendar vsebinsko ni skladna s priporočili Strategije 4.0.	Podjetja se ne povezujejo z drugimi podjetji, ker smatrajo, da s tem izgubljajo na konkurenčnosti. Na zahteve trga se ne odzivajo.
2	Za izraz Industrija 4.0 sem že slišal, vsebine pa ne poznam.	Oprema podjetja je modularna in ni povezljiva med seboj. Oprema nima medsebojnega vplivanja, ne deluje samostojno in ima možnosti oddaljenega dostopa.	Za izraz sem že slišal, vendar ne poznam namena in vsebine.	Za dejavnost primerljivo z Industrijo 4.0 sem že slišal, vendar ne poznam namena in vsebine.	Podjetje ima strategijo razvoja podjetja, vsebinsko je delno skladna s priporočili Strategije 4.0, vendar zaenkrat še ni prišlo do uresničevanja teh strategij.	Podjetja se v manjši meri povezujejo med seboj, pri čemer zelo pazijo, da se informacije o ključnih kompetencah in konkurenčnih prednostih ne izdajajo sodelujočim podjetjem. Na zahteve trga se ne odzivajo.
3	Izraz Industrija 4.0 poznam v smislu propagiranja nemške vlade, detaljne vsebine ne poznam.	Oprema podjetja je modularna. Je delno povezljiva med seboj in samo v tem primeru ima medsebojni vpliv. Oprema ne deluje samostojno, ima pa možnosti oddaljenega dostopa.	Izraz industrija 5.0 poznam, detaljne vsebine ne poznam.	Za dejavnost primerljivo z Industrijo 4.0 sem že slišal, detaljne vsebine ne poznam.	Podjetje ima strategijo razvoja podjetja, vsebinsko je delno skladna s priporočili Strategije 4.0, vendar je zaenkrat le delno prišlo do uresničevanja teh strategij.	Podjetja se v manjši meri povezujejo med seboj, pri čemer zelo pazijo, da se informacije o ključnih kompetencah in konkurenčnih prednostih ne izdajajo sodelujočim podjetjem. Spremljajo zahteve trga in se skušajo prilagajati zahtevam.
4	Izraz Industrija 4.0 poznam, v grobem poznam vsebino.	Oprema podjetja je modularna in povezljiva med seboj. Nima medsebojnega vpliva, deluje samostojno in ima možnosti oddaljenega dostopa.	Izraz Industrija 5.0 poznam, v grobem poznam namen, ne pa vsebine.	Dejavnost primerljivo z Industrijo 4.0 poznam, v grobem poznam namen in vsebino.	Podjetje ima začrtano strategijo, ki se vsebinsko navezuje na priporočila Strategije 4.0, se pa delno strategija že uresničuje.	Podjetja sodelujejo z drugimi kompatibilnimi podjetji in institucijami. Analizirajo zahteve trga in se nanje odzivajo.
5	Izraz Industrija 4.0 poznam, poznam pa tudi vsebino.	Oprema podjetja je modularna in povezljiva med seboj. Ima medsebojni vpliv, deluje samostojno in ima možnosti oddaljenega dostopa.	Izraz Industrija 5.0 poznam, poznam namen in vsebine.	Dejavnost primerljivo z Industrijo 4.0 poznam, poznam namen in vsebino.	Podjetje ima začrtano strategijo, ki se vsebinsko navezuje na priporočila Strategije 4.0 in je tudi že uvedena v proizvodne procese.	Podjetja sodelujejo z drugimi kompatibilnimi podjetji in institucijami. Stalno analizirajo zahteve trga in individualnih kupcev. Procese in izdelke stalno prilagajajo.

se nadaljuje

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
2. sklop vprašanj: Pametna proizvodnja in upravljanje delovnih mest					
R A V E N	1. Zaposleni v proizvodnji poznajo izraz Pametna proizvodnja in ga povezujejo z uvedbo novih generacij naprav povezljivih, krmiljenih in nadzorovanih preko Internetnih povezav.	2. Strategija podjetja za nadaljnjih 3 do 5 let je bistvenega pomena za podjetja zaradi izvajanja aktivnosti skladno s priporočili za pametne tovarne in pametne proizvodnje.	3. Upravljanje in nadzor delovnih mest preko Internetnih povezav bo v bodoče omogočalo, da zaposleni niso neposredno prisotni na delovnem mestu in da lahko s tem načinom upravljajo in nadzorujejo naprave, lahko pa tudi večje število procesov.	4. Zaposleni oddaljene dostope do proizvodnih procesov uporabljajo preko pametnih komunikacijskih naprav za nadzor procesov na različnih ravneh in vzdrževanje kompleksne proizvodne opreme.	5. Metode vitke proizvodnje (5S, vlečni pristop, Kanban, tok materiala, različne razmestitve delovnih mest, metoda hitre menjave orodij, glajenje proizvodnje, celovito produktivno vzdrževanje, večopravilnost, management celovite kakovosti, Jidoka, standardizirano delo, dodajanje vrednosti in zapravljanje, analiza toka nastajanja vrednosti, zaloge in stroški zalog, uravnoteženje proizvodne linije, timi za nenehne izboljšave, kaizem) in metode avtomobilskega standarda (APQP, PPAP, FMEA, SPC, MSA) so dobra osnova za uvajanje pametne proizvodnje.
	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
1	Izraz mi ni poznan.	Strategija celotnega podjetja za nadaljnjih 5 let zaposlenim ni poznana, niti ni poznana strategija področja, v katerem so zaposleni, ne poznajo.	Delovna mesta ne omogočajo upravljanja preko Internetnih povezav.	Upravljanje in nadzor preko Internetnih povezav se ne koristi.	Z metodami vitke proizvodnje nisem seznanjen, enako nisem seznanjen z možnostmi, ki jih priporoča Industrija 4.0.
2	Za izraz sem že slišal, vendar ne poznam vsebine.	Strategija podjetja in področja, kjer so zaposleni, je zaposlenim slabo poznana. Aktivnosti, ki naj bi bile direktno povezane s strategijami, ne poznajo.	Samo delovna mesta, ki so postavljena v liniji, omogočajo upravljanje preko Internetnih povezav, samostojna delovna mesta pa ne.	Upravljanje in nadzor preko Internetnih povezav se ne koristi, se pa delno koristijo Internetne povezave pri vzdrževalnih posegih, ni pa pri tem vključen stalni nadzor preko Internetnih povezav.	Nekatere metode vitke proizvodnje so mi poznane, niso pa uvedene v naš proizvodni proces. Z možnostmi, ki jih priporoča Industrija 4.0 nisem seznanjen.
3	Za izraz sem že slišal, vsebino v grobem poznam.	Strategija podjetja in področja, kjer so zaposleni, je zaposlenim večinoma poznana. Aktivnosti, ki naj bi bile direktno povezane s strategijami, pa ne poznajo.	Delovna mesta, ki so postavljena v liniji, in del samostojnih delovnih mest, ki so avtomatizirana, omogočajo upravljanje preko Internetnih povezav.	Upravljanje in nadzor preko Internetnih povezav se delno koristi, se pa delno koristijo tudi Internetne povezave pri vzdrževalnih posegih.	Osnovne metode vitke proizvodnje so uvedene v proizvodnjo, vendar nisem seznanjen z učinki. Z možnostmi, ki jih priporoča Industrija 4.0, nisem seznanjen.
4	Poznam izraz. Vsebinsko poznam iz različnih virov. Lastnih izkušenj nimam.	Strategija podjetja in področja, kjer so zaposleni, je zaposlenim poznana. Aktivnosti, ki delujejo v smeri uresničitve strategij, pa so zaposlenim delno poznane.	Večina delovnih mest omogočajo upravljanja in nadzor preko Internetnih povezav z uporabo pametnih komunikacijskih naprav.	Večina upravljanja, nadzora in vzdrževalnih posegov se izvaja preko Internetnih povezav.	Metode vitke proizvodnje so uvedene v proizvodnjo in dajejo ustrezne učinke. Z možnostmi, ki jih priporoča Industrija 4.0, sem seznanjen.
5	Poznam izraz. Vsebinsko poznam iz lastnih izkušenj.	Strategija podjetja in področja, kjer so zaposleni, je zaposlenim poznana in deluje v smeri njene uresničitve.	Vsa delovna mesta omogočajo upravljanja in nadzor preko Internetnih povezav z uporabo pametnih komunikacijskih naprav.	Upravljanje, nadzor in vzdrževalni posegi se izvaja preko Internetnih povezav.	Metode vitke proizvodnje so uvedene v proizvodnjo in dajejo ustrezne učinke. Možnosti, ki jih priporoča Industrija 4.0, uvajamo v proizvodni proces.

