

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

ZAKLJUČNA STROKOVNA NALOGA VISOKE POSLOVNE ŠOLE
**ANALIZA VPELJAVE PROIZVODNEGA INFORMACIJSKEGA
SISTEMA KINER V PODJETJU DOMEL**

Ljubljana, december 2019

JANA JELOVČAN

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Jana Jelovčan, študentka Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtorica predloženega dela z naslovom Analiza vpeljave proizvodnega informacijskega sistema Kiner v podjetju Domel, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem red. prof. dr. Petrom Trkmanom

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravila 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 poskrbela, 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 plagiatstvo – 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 plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označila;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila 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 _____

Podpis študentke: _____

KAZALO

UVOD	1
1 Industrija 4.0	1
1.1 Komponente Industrije 4.0	4
1.2 Tveganja v Industriji 4.0	7
1.3 Industrija 4.0 v Sloveniji	8
2 VLOGA SISTEMA MES V PROIZVODNEM OBRATU	10
2.1 Prednosti uporabe sistema MES za izvedbo proizvodnje	12
2.1.1 Proizvodni sistemi ponujajo omrežne zmogljivosti.....	12
2.1.2 Zmanjšanje odpadkov	12
2.1.3 Povečanje produktivnosti	13
2.1.4 Zmanjševanje zalog materiala in izdelkov	13
2.2 Sistem MES za nadzor kakovosti izdelka	13
3 PROIZVODNI INFORMACIJSKI sistem KINER v podjetju Domel	15
3.1 Opis podjetja	15
3.2 Digitalizacija in avtomatizacija procesov v podjetju Domel	16
3.3 Vpeljava informacijskega sistema Kiner	17
3.4 Proizvodni informacijski sistem Kiner za nadzor proizvodnje	17
3.4.1 Tlorisi	18
3.4.2 Nalogi	19
3.4.3 Učinkovitost proizvodne opreme	20
3.4.4 Kakovost.....	21
3.4.5 Povezanost pametnih senzorjev s proizvodnim informacijskim sistemom Kiner	22
3.5 Prednosti proizvodnega informacijskega sistema Kiner	22
3.6 Slabosti proizvodnega informacijskega sistema Kiner	23
3.7 Predlagane izboljšave	23
SKLEP	24
LITERATURA IN VIRI	25

KAZALO SLIK

Slika 1: Arhitektura iz piramide v mrežno povezavo.....	3
Slika 2: Organizacijska shema	16
Slika 3: Tloris oddelka z razporejenimi stroji	18
Slika 4: Barvna legenda strojev.....	19
Slika 5: Zavihek kosovnica	19
Slika 6: Grafični prikaz OEE	21
Slika 7: Zavihek kakovost.....	21
Slika 8: Prikaz linije s pametnimi senzorji.....	22

SEZNAM KRATIC:

MES - Manufacturing Execution System - Sistem za upravljanje proizvodnje

PLC - Programmable Logic Controller - Programabilni logični krmilnik

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition - Sistemi za nadzorno vodenje in zajem podatkov

ERP - Enterprise Resource Planning - Celovita programska rešitev

CPS - Cyber-Physical System - Kibernetško fizični sistem

IoT - Internet of Things - Internet stvari

RFID - Radio Frequency IDentification - Radiofrekvenčna identifikacija

IoS - Internet of Services - Internet storitev

AR - Augmented Reality - Izboljšana resničnost

CRM - Customer Relationship Management - Management odnosov s strankami

TQM - Total Quality Management - Celovito zagotavljanje kakovosti

QA - Quality Assurance - Zagotavljanje kakovosti

OEE - Overall Equipment Effectiveness - Splošna učinkovitost opreme

SAP - ERP system from SAP AG - Poslovni informacijski sistem, izdelek podjetja SAP AG

I/O - Input/Output - Vhod/Izhod

IKT - Informacijska in komunikacijska tehnologija

MSP - Mala in srednje velika podjetja

IT - Informacijske tehnologije

UVOD

Danes se že vsak dan srečamo z različnimi napravami in storitvami, ki delujejo digitalno. Zaradi velikega napredka trenutnega trenda inovacij s področja digitalizacije se bomo morali počasi takšnemu načinu opravljanja v prihodnosti prilagoditi. Tako je tudi v industriji, saj vedno večkrat slišimo izraza Industrija 4.0 in pametna tovarna (Sokolič, 2018). V Sloveniji se podjetja počasi vključujejo vanjo in spreminjajo tehnologijo (Petrov, 2019). Zagotovo se ni preprosto preobraziti iz starih tehnologij na digitalizirane. Potreben je natančen tehnološki in strateški načrt, da se ohrani konkurenčna prednost.