se nadaljuje.

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
3. sklop vprašanj: Trendi najnovejših tehnologij in izobraževanje					
RAVEN	1. Prve informacije s področja uporabe najnovejših proizvodnih tehnologij so najlažje dosegljive preko strokovnih člankov na različnih internetnih portalih, nato obiskovanju različnih strokovnih konferenc, sejmov in posebej organiziranih predstavitev tehnologij in tehnoloških rešitev podjetij ali skupine podjetij, ki jih na nek način tehnologije povezujejo.	2. Aktivno sodelovanje v mednarodnih organizacijah in/ali vsaj sodelovanje v različnih domačih strokovnih skupinah, ki se ukvarjajo z raziskavami in analiziranjem ter rezultati uporabe najnovejših proizvodnih tehnologij.	3. Stalno sledenje najnovejšim tehnologijam in sprotno investiranje v najsodobnejše naprave v proizvodnem procesu in/ali vsaj sprotno posodabljanje obstoječih investicij, ki sledijo trendom najsodobnejših proizvodnih tehnologij.	4. Investiranje v najsodobnejše informacijske tehnologije je povezano z investiranjem v najsodobnejše proizvodne naprave, ki omogočajo ne samo dostop do naprav ampak tudi dostop do vseh parametrov naprave, po drugi strani pa uporabo informacijskih medijev in naprav, ki prenašajo in posredujejo detaljne in/ali pomembne informacije iz procesa za odločanje.	5. Izobraževanje managementa proizvodnje in proizvodnih operaterjev z najsodobnejšimi tehnologijami in koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti.
	N Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
	Podjetje ni član strokovnih mednarodnih in domačih organizacij, občasno obiskuje strokovne sejme, novosti spremlja preko internetnih strani glede na trenutne potrebe.	Podjetje ne sodeluje z mednarodnimi ali domačimi strokovnimi organizacijami.	Podjetje redko investira, za investiranje se vedno odloča v cenovno ugodno že uporabljeno opremo, ki je sicer primerna za uporabo v proizvodnih procesih, tehnološko pa je zastarela.	Podjetje ne investira v informacijske tehnologije.	Podjetje v tehnološkem smislu sistemsko ne izobražuje proizvodnega managementa in operaterjev z novimi tehnologijami.
	Podjetje ni član strokovnih mednarodnih in domačih organizacij, redno obiskuje strokovne sejme, tehnološke dneve, redko konference, novosti redno spremlja preko internetnih strani.	Podjetje občasno sodeluje pri raziskavah, analizah in predstavitvi rezultatov novih tehnologij domačih organizacij, zasleduje pa določene tehnologije preko webinarjev.	Podjetje investira v cenovno ugodno uporabljeno opremo, ki je primerna za uporabo v proizvodnih procesih, tehnološko pa je zastarela.	Podjetje ne investira v informacijske tehnologije, posodablja pa obstoječi informacijski sistem.	Podjetje v tehnološkem smislu zgolj informira proizvodni management z novimi tehnologijami, s koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti pa glede na trenutne potrebe podjetja.
	Podjetje je član vsaj ene strokovne mednarodne ali domače organizacije, po potrebi obiskuje strokovne konference, sejme in tehnološke dneve, novosti redno spremlja preko internetnih strani.	Podjetje aktivno sodeluje pri raziskavah, analizah in predstavitvi rezultatov novih tehnologij domačih organizacij, zasleduje pa določene tehnologije preko webinarjev.	Podjetje investira v cenovno ugodno že uporabljeno opremo ali v novo sodobno opremo z zelo omejenimi funkcionalnostmi, ki ne omogočajo ali omejujejo delovanje opreme po najsodobnejših pristopih.	Podjetje posodablja obstoječi informacijski sistem, samo pa v proces uvaja lastne informacijske rešitve.	Podjetje v tehnološkem smislu izobražuje proizvodni management z novimi tehnologijami in koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti glede na trenutne potrebe podjetja.
	Podjetje je član večih strokovnih mednarodnih in domačih organizacij, obiskuje strokovne konference, sejme in tehnološke dneve, novosti redno spremlja preko internetnih strani.	Podjetje občasno sodeluje pri raziskavah, analizah in predstavitvi rezultatov novih tehnologij.	Podjetje investira v novo sodobno opremo z omejenimi funkcionalnostmi, ki ne omogočajo ali omejujejo delovanje opreme po najsodobnejših pristopih.	Podjetje investira v informacijske tehnologije, kar pomeni, da posodablja obstoječi informacijski sistem, ga nadgrajuje z določenimi funkcionalnostmi, zelo malo pa investira v nove kompatibilne informacijske rešitve in v sodobno komunikacijsko opremo za prenos in analize podatkov.	Podjetje v tehnološkem smislu izobražuje proizvodni managementa in operaterje z novimi tehnologijami in koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti glede na trenutne potrebe podjetja.
	Podjetje je član večih strokovnih mednarodnih in domačih organizacij, s katerimi aktivno sodeluje, redno obiskuje strokovne konference, sejme in tehnološke dneve, novosti redno spremlja preko internetnih strani.	Podjetje aktivno sodeluje pri raziskavah, analizah in predstavitvi rezultatov novih tehnologij.	Podjetje redno investira v najsodobnejšo proizvodno opremo, posodablja pa tudi obstoječe procese.	Podjetje investira v informacijske tehnologije, kar pomeni, da posodablja obstoječi informacijski sistem, ga nadgrajuje z določenimi funkcionalnostmi, investira v nove kompatibilne informacijske rešitve in v sodobno komunikacijsko opremo za prenos in analize podatkov.	Podjetje v tehnološkem smislu izobražuje proizvodni managementa in operaterje z novimi tehnologijami in koristnostjo v smislu dviga konkurenčnosti ne glede na trenutne potrebe podjetja, predvsem pa s ciljem hitrega prilagajanja potrebam na trgu.

se nadaljuje

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
4. sklop vprašanj: Robotizacija in avtomatizacija delovnih mest v proizvodnem procesu					
RAVEN	1. Podjetje ima ključna dela robotizirana, kar je pogoj za informacijsko povezanost opreme.	2. Avtomatizacija delovnih mest omogoča informacijsko povezovanje delovnega mesta s ciljem upravljanja in nadzora.	3. Delovna navodila morajo biti elektronska, so pa odvisna od stopnje robotizacije in avtomatizacije procesa.	4. Zaposleni se stalno izobražujejo, timsko sodelujejo med seboj, so načrtovalci in upravitelji procesov.	5. Vizualizacija v celotnem delovnem okolju pomeni celovito informiranje zaposlenih. Preglednost pripomore k načrtovanju aktivnosti za stalne izboljšave procesov.
	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
1	Delovna mesta niso robotizirana.	Avtomatiziranih delovnih mest podjetje nima, vsa dela se izvajajo ročno.	Delovna navodila so v papirni obliki, shranjena v informacijskem sistemu.	Zaposleni so operaterji procesov, vse izzive v procesu rešujejo načrtovalci procesov.	V podjetju procesi in rezultati procesov niso vizualizirani, informacije se pretakajo preko vodij procesov.
2	Delovna mesta v proizvodnji so delno robotizirana in delujejo organizacijsko kot proizvodni otoki in informacijsko niso podprta.	Podjetje ima delno avtomatizirana delovna mesta, pri čemer pa ni omogočena informacijska povezava.	Delovna navodila so v papirni obliki, manjši del v elektronski obliki.	Zaposleni so operaterji procesov, znanje pridobivajo od načrtovalcev procesov.	V podjetju so vizualizirani samo glavni parametri poslovanja.
3	Delovna mesta v proizvodnji so robotizirana in delujejo organizacijsko kot proizvodni otoki in so informacijsko podprta.	Podjetje ima delno avtomatizirana delovna mesta, pri čemer je omogočena informacijska povezava.	Delovna navodila so v papirni obliki, večji del je v elektronski obliki.	Zaposleni so operaterji procesov, načrtujejo del procesov, kjer se načrtovanje ponavlja.	Podjetje ima vizualizirane glavne parametre poslovanja in glavne parametre proizvodnega procesa.
4	Delovna mesta v proizvodnji so robotizirana in povezana ter omogočajo delno informacijsko povezavo.	Podjetje ima večino delovnih mest avtomatiziranih, pri čemer je omogočena informacijska povezava.	Delovna navodila so v elektronski obliki, vendar so v manjši meri del avtomatiziranih in robotiziranih procesov.	Zaposleni so strokovno usposobljeni za delo v procesih, so načrtovalci pri večini procesih.	Podjetje ima procese razdeljene na glavne in podrejene, pri čemer ima za glavne procese vizualizirane ključne parametre in rezultate.
5	Vsa proizvodna delovna mesta so popolnoma robotizirana in povezana ter omogočajo informacijsko povezavo.	Podjetje ima vsa delovna mesta avtomatizirana, pri čemer je omogočena informacijska povezava.	Delovna navodila so v elektronski obliki in so del avtomatiziranih in robotiziranih procesov.	Zaposleni so strokovno usposobljeni za delo v procesih, so načrtovalci in upravitelji procesov.	V podjetju ima vsak proces ključne parametre in rezultate vizualizirane, tako da so vsi zaposleni seznanjeni in delujejo v smeri izpolnjevanja kriterijev konkurenčnosti.

se nadaljuje

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
5. sklop vprašanj: Informacijska povezanost delovnih mest v proizvodnem procesu					
R A V E N	1. Podjetje ima svoje podatkovne baze in ključne aplikacije podjetja delujoče v oblaku.	2. Podatki iz proizvodnega procesa se prenašajo v podatkovne baze informacijskega sistema.	3. Delovna mesta so postavljena v linijo in medsebojno informacijsko povezana, pri čemer določena delovna mesta vplivajo na delovanje drugih in celotne linije.	4. V proizvodnem procesu so naprave medsebojno povezane.	5. Naročanje materiala preko informacijskega sistema glede na potrebe proizvodne realizacije ob upoštevanju dobavnih rokov s ciljem minimalnih zalog in optimizacije materialnih tokov.
	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
1	Podjetje ključne podatkovne baze in ključne aplikacije na osebnih računalnikih, podatki pa se kasneje obdelujejo.	Podjetje nima informacijskega sistema za nadzor proizvodnih procesov.	Delovna mesta niso postavljena v linijo.	V procesu naprave ne omogočajo medsebojne povezave.	Podjetje ne naroča materiala preko informacijskega sistema.
2	Podjetje ima ključne podatkovne baze in ključne aplikacije delno na osebnih računalnikih, delno na internem oblaku podjetja.	Podjetje ne nadzoruje vseh proizvodnih procesov, nadzoruje pa glavne kritične procese.	Delovna mesta so le delno postavljena v linijo, del delovnih mest procesa pa deluje kot samostojno delovno mesto, tako da informacijska povezava ne vpliva na celotno delovanje procesa.	V procesu naprave niso medsebojno povezane.	Podjetje naroča material glede na napovedi proizvodne realizacije, material se porablja glede na trenutne potrebe proizvodne realizacije.
3	Podjetje ima ključne podatkovne baze in ključne aplikacije v internem oblaku podjetja.	Podjetje ima informacijski sistem, vendar se vanj ne prenašajo podatki iz procesov.	Delovna mesta so le delno postavljena v linijo, del delovnih mest procesa pa deluje kot samostojno delovno mesto, informacijsko so vsa delovna mesta povezana med seboj in tako vplivajo na celotno delovanje procesa.	V proizvodnem procesu so samo določene naprave medsebojno povezane.	Podjetje naroča material glede na trenutne potrebe in glede na napovedi proizvodne realizacije, pri čemer se napovedi vedno ne realizirajo, zaloge materiala pa se na ta način povečujejo.
4	Podjetje ima del podatkovnih baz in del aplikacij v oblaku, ostalo pa v internem oblaku podjetja.	Podjetje podatke procesov prenaša v informacijski sistem, manjši del podatkov koristi za analize in poročila, ostali podatki so osnova za poglobljene analize in poročila.	Vsa delovna mesta so postavljena v linijo, komunikacijsko povezana med seboj in glede na rezultate delovanja celotne linije in posameznih delovnih mest znotraj le delno vplivajo na delovanje celotnega procesa.	V proizvodnem procesu so naprave medsebojno povezane samo v določenih procesih.	Podjetje ima poleg varnostnih tudi določene količine materiala za proizvode iz standardnega nabora proizvodov, ostalo pa naroča preko informacijskega sistema glede na potrebe proizvodne realizacije.
5	Podjetje ima ključne podatkovne baze in ključne aplikacije v oblaku.	Podjetje vse podatke iz proizvodnih procesov prenese v informacijski sistem, iz večjega dela podatkov se avtomatsko generirajo poročila za nadaljnje ukrepanje odločevalcev v procesu, samih operaterjev ali naprav, ostali podatki so osnova za poglobljene analize in poročila.	Vsa delovna mesta so postavljena v linijo, komunikacijsko povezana med seboj in glede na rezultate delovanja celotne linije in posameznih delovnih mest znotraj vplivajo na delovanje celotnega procesa.	V proizvodnem procesu so naprave medsebojno povezane v celoto.	Proces ima izključno varnostne zaloge, ker informacijski sistem zagotavlja dobavljivost materiala glede na potrebe proizvodne realizacije.