V podjetju Domel v svoj sistem že vključujemo komponente Industrije 4.0, da se prilagajamo razmeram na trgu. Kupci postajajo vedno bolj zahtevni in jih zanimajo različne informacije o naših izdelkih. Z vpeljavo novega proizvodnega informacijskega sistema Kiner jim to lahko zagotovimo.

Metoda dela je deskriptivna in kompilacijska. V prvem delu mi bo v pomoč tuja in domača literatura, članki časopisov in strokovni članki, ki jih je na temo Industrije 4.0 zelo veliko. V drugem delu zaključne naloge bom raziskovala po proizvodnem informacijskem sistemu Kiner in skušala dobiti čim več uporabnih informacij od sodelavcev, ki so vključeni vanj.

V prvem delu bom opisala Industrijo 4.0 ter njeno zgodovinsko razvijanje. Razložila bom njene komponente in predstavila tveganja v tovrstni industriji. Predstavila bom situacijo v Sloveniji in na tem področju. V drugem delu se bom osredotočila na vlogo proizvodnih informacijskih sistemov (angl. Manufacturing Execution System, v nadaljevanju MES) s prednostmi, slabostmi ter uporabnost pri kakovosti izdelkov. Sledi opis podjetja Domel ter vpeljave proizvodno informacijskega sistema Kiner oziroma obrazložitev, kaj vse lahko nadziramo. Z novim sistemom smo pridobili nekaj prednosti, zaznala pa sem tudi nekaj slabosti, ki bi jih izboljšala.

Na koncu bom povzela zaključno nalogo ter podala sklepne ugotovitve.

1 INDUSTRIJA 4.0

Platformo Industrija 4.0 so prvi začeli v Nemčiji v sklopu tehnološkega projekta za razvoj računalniško podprte proizvodnje, zdaj pa se je prelevila v svetovno pobudo za preobrazbo tega sektorja. Japonska in Kitajska sta, da bi poudarili predanost tej strategiji, razvili lastno industrijsko pobudo verige vrednosti (angl. Industrial Value Chain Initiative) in pobudo z naslovom Narejeno na Kitajskem 2025 (angl. Made in China 2025) (Podgoršek, 2017).

To je četrta industrijska revolucija, ki za spremembo od prve industrijske revolucije, ko so stroji nadomestili ljudi, zdaj pomaga, da s tehnologijo izboljšamo procese. Poudarek Industrije 4.0 je predvsem v večji učinkovitosti procesov, višji kakovosti izdelkov in manjši

porabi energije (Sokolić, 2018). Pri Industriji 4.0 ne gre več samo za intenzivnejše povezovanje, ampak so v središču podatki, ki jih zbirajo različne naprave (Podgoršek, 2017).

Izzivi proizvodnje prihodnosti so (Perme, 2017):

Tehnološki:

- visoka stopnja omreženosti (povezanosti) in porazdeljenosti (decentraliziranosti),
- avtonomni, samokrmiljeni in na znanju temelječi proizvodni sistemi,
- zlitje sodobnih informacijskih tehnologij in klasičnih proizvodnih procesov,
- modularnost in prilagodljivost;

Poslovni modeli:

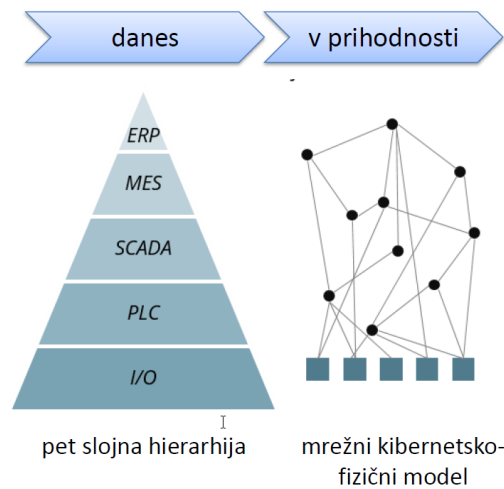
- kako dodati vrednost izdelku in storitvi;

Znanje in sposobnosti:

- katera znanja bodo potrebna v prihodnosti,
- kako zagotoviti usposobljene (kompetentne) sodelavce.

Posledično se spreminja tudi informacijsko tehnološka (v nadaljevanju IT) arhitektura iz piramide v mrežno povezavo v oblaku (slika 1) (Perme, 2017). Danes je oblikovana 5-slojna arhitektura avtomatizacije. Senzorji (angl. Input/Output - I/O) na najnižji ravni pošiljajo podatke preko analognih signalov logičnim krmilnikom (angl. Programmable Logic Controller - PLC). Sistemi nadzora in pridobivanja podatkov (ang. Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA) obdelujejo, distribuirajo in prikazujejo podatke, ki jih pridobivajo iz PLC ter tako operaterjem in drugim zaposlenim pomagajo analizirati podatke in sprejeti pomembne odločitve. Sistem MES se uporablja za nadzor in optimizacijo proizvodnih procesov. Celovita programska rešitev (angl. Enterprise Resource Planning, v nadaljevanju ERP) omogoča poročanje poslovodstvu in izmenjavo proizvodnih podatkov, kot je stanje naročil z drugimi sistemi. V prihodnosti bi senzorji pošiljali podatke neposredno v oblak (Lueth, 2015).

Slika 1: Arhitektura iz piramide v mrežno povezavo



Vir: Perme (2017).

Tehnološke inovacije in spremembe v poslovnem okolju vplivajo na kratkoročno uspešnost podjetij in dolgoročno trajnost. Kadar so prihodnje usmeritve in možnosti v tehnologiji nejasne in negotove, morajo podjetja oblikovati ustrezno tehnološko strategijo, ki bo podprla njihovo načrtovanje za interakcijo s prihajajočim tehnološkim razvojem v prihodnosti, kot je Industrija 4.0. S strateškega in tehnološkega vidika prehod na Industrijo 4.0 zahteva celovit strateški načrt, ki prikazuje vsak nadaljnji korak na poti do popolnoma digitalnega proizvodnega podjetja. Sodobna podjetja uporabljajo načrtovanje tehnologije, kot okvir za podporo raziskavam in razvoju tehnologij prihodnosti, da bi lahko ohranili ali povečali konkurenčno prednost. Časovni načrt je pomembna metoda, ki je postala sestavni del ustvarjanja in uresničevanja strategije in inovacij v številnih organizacijah. Zato je očitno, da je za doseganje uspeha v procesu digitalne preobrazbe, ki ga potrebuje Industrija 4.0, potreben natančen tehnološki in strateški načrt (Lee, Aizat, Aziaty & Tay, 2018).

Pred Industrijo 4.0 so bile tri industrijske revolucije, ki so privedle do sprememb paradigme na področju proizvodnje, mehanizacije z vodo in paro, množične proizvodnje na montažnih linijah in avtomatizacije z uporabo informacijske tehnologije. Industrija 1.0 se je začela okoli leta 1780 z uvedbo moči vode in pare, kar je pomagalo pri mehanski proizvodnji in močno spremenilo proizvodni sektor. Nato je Industrija 2.0 opredeljena kot obdobje, ko je bila množična proizvodnja na splošno uvedena kot glavno sredstvo za proizvodnjo. Množična proizvodnja jekla je pripomogla k uvedbi železnic v industrijski sistem, kar je posledično prispevalo k množični proizvodnji na splošno. V 20. stoletju je Industrija 3.0 nastala s prihodom digitalne revolucije, ki je bolj primerna v primerjavi z Industrijo 1.0 in 2.0, saj večina ljudi, ki danes živijo, pozna industrijo, ki je v proizvodnji odvisna od digitalnih tehnologij. Industrija 3.0 je bila in je še vedno neposreden rezultat velikega razvoja v številnih državah v industriji računalnikov, informacijske in komunikacijske tehnologije. Industrija 4.0 je v številne poklice prinesla spremembe. Ljudje se že od nekdaj obvezujejo,