se nadaljuje

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
6. sklop vprašanj: Materialna sledljivost in sledljivost parametrov proizvodnega procesa					
	1. Identifikacija materiala na vhodu v podjetje je pogoj za vzpostavitev informacijskega sistema, ki zagotavlja sledljivost vgrajenega materiala v proizvod skozi njegovo celotno življenjsko dobo.	2. Skladiščenje materiala v primernih informacijsko podprtih avtomatiziranih sistemih zagotavlja optimalno poslovanje z materialom v proizvodnem procesu.	3. Kateri material je bil uporabljen v proizvodih je izrednega pomena za poprodajne aktivnosti tako podjetja kot tudi kupca.	4. Identifikacija procesnih parametrov je osnova za obvladovanje procesov.	5. Nadzor in korekcije parametrov procesa podjetja izvajajo preko zbiranja in analiziranja podatkov pridobljenih iz procesa.
RAVEN	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
1	Material ima v informacijskem sistemu kodo za naročanje.	Podjetje nima avtomatskega skladiščenja materiala, v informacijskem sistemu pa nima uvedenega sistema materialnega managementa.	Podjetje nima uvedenega sistema sledljivosti, kateri material je bil uporabljen na določenem izdelku in h kateremu kupcu je bil izdelek poslan.	Procesni parametri niso posebej identificirani in se sproti prilagajajo glede na trenutno stanje proizvodnje.	Parametri procesov se sistematično ne zbirajo.
2	Material dobi unikatno kodo, v informacijskem sistemu pa je to samo eden od podatkov.	Podjetje nima avtomatskega skladiščenja materiala, v informacijskem sistemu pa ima uveden sistema materialnega managementa.	Podjetje ima identificiran posamezni material na vhodu v podjetje, nima pa v procesu identificiranih komponent po posameznih dobavah in posledično tudi nima sledljivosti, na katerem izdelku se nahaja kateri material .	Procesni parametri so identificirani samo za glavni proces, ostali procesi nimajo posebej identificiranih parametrov.	Parametri glavnega procesa so nadzorovani, spremembe pa se ne beležijo in vedno ostaja kot veljavni parameter zadnja izvedena sprememba.
3	Material dobi unikatno kodo, v informacijskem sistemu je ta podatek vodilni in se preko njega dobijo vsi pripadajoči podatki.	Podjetje ima avtomatsko skladiščenje materiala, v informacijskem sistemu pa nima uvedenega sistema materialnega managementa.	Podjetje ima delno uveden sistem sledljivosti, kar pomeni, da iz posameznih podatkov iz sistema ročno določi samo iz katere dobave je bil uporabljen material na celotni seriji izdelkov.	Procesni parametri za glavni proces so identificirani in se preko algoritma zbranih podatkov samostojno prilagaja delovanje procesa, ostali procesi tega sistema nimajo.	Parametri glavnega procesa so nadzorovani, vsaka sprememba je v sistemu zabeležena, ostali procesi nimajo nadzorovanih parametrov.
4	Material dobi unikatno kodo, v informacijskem sistemu je ta podatek vodilni, v proizvodnem informacijskem sistemu pa se uporablja izvorna koda materiala.	Podjetje ima avtomatsko skladiščenje materiala, ki je obvladovano preko materialnega managementa v informacijskem sistemu.	Podjetje ima uveden sistem sledljivosti, kar pomeni, da lahko iz posameznih podatkov v sistemu določi, kateri material je bil vgrajen na katerem izdelku. Podatek lahko pridobi na osnovi kateregakoli vhodnega podatka (podatki o materialu, o izdelku, o kupcu).	Procesni parametri za glavni proces so identificirani in se preko algoritma zbranih podatkov samostojno prilagaja delovanje procesa, nekatera samostojna avtomatizirana delovna mesta delujejo po enakem algoritmu.	Parametri glavnega procesa in nekaterih posameznih delovnih mest so nadzorovani, vsaka sprememba pa je v sistemu zabeležena.
5	Material dobi unikatno kodo, v informacijskem sistemu je ta podatek vodilni in se kot tak uporablja tudi v proizvodnem informacijskem sistemu.	Podjetje ima avtomatsko skladiščenje materiala locirano v proizvodnem procesu in je obvladovano preko materialnega managementa v informacijskega sistema.	Podjetje ima popolno sledljivost vgrajenega materiala na točno določen izdelek in kateri izdelek je poslalo h kateremu kupcu, pri čemer ima v informacijskem sistemu vse podatke povezljive, kar pomeni, da celotne podatke lahko pridobi na osnovi kateregakoli vhodnega podatka (podatki o materialu, o izdelku, o kupcu).	Procesni parametri so za vsak proces in vsako napravo posebej identificirani in se preko informacijskega sistema nadzorujejo in prilagajajo.	Parametri procesov se preko informacijskih sistemov nadzorujejo in po potrebi prilagajajo, pri čemer je zagotovljena popolna sledljivost trenutnega stanja in vsake posamezne spremembe.

se nadaljuje

nadaljevanje

Vprašalnik za oceno skladnosti podjetij z Industrijo 4.0					
7. sklop vprašanj: Kakovost proizvodnega procesa					
R A V E N	1. Standardi kakovosti različnih branž, v katerih je direktno ali posredno vključena elektronska industrija kot so standardi IPC (izdelava elektronskih plošč, popravila,...), ISO (splošni, avtomobilski, medicinski, vojaški, okoljski,...), MSL,...	2. Standardizirane metode in metode dobrih praks izhajajo iz zahtev avtomobilske industrije in se kasneje dopolnjujejo z metodami vitke proizvodnje ter v končni fazi nadgradijo s priporočili pametne proizvodnje.	3. Jasni cilji kakovosti so postavljeni na vseh ravneh podjetja, še posebej pa so pomembni merljivi cilji v proizvodnem procesu.	4. Preventivne in korektivne aktivnosti ter aktivnosti na osnovi izkušenj zagotavljajo stalno aktivno delovanje PDCA kroga.	5. Sistem inovacij je eden ključnih mehanizmov razvoja kakovosti proizvodnega procesov.
N	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):	Ocena dejanskega stanja (1-5):
1	Podjetje nima uvedenih navedenih standardov.	Podjetje nima uvedenih zgoraj naštetih metod.	Podjetje nima vzpostavljenih jasnih ciljev na vseh ravneh.	Podjetje nima obvladovanega sistema kakovosti z delovanjem PDCA kroga.	Podjetje nima sistema inovacij ali ga ne izvaja.
2	Podjetje ima uveden osnovni ISO in IPC standard.	Podjetje ima uvedene samo nekatere metode, ki jih koristi po potrebi.	Podjetje ima opredeljene cilje kakovosti, vendar nima celovitega sistema prenosa podatkov in njihove obdelave v informacijskem sistemu.	Podjetje identificira samo glavne izzive procesa in jih rešuje v okviru posebnih timov.	Podjetje ima sistem inovacij, večina predlogov se smatra kot redna delovna obveznost, tako da se sistem inovacij redko uporablja.
3	Podjetje ima uveden osnovni ISO standard in vsaj enega od ostalih naštetih ISO standardov ter IPC standard.	Podjetje ima uvedene samo nekatere metode, rezultate pa periodično spremlja.	Podjetje ima opredeljene cilje kakovosti, pri čemer glavne cilje spremlja preko informacijskega sistema, ostale pa samo glede na potrebe.	Podjetje ima vzpostavljen sistem preventivnih ukrepov, glavne trenutne izzive procesa pa rešuje s pomočjo PDCA sistema.	Podjetje ima sistem inovacij, večina je kategoriziranih kot mali koristni predlogi, redke so pravzaprav inovacije.
4	Podjetje ima uvedene vse našete standarde, proces pa prilagaja standardu, ki ga zahteva izdelek.	Podjetje ima sistemsko uvedene večino od zgoraj naštetih metode, ki so obvladovane preko informacijskega sistema.	Podjetje ima jasno opredeljene cilje kakovosti na vseh ravneh, podatke vnaša v sistemski informacijski sistem s časovnim zamikom, rezultate iz informacijskega sistema pridobiva s časovnim zamikom.	Podjetje ima vzpostavljen sistem preventivnih ukrepov in ukrepov na osnovi izkušenj iz sistema vzdrževanja, PDCA sistem obvladovanja kakovosti pa uporablja samo za reševanje ključnih trenutnih izzivov procesa.	Podjetje ima sistem inovacij, se pa redko pojavljajo inovacije, ki bistveno prispevajo k optimizaciji in avtomatizaciji v procesih.
5	Podjetje ima uvedene vse našete standarde, dejansko stanje je skladno s standardi.	Podjetje ima sistemsko uvedene zgoraj našete metode, ki so obvladovane preko informacijskega sistema.	Podjetje ima jasno opredeljene cilje kakovosti na vseh ravneh, podatke vnaša v sistemski informacijski sistem sprotno, rezultate iz informacijskega sistema pridobiva sprotno.	Podjetje ima uveden celovit sistem obvladovanja kakovosti procesa s pomočjo PDCA, preko katerega z različnimi pristopi rešuje izzive procesa in reklamacij.	Podjetje ima sistem inovacij v proizvodnem procesu, preko katerega se letno izvedejo ključne optimizacije in avtomatizacije v posameznih procesih.

PRILOGA 3: Rezultati analize vprašalnika po državah

Rezultati analize anketiranih podjetij v Nemčiji							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	4,82	4,22	4,54	4,34	3,80	3,86	4,60
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	0,39	0,82	0,54	0,48	0,57	0,78	0,49
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	4,31						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,69						
Rezultati analize anketiranih podjetij v Izraelu							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,84	4,00	4,52	3,52	3,64	4,32	4,60
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,03	0,71	0,77	0,82	0,86	0,80	0,50
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	4,06						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,88						
Rezultati analize anketiranih podjetij v Rusiji							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	2,06	2,48	2,82	2,34	2,26	2,90	3,26
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,17	0,84	1,14	1,00	0,78	1,07	0,90
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	2,59						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	1,06						
Rezultati analize anketiranih podjetij v Aziji							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,84	3,28	3,44	3,80	3,18	4,02	3,76
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,00	0,97	0,64	0,45	0,69	0,32	0,66
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,62						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,77						
Rezultati analize anketiranih podjetij v Iranu							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,38	3,30	2,92	3,26	2,92	4,08	4,46
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	0,83	0,91	0,90	0,63	0,53	0,27	0,50
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,47						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,87						
Rezultati analize anketiranih podjetij v Sloveniji							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	4,08	4,03	3,16	3,61	3,75	3,15	3,39
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,17	0,94	1,09	1,05	0,62	0,56	0,84
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,59						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,98						
Rezultati analize anketiranega podjetja Elistel							
Sklop vprašanj	1	2	3	4	5	6	7
Povprečna ocena posameznega sklopa vprašanj 30-ih anketirancev v podjetju Elistel	3,79	4,03	2,59	3,47	3,73	3,12	3,45
Standardna deviacija posameznega sklopa vprašanj 30-ih anketirancev v podjetju Elistel	1,29	0,94	1,02	0,99	0,46	0,65	0,65
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh anketirancev v podjetju Elistel	3,44						
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh anketirancev v podjetju Elistel	0,98						