da se učijo novih vsakodnevnih nalog, zdaj pa so tudi prisiljeni uporabljati visokotehnološke pripomočke, ki hitro postajajo najpomembnejši dejavnik njihovega delovnega življenja (Liao, Deschamps, Loures & Ramos, 2017). Digitalna pismenost bo v prihodnosti postala ključnega pomena, kar bo močno vplivalo na zaposlitvene možnosti naših otrok. Otroci z izpostavljenostjo IT, ki mora biti omejena, poleg osnovnega znanja o uporabi IT pridobivajo tudi veščine, ki jim bodo v prihodnosti zelo koristile. Poleg upravljanja in ustvarjanja različnih aplikacij jim bo uporaba IT pozneje v pomoč pri razumevanju strank, partnerjev in sodelavcev ter mrežnih spretnosti komuniciranja z uporabo družbenih medijev (Trkman, 2019). Industrija 4.0 je predstavljena kot splošna sprememba z digitalizacijo in avtomatizacijo vseh delov podjetja, pa tudi proizvodnega procesa. Velika mednarodna podjetja, ki uporabljajo koncepte nenehnega izboljševanja in imajo visoke standarde za raziskave in razvoj, bodo sprejela koncept Industrije 4.0 in postala še bolj konkurenčna na trgu. To postane mogoče z uvedbo samooptimizacije, samospoznavanja in samoprilagajanja v panogo (Liao, Deschamps, Loures & Ramos, 2017).

Industrija 4.0 narekuje konec tradicionalnih centraliziranih aplikacij za nadzor proizvodnje. Vizija ekosistemov pametnih tovarn z inteligentnimi in avtonomnimi trgovinami je že sama po sebi decentralizirana. Kot odziv na zahteve kupcev po prilagojenih izdelkih, ki jih poganjajo tehnološki pripomočki, kot so: 3D tiskanje, internet stvari, računalništvo v oblaku, mobilne naprave in veliki podatki, med drugim ustvarjajo povsem novo okolje. Za podporo tej spremembi paradigme bo treba zgraditi prihodnje proizvodne sisteme, vključno s sistemi za izvedbo proizvodnje (MES) (Almada-Lobo, 2015).

1.1 Komponente Industrije 4.0

Na splošno se Industrija 4.0 nanaša na sredstva za avtomatizacijo in izmenjavo podatkov v proizvodnih tehnologijah, vključno s kibernetскими fizičnimi sistemi, internetom stvari, velikimi podatki in analitiko, razširjeno resničnostjo, simulacijo, horizontalno in vertikalno integracijo sistema, avtonomnimi roboti in računalništvo v oblaku. Služi za pomoč pri vključevanju in združevanju inteligentnih strojev, človeških akterjev, fizičnih predmetov, proizvodnih linij in procesov v organizacijskih fazah za gradnjo novih vrst tehničnih podatkov, sistematičnih in visoko verižnih vrednosti.

Industrijo 4.0 lahko razvrstimo v tri komponente. Prva je horizontalna integracija. Prinaša koncept nove vrste svetovnih mrež vrednostnih verig. Druga je vertikalna integracija. Cilj je doseči hierarhične podsisteme na proizvodni liniji, da se ustvarita preprosta konfiguracija in velika prožnost proizvodne linije. Zadnja komponenta je inženirsko povezovanje po celotni vrednostni verigi od začetka do konca, da bi pomagali pri prilagajanju izdelkov. Vodoravna integracija je tista, pri kateri bi morala korporacija sodelovati in tekmovati s korporacijami, ki imajo podobne lastnosti, da ustvarijo učinkovit proizvodni sistem. V vseh teh podjetjih je mogoče preprosto povezati material, finančni nadzor in znanje. Zato se lahko pojavijo novi nadzorni sistemi in modeli za poslovanje. Navpična integracija daje idejo o tovarni, ki ima

različne informacijske in fizične podsisteme, na primer upravljanje proizvodnje, aktuator in senzor, vrednost in korporativno načrtovanje. Za vertikalno integracijo senzorskih in aktuatorskih signalov na različnih stopnjah celovitih programskih rešitev (ERP) je pomembno, da se zagotovita visoka prožnost in preprostost konfiguracije proizvodnih linij. Iz te integracije visoko inteligentni stroji ustvarijo avtomatiziran nadzorovan sistem, ki ga je mogoče samodejno konfigurirati v skladu z različnimi vrstami izdelkov. Velike količine zbranih in obdelanih podatkov omogočajo preglednost proizvodnega sistema. Od integracije do konca se lahko vsaka faza ponovno uporabi za isti model izdelka. Učinke oblikovanja izdelkov na storitve in proizvodnjo je mogoče predvideti z uporabo programskega orodja v verigi, da se prepričamo, ali so izdelki prilagodljivi (Wang, Wan, Li & Zhang, 2016).