PRILOGA 4: Del tabele KPI

D	Ref.	IZBOLJŠAVE PROCESOV	Cilj	Nosilec	termin	Ciljni KPI	Akcijski plan	Perioda spremljanja
D1	CILJ	Obvladovanje FPY	Obvladovanje skupnega FPY in FPY po skupinah IC3000 in EMS	J.Kancilija	2015	TOTAL > 95% SI3000 > 91% EMS > 96%	Naloge definirane v akcijskem planu kolegija ITOP P DT točka 1.2..	kvartalno
D2	CILJ	Točnost napovedi	Povečati točnost napovedi mesečne realizacije	J. Novak	2015	>75%		kvartalno
D3	CILJ	Dobavnice	Knjiženje dobavnic	J. Novak	2015	95% v 3 del.dneh od odpreme	Pri vpisu dobavnic dodan datum knjiženja	letno
D4	CILJ	IdeaManagement: koristni predlogi izboljšav	Podajanje koristnih predlogov izboljšav proizvodnih in testnih postopkov, ergonomije in okolja	J. Kancilija	2015	> 40 potrjenih predlogov	Izboljšave, podane s strani sodelavcev proizvodnje	kvartalno
D5	CILJ	Procesna podpora	Naročanje FLP prenesti v reden proces naročanja v SAP-u	J. Novak	2015	100%	Izdelati navodila, popraviti aplikacijo	letno
D6	CILJ	Procesna podpora	Naročanje FLP prenesti v reden proces naročanja v SAP-u	J. Novak	2015	100%	Izdelati navodila, popraviti aplikacijo	letno
D7	CILJ	Obdelava naročil	priprava licenčnega dokumenta v IUT za IUT naročila	J. Novak	2015	100%	Prevetritev procesa, nastavitve SAP-a, nabavnega procesa, preplanninga...	letno
D8	CILJ	Optimizacija procesa planiranja	Stabilizirati vhod v proizvodnjo, zagotoviti boljšo preskrbljenost z materiali, povečati učinkovitost proizvodnih kapacitet	J. Novak	2015	Boljši L300P, 90% stabilen "next week", 80% stabilen "2 weeks"	Prevetritev procesa, nastavitve SAP-a, nabavnega procesa, preplanninga...	letno
D9	NALOGA	Investicije v posodobitev opreme	Izpolnitev plana investicij 2014	J.Kancilija	2015	Realizacija vsebinskega plana	Dinamika investicijskih prijav in spremljanje plana se vodi v sklopu kolegija ITOP P DT točka 3.18.. Spremljajo se tudi dodatne strateške usmeritve in s tem povezane tehnologije in investicije.	kvartalno
D10	NALOGA	Informatika	Izpolnitev plana informatike 2014	J.Kancilija	2015	Realizacija vsebinskega plana	Vzdrževanje plana informatike in realizacija se spremljata v sklopu kolegija ITOP P DT točka 5.19.. (TEINSI v SAP, ESL, PRISX, vzdrževanje podajalnikov,...)	kvartalno
D11	NALOGA	Vpeljava ali analiza novih tehnologij	Izpolnitev plana vpeljave ali analize novih tehnologij 2014	J.Kancilija	2015	Realizacija vsebinskega plana	Uvedba Certonal, 3D AOI, investicije naročene v Q4 2014	kvartalno
D12	NALOGA	Vpeljava zahtev automotive standarda ISO/TS16949	Pokritost zahtev standarda do stopnje, da se lahko planira certifikacija v 2015	J.Kancilija	2015	Pripravljenost tehnoloških pogojev za certifikacijo	Uvedba PPAP, APQP, MSA, SPC na testnem projektu. Uvedba KP za prototyping in pilote	kvartalno
D13	NALOGA	Vpeljava IPC610E klasa 3	Analiza potreb za vpeljavo IPC610E klasa 3, pripravljenost na implementacijo	J.Kancilija	2015	Realizacija vsebinskega plana	Primerjava zahtev klase 2 na klaso 3, identifikacija dodatnih zahtev medical industrije	kvartalno
D14	NALOGA	"Test coverage analysis"	Izbira 10 produktov za pregled testne pokritosti, optimiranje testov in/ali vsebin testov in ocena tveganja	J.Kancilija	2015	test coverage = 100% (test coverage>100% - optimizacija; test coverage<100% - ocena tveganja)	primerjalni test coverage se izvede ob uvedbi 3D AOI	kvartalno
D15	NALOGA	Implementacija testov zanesljivosti procesov in produktov	Definirana metodologija izvajanja testov zanesljivosti produktov	J.Kancilija	2015	Izvedeno testiranje na izbranih procesih in produktih	Uvedba postopka re-testing	kvartalno

Vir: Elistel d.o.o., Strategija, cilji, naloge, 2015c, str. 1-2.

PRILOGA 5: Vizualizacija parametrov kakovosti



Vir: Elistel d.o.o., Proizvodna kakovost, 2016a, str. 2.

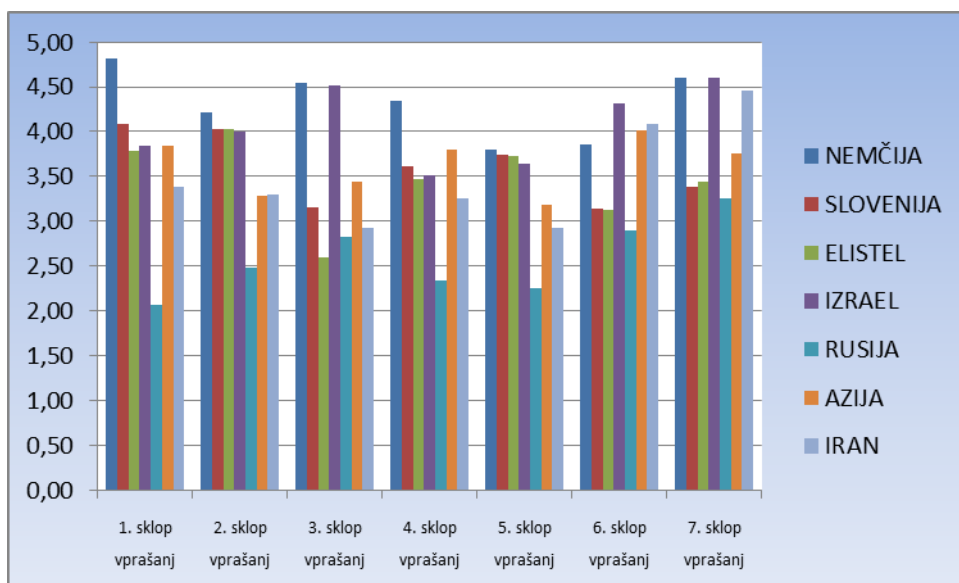
PRILOGA 6: Pregled prihrankov na letni ravni

Točka v magistrskem delu	Področja izboljšav	Prihranki na letni ravni v urah
2.3.	Uvedba metod vitke proizvodnje	3.600
2.4.	Sledenje globalnim tehnološkim trendom	5.400
2.5.1.	Združevanje delovnih operacij	10.800
2.5.2.	Uvedba linijskega manipulatorja	5.400
2.5.3.	Uvedba namenskega manipulatorja	1.800
2.5.4.	Avtomatizacija ročnega dela	3.600
2.5.5.	Investiranje v manjše robotizirane celice	1.800
2.6.1.	Uvedba elektronskega spremnega lista	200
2.6.2.	Poenotenje tehnoloških informacijskih sistemov	7.200
2.6.3.	Linijska postavitve procesa	16.200
2.6.4.	Nadgradnja univerzalne linije	1.800
2.6.5.	Uvedba standardnega programskega vmesnika OIB	2.700
2.6.6.	Investiranje v najsodobnejšo medsebojno informacijsko združljivo opremo	2.900
2.7.1.	Procesna identifikacija materialov	1.800
2.7.3.	Procesna identifikacija oznak na izdelkih	2.500
2.7.4.	Programska podpora delovanju pametnih strojev	1.800
2.8.1.	Nadgradnje informacijskega sistema SAP za obvladovanje kakovosti procesa	1.800
	Skupni prihranki na letni ravni v delovnih urah	71.300

PRILOGA 7: Vrednost investicij in terminski plan aktivnosti

Točka v magistrskem delu	Predlogi za doseganje statusa pametne proizvodnje	Investicija v €	Terminski plan																			
			2016				2017				2018				2019				2020			
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
4.1.	Povezovanje podjetij																					
4.2.	Linijaska postavitev proizvodnih procesov	3.800.000																				
4.3.	Investiranje v pametna znanja	200.000																				
4.4.	Avtomatizacija in robotizacija ročnih delovnih operacij	300.000																				
4.5.	Informatizacija proizvodnih procesov	150.000																				
4.6.	Avtomatsko skladiščenje materiala in identifikacija izdelkov	500.000																				
4.7.	Procesnimi parametri z uvedbo najsodobnejših naprav in dodatne programske opreme	100.000																				
4.8.	Vizualizacija rezultatov informacijskega sistema SAP	50.000																				
	Skupna vrednost investicij v petih	5.100.000																				

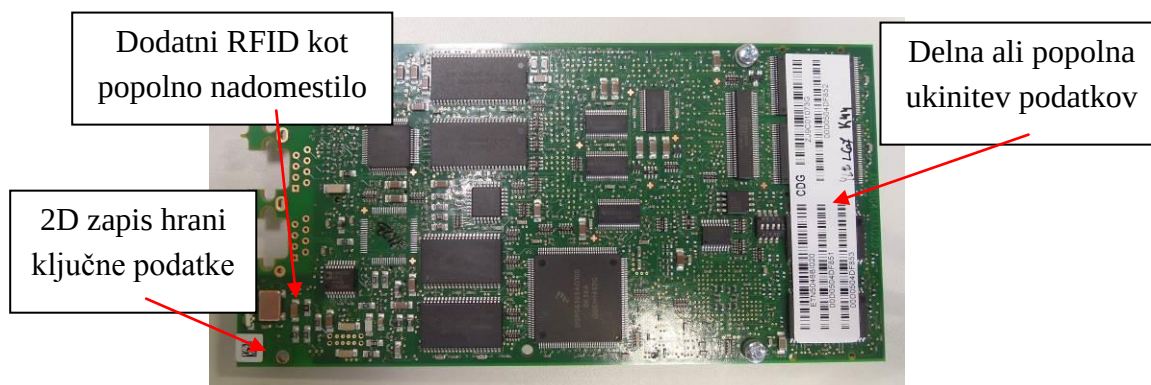
PRILOGA 8: Grafični prikaz rezultatov skladnosti z Industrijo 4.0



PRILOGA 9: Pregled detajlnih rezultatov stanja skladnosti z Industrijo 4.0

Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Nemčiji																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	5,00	5,00	5,00	4,10	5,00	5,00	5,00	3,60	3,20	4,30	4,30	4,10	4,80	4,50	5,00	4,30	4,00	4,40	4,00	5,00	4,20	4,00	2,80	4,00	4,00	4,20	3,50	4,20	3,40	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,52	0,42	0,48	0,48	0,57	0,42	0,53	0,00	0,48	0,00	0,52	0,00	0,00	0,42	0,00	0,42	0,00	0,00	0,42	1,08	0,42	0,84	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	4,82					4,22					4,54					4,34					3,80					3,86					4,60							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	0,39					0,82					0,54					0,48					0,57					0,78					0,49							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	4,31																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,69																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Izraelu																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	4,20	2,80	3,20	4,00	5,00	3,60	4,20	3,60	3,60	5,00	3,80	3,80	5,00	5,00	5,00	3,60	3,20	2,80	3,40	4,60	4,60	4,00	2,40	3,60	3,60	4,60	4,00	4,20	4,40	4,40	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	0,84	0,84	0,84	0,71	0,00	0,55	0,45	0,55	0,55	0,00	0,84	0,84	0,00	0,00	0,00	0,55	0,45	0,84	0,55	0,55	0,55	0,00	0,55	0,55	0,55	0,55	1,22	0,84	0,55	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,84					4,00					4,52					3,52					3,64					4,32					4,60							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,03					0,71					0,77					0,82					0,86					0,80					0,50							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	4,06																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,88																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Aziji																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	4,60	4,00	2,80	2,90	4,90	4,10	4,00	2,00	2,30	4,00	3,00	2,70	4,00	4,00	3,50	4,00	4,00	4,10	3,20	3,70	3,70	4,00	2,20	3,00	3,00	4,00	4,00	4,30	3,80	4,00	3,00	3,30	4,00	4,00	4,50			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	0,52	0,00	0,92	0,32	0,32	0,32	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,32	0,42	0,48	0,48	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,42	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,53			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,84					3,28					3,44					3,80					3,18					4,02					3,76							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,00					0,97					0,64					0,45					0,69					0,32					0,66							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,62																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,77																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Iranu																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	4,00	4,00	2,10	2,90	3,90	4,10	4,00	2,10	2,50	3,80	2,70	1,60	3,80	3,60	2,90	3,60	3,10	3,30	2,60	3,70	2,90	3,30	2,40	3,00	3,00	4,00	4,40	4,00	4,00	4,00	4,30	4,00	4,50	4,80	4,70			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	0,00	0,00	0,32	0,32	0,57	0,32	0,00	0,32	0,53	0,42	0,48	0,52	0,42	0,52	0,32	0,52	0,57	0,48	0,52	0,48	0,32	0,82	0,52	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,53	0,42	0,48			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	3,38					3,30					2,92					3,26					2,92					4,08					4,46							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	0,83					0,91					0,90					0,63					0,53					0,27					0,50							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,47																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,87																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Rusiji																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	2,10	1,90	1,20	1,60	3,50	2,80	3,10	2,30	2,00	2,20	3,00	1,10	3,90	2,90	3,20	1,90	2,70	3,00	2,30	1,80	2,40	2,20	1,80	2,00	2,90	3,30	2,00	2,80	3,20	3,20	3,70	2,80	3,50	4,00	2,30			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	1,20	0,99	0,42	1,07	0,53	0,79	0,32	0,95	0,67	0,92	0,00	0,32	0,74	0,99	0,79	0,88	0,67	1,33	0,82	0,79	0,84	0,63	0,63	0,82	0,57	1,25	1,15	0,63	0,92	0,92	0,48	0,63	1,08	0,00	0,67			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	2,06					2,48					2,82					2,34					2,26					2,90					3,26							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,17					0,84					1,14					1,00					0,78					1,07					0,90							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	2,59																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	1,06																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranih podjetij v Sloveniji																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja vseh podjetij	4,60	4,67	2,60	3,80	4,73	4,40	4,73	3,33	3,20	4,47	2,93	1,87	3,80	4,07	3,13	4,00	3,00	3,47	3,20	4,40	4,13	3,73	3,33	3,93	3,60	3,60	2,93	3,07	3,40	2,73	2,93	2,93	4,27	2,93	3,87			
Standardna deviacija posameznega vprašanja vseh podjetij	0,83	0,62	1,45	0,56	0,46	0,83	0,59	0,82	0,68	0,64	0,80	0,99	0,68	0,88	0,52	0,76	1,13	1,13	0,94	0,63	0,83	0,59	0,49	0,26	0,51	0,51	0,46	0,26	0,51	0,59	0,46	0,46	1,10	0,46	0,35			
Povprečna ocena posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	4,08					4,03					3,16					3,61					3,75					3,15					3,39							
Standardna deviacija posameznega sklopa sedmih vprašanj vseh podjetij	1,17					0,94					1,09					1,05					0,62					0,56					0,84							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	3,59																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh analiziranih podjetij	0,98																																					
Pregled detajlnih rezultatov analize anketiranega podjetja Elstel																																						
Sklop vprašanj	1					2					3					4					5					6					7							
Povprečna ocena posameznega vprašanja 30-ih anketirancev v podjetju Elstel	4,20	4,70	1,90	3,53	4,60	4,17	4,53	3,37	3,30	4,37	3,00	1,00	3,00	3,97	2,00	4,33	2,77	3,07	2,73	4,43	3,97	3,87	3,33	3,87	3,60	3,90	3,00	3,00	3,17	2,53	3,00	3,00	4,40	3,00	3,83			
Standardna deviacija posameznega vprašanja 30-ih anketirancev v podjetju Elstel	0,92	0,53	1,03	0,73	0,56	0,79	0,68	0,61	0,65	0,67	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,48	0,82	0,37	0,87	0,50	0,32	0,35	0,48	0,35	0,50	0,88	0,00	0,00	0,38	0,51	0,00	0,00	0,56	0,00	0,38			
Povprečna ocena posameznega sklopa vprašanj 30-ih anketirancev v podjetju Elstel	3,79					3,95					2,59					3,47					3,73					3,12					3,45							
Standardna deviacija posameznega sklopa vprašanj 30-ih anketirancev v podjetju Elstel	1,29					0,85					1,02					0,99					0,46					0,65					0,65							
Povprečna ocena vseh sklopov vprašanj vseh anketirancev v podjetju Elstel	3,44																																					
Standardna deviacija vseh sklopov vprašanj vseh anketirancev v podjetju Elstel	0,98																																					