Kibernetsko fizični sistem (angl. Cyber-Physical System, v nadaljevanju CPS) je napredek in hitrost razvoja komunikacije in izračunavanja. Vsak proizvodni sistem CPS ima vgrajene senzorje za celoten fizični vidik, da fizične stvari povežemo z virtualnimi modeli. Ker je kibernetski fizični sistem pogostejši v družbi in se pojavlja med interakcijo s človekom, je treba zagotoviti, da se CPS obnaša stabilno in ima določeno vednost, kadar se uporablja z umetno inteligenco (angl. artificial intelligence-AI) (Mosterman & Zander, 2016).

Internet stvari (angl. Internet of Things, v nadaljevanju IoT) omogoča proizvodnji, da se tipični proizvodni viri pretvorijo v pametne proizvodne predmete, ki se lahko med seboj povežejo in medsebojno vplivajo na samodejno in prilagodljivo izvajanje logike izdelave. V proizvodnih okoljih, ki omogočajo IoT, se za inteligentno zaznavanje uresničujejo povezave človek-človek, človek-stroj in stroj-stroj. Zato lahko z uporabo tehnologij IoT v proizvodnji omogočimo uporabo na zahtevo in učinkovito delitev virov.

Proizvodnja, ki jo omogoča IoT, vključuje zbiranje in izmenjavo podatkov v realnem času med različnimi proizvodnimi viri, kot so stroji, delavci, materiali in delovna mesta. Zbiranje in deljenje podatkov v realnem času temeljita na ključnih tehnologijah, kot so radiofrekvenčna identifikacija (angl. Radio Frequency IDentification, v nadaljevanju RFID) in standardi brezžične komunikacije. Z uporabo tehnologije RFID lahko fizične proizvodne tokove, kot so premikanje materialov in z njimi povezani informacijski tokovi, kot sta vidnost in sledljivost različnih proizvodnih postopkov, brezhibno povežemo. Oznake in čitalci RFID so nameščeni na običajnih proizvodnih mestih, kot montažne linije in skladišča, kjer nastajajo pametni predmeti z opremljanjem proizvodnih predmetov z napravami RFID. To omogoča odkrivanje motenj na prodajnih policah in vračanje v sistem za proizvodnjo v realnem času, s čimer se izboljšata učinkovitost in uspešnost proizvodnje in odločanja o proizvodnji (Zhong, Xu, Klotz & Newman, 2017).

Internet storitev (angl. Internet of Services, v nadaljevanju IoS) je pomemben sestavni del avtomobilske industrije. Dejavnosti se sprožijo s prenosom podatkov v informacijski tehnologiji, da bi vsakodnevna mobilnost postala varnejša, preprostejša in prijetnejša. IoS deluje kot »prodajalci storitev« za zagotavljanje storitev po internetu glede na vrste digitalizacijskih storitev. Te storitve so na voljo in na zahtevo okoli poslovnih modelov,

partnerjev in kakršnih koli nastavitvev za storitve. Dobavitelji zagotavljajo in združijo storitve v storitve z dodatnimi vrednostmi, saj lahko komunikacija med potrošniki prejema in do njih dostopa po različnih kanalih (Buxmann, Hess & Ruggaber, 2009).

Veliki podatki in analitika (angl. Big Data and Analytics) so v Industriji 4.0 koristni za predvidevanje proizvodnje. Dnevno se generirajo velike količine podatkov, ki jih ne moremo analizirati s tradicionalnimi metodami, zato so veliki podatki postali vroča tema v Industriji 4.0. Veliki podatki se uporabljajo z digitalnimi tehnologijami za izvajanje analiz. Po definiciji Forresterja je »Big Data« mogoče razdeliti na štiri dimenzije, ki so obseg, raznolikost, vrednost in hitrost (Witkowski, 2017).