PRILOGA 10: Predlog nadgradnje identifikacijskih oznak



Vir: Elistel d.o.o., Projekt optimizacije nalepk na ploščah SI3000, 2015a, str. 6.

PRILOGA 11: Seznam kratic

Kratika	Angleški ali nemški pomen	Slovenski pomen
2D	Two Dimensional	Dvo-dimenzionalni sistem
5S	Set, Sort in order, Shine, Standardize, Sustain	Sortiraj, Organiziraj, Očisti, Standardiziraj, Vzdržuj
APM	Advanced Production Machines	Napredni proizvodni stroji
APQP	Advanced Production Quality Planning	Napredni sistem planiranja kakovosti proizvodnje
BMW	Bayerische Motoren Werke	Bavarska tovarna avtomobilov BMW
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Zvezno ministrstvo za gospodarstvo in energijo
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing	Računalniški sistem za načrtovanje in proizvodnjo izdelkov
CPD	Continuing Professional Development	Stalni profesionalni osebni razvoj
CPS	Cyber-Physical System	Virtualni in fizični sistem
CRM	Customer Relationship Management	Obvladovanje odnosov s strankami
ERP	Enterprise Resource Planning	Informacijski sistem za obvladovanje delovanja podjetja
EUR	Euro	Denarna enota evro
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis	Sistem za preprečevanje napak v procesih
I/O	Input/Output signals	Vhodni in izhodni signali
IaaS	IaaS – Infrastructure as a Service	Storitev infrastrukture
IBM	International Business Machines Corporation	Mednarodno podjetje IBM
ICT	Information and Communication Technology	Informacijska in komunikacijska tehnologija
IDT	Innovative Design Technology	Inovativno načrtovanje tehnologije
IoE	Internet of Everything	Internet vsega
IoT	Internet of Things	Internet stvari
IPC	Association Connecting Electronics Industries	Mednarodna organizacija za standardizacijo procesov v elektronski industriji
IRP	Incident Respons Plan	Plan odzivanja na neplanirane dogodke
ISO	International Organisation for Standardisation	Mednarodna organizacija za standardizacijo

se nadaljuje

nadaljevanje

Kratika	Angleški ali nemški pomen	Slovenski pomen
KPI	Key Performance Indicator	Ključni kazalniki procesov
MES	Manufacturing Executive System	Informacijski sistem za obvladovanje delovanja proizvodnje
MSA	Measurement System Analysis	Analiza merilnih sistemov
NFV	Network Functions Virtualisation	Virtualizacija omrežnih funkcij
OIB	Operations Information Broker	Standardizirani programski vmesnik
PaaS	Platform as a Service	Storitvena osnova
PAC	Production Automation and Control	Avtomatizirana proizvodnja in nadzor
PII	Personally Identifiable Information	Osebnostne identifikacijske informacije
PLC	Programmable Logic Controller	Programski
PLM	Product Life Management	Obvladovanje življenjskega cikla izdelka
POM	Production Organisation and Management	Proizvodna organizacija in management
PPAP	Production Part Approval Process	Proces potrditve izdelka
R&R	Repeatability & Reproducibility	Ponovljivost in reproduktivnost
RFID	Radio Frequency IDentification	Identifikacija s pomočjo radijskih frekvenc
SaaS	Software as a Service	Storitev programskih aplikacij
SAP	Systems Applications and Products	Sistemi informacijski sistem podjetja
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Informacijski sistem za nadzorovanje in krmiljenje tehnoloških procesov
SMT	Surface Mount Technology	Tehnologija polaganja komponent na elektronske plošče
SND	Software Defined Networking	Programsko opredeljena omrežja
SPC	Statistical Process Control	Statistična procesna kontrola
VDA	Verband der Automobilindustrie	Združenje avtomobilske industrije
VSS	Visual Source Safe	Informacijski sistem za shranjevanje dokumentov
ZDA	Združene Države Amerike	Združene države Amerike
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie	Centralno združenje elektro in elektronske industrije