Izboljšana resničnost (angl. Augmented Reality - AR) je začela veljati za eno najbolj obetavnih tehnologij, v katere bi morala tehnološka podjetja močno vlagati. Ta tehnologija lahko prinese veliko podporo za vzdrževalna dela v podjetju zaradi skrajšanega časa, potrebnega za vzdrževalna dela in zmanjšanja potenciala napake pri vzdrževalnih delih. Deluje z visoko natančnostjo in omogoča, da se pogostost vzdrževanja zmanjša z uporabo predvidevalnega vzdrževanja. To zmanjša stroške, povezane s prevelikim preventivnim vzdrževanjem (Masoni in drugi, 2017).

Avtonomni roboti bodo v bližnji prihodnosti med seboj sodelovali in aktivno sodelovali z ljudmi pod vodstvom vodnikov. Ti roboti bodo cenejši in bolj izpopolnjeni, da bi dosegli boljše sposobnosti v primerjavi s tistimi, ki se trenutno uporabljajo na področju proizvodnje.

Aditivna proizvodnja (3D tiskanje) je eno izmed ključnih orodij Industrije 4.0. Trend iskanja novih materialov, ki so na voljo z uporabo aditivne proizvodnje, narašča. Določene zahteve značilnosti materiala je mogoče doseči s kovinskimi sestavinami in pametnimi materiali. Pravzaprav je implementacija Industrije 4.0 zelo odvisna od zmogljivosti aditivne proizvodnje (Dilberglu, Gharehpapagh, Yaman & Dolen, 2017).

Računalništvo v oblaku uporabniku zagotavlja velik prostor za shranjevanje. Delovanje tehnologij se nenehno izboljšuje, vendar se bo funkcionalnost strojnih podatkov še naprej shranjevala v oblaku, kar bo proizvodnim sistemom omogočilo boljše vodenje podatkov. Omejitve podjetij se lahko zmanjšajo, ker se bo v industrijski revoluciji na spletnih mestih pojavila večja izmenjava podatkov. Tudi če se programska oprema tradicionalno ne hrani v oblakih, se količina aplikacij, ki se razvijajo v oblakih, postopoma povečuje (Xu, 2012).

Simulacijsko modeliranje je način izvajanja resničnega ali navideznega procesa ali sistema, da bi ugotovili ali uganili izhod modeliranega sistema ali procesa. Simulacije se izvajajo z uporabo podatkov v realnem času za predstavljanje resničnega sveta v simulacijskem modelu, ki vključuje ljudi, izdelke in stroje. Zato so operaterji sposobni optimizirati nastavitve stroja v virtualno simulirani situaciji, preden začnejo delovati v fizičnem svetu. S tem se skrajšajo časi nastavitve naprave in izboljša se kakovost. Najnovejše revolucije v paradigmi simulacijskega modeliranja omogočajo modeliranje proizvodnih sistemov in drugih sistemov prek virtualne tovarniške zasnove. Poleg tega lahko napredna

umetna inteligenca o nadzoru procesov, vključno z avtonomnimi prilagoditvami operacijskih sistemov (samoorganizacijo), poteka tudi s simulacijami (Rodič, 2017).

1.2 Tveganja v Industriji 4.0

Industrija 4.0 je sorazmerno nov način managementa proizvodnih procesov. Na področju obvladovanja tveganj se lahko zaradi novih pristopov, spremenjenih okvirov, kompleksnejše informacijske infrastrukture in tako dalje pojavijo nove vrste tveganj. V številnih primerih je izvajanje Industrije 4.0 pokazalo, da so povezave med ljudmi, sistemi in objekti postale bolj zapletene in dinamične. Po drugi strani pa je povečanje obsega in razpoložljivosti podatkov v realnem času posledica novih zahtev glede infrastrukture, upravljanja, tehnologij idr.

Na področju proizvodnje je mogoče prepoznati operativno tveganje, povezano z:

- upravljanjem proizvodnega procesa, kjer je izpostavljeno informacijsko tveganje, povezano z izgubo podatkov, izgubo integritete in razpoložljivih informacij;
- vzdrževanjem (možne težave z razpoložljivostjo in celovitostjo podatkov za vzdrževanje);
- uporabljanjem metod delovanja in orodij, kjer se pojavljajo napake pri obdelavi podatkov;
- materialom, ki nima lastnosti, ki jih zahteva Industrija 4.0;
- človeškimi viri (premalo usposobljenih delavcev);
- stroji in proizvodnimi tehnologijami, kjer je težava z močno občutljivostjo in ranljivostjo podatkov povezana s kibernetnimi napadi;
- strojnim okoljem, kjer se lahko pojavijo napadi iz internetnega omrežja in težave, povezane z elektromagnetno združljivostjo in elektromagnetne emisije, ki vplivajo na proizvodne stroje.

Koncept Industrije 4.0 na tem področju ustvarja nove kategorije tveganj zaradi večje ranljivosti in grožnje. Povezava kibernetnega prostora, prefinjena izdelava tehnologij in elementov je glavni dejavnik povečanja ranljivosti. Večina skupnih dejavnikov tveganja na območju proizvodnje je povezana z varnostjo informacij. Trenutno so uporabljeni proizvodne tehnologije, stroji, roboti, informacijske in komunikacijske tehnologije - IKT. Informacijska varnost je predvsem glede zaupnosti, kar pomeni, da so informacije dostopne samo tistim, ki imajo dostop. Vendar je to le del informacijske varnosti. Celovitost in razpoložljivost sta prav tako pomembni področji informacijske varnosti. Celovitost pomeni varovanje točnosti, popolnost informacij in način obdelave. Razpoložljivost je zagotavljanje, da imajo pooblaščen uporabniki dostop do informacij in povezanih sredstev, kadar je to potrebno. Izvajanje tega je lahko rešitev za proizvodna podjetja, ki sprejmejo koncept Industrije 4.0 (Tupa, Simota & Steiner, 2017).

Družbena odgovornost podjetij predstavlja obliko samoregulacije podjetij, ki se vključuje v obstoječ poslovni model. V proizvodnem okolju družbena odgovornost podjetij večinoma vključuje področja, kot so okoljski in delovni predpisi. V okviru četrte industrijske revolucije bosta robotika in industrijska avtomatizacija močno vplivali na zaposlitvene priložnosti v številnih korporacijah. Znanstveniki trdijo, da naj bi Industrija 4.0 najverjetneje delovala kot ubijalec zaposlitve. Verjame se, da bo obseg tega negativnega vpliva na delovna mesta odvisen od stopnje usposobljenosti delavcev, najbolj negativno pa bo vplivala na delavce z nizko do srednjo usposobljenostjo. Verjame se tudi, da tehnologija vedno znova ustvari več delovnih mest, kot jih odpravi, zato naj bi Industrija 4.0 ustvarila številne zaposlitvene priložnosti, zlasti povezane z računalniškim inženirstvom, informatiko in matematiko. Zato morajo v bolj proaktivni pozornosti podjetja, ki si prizadevajo za Industrijo 4.0, poudariti razvoj spretnosti za svojo prihodnjo delovno silo (Choi, 2017). Z vidika okoljske trajnosti Industrija 4.0 ponuja veliko priložnosti za uresničitev trajnostne proizvodnje, saj omogoča učinkovito usklajevanje izdelka, materiala in energije skozi celoten življenjski cikel izdelka, trajnostno oblikovanje izdelkov, trajnostno načrtovanje procesov in materializacijo učinkovitosti virov, večjo učinkovitost delavcev, zahvaljujoč infrastrukturi IoT, in uvedbo okolju prijaznega poslovnega modela (Stock & Seliger, 2016).

Do popolne implementacije IoT bo še vedno nekaj ovir. Ena največjih je vzpostavitev razvite infrastrukture, povezane z velikimi naložbami v gradnjo in vzdrževanje. Pojavljajo se tudi izzivi pri sprejemanju standardov glede naprav za povezovanje, izmenjave podatkov, varnosti in zasebnosti. Sistemi zaščite pred nepooblaščenimi vdori bodo morali postati veliko bolj izpopolnjeni, kjer bi stvari nadzirale nekatere vitalne funkcije pri vzdrževanju drugih strojev ali naprav.

Vzporedno s širjenjem tehnologij IoT je vedno večji strah pred njimi. Najbolj zaskrbljujoč vidik v zvezi z IoT je nadzor nad veliko količino zbranih podatkov. Skrb vzbuja dejstvo, kako zagotoviti zadostno raven zasebnosti in varnosti, ki bo preprečila nepooblaščen dostop in uporabo podatkov (Roblek, Meško & Krapež, 2016).

1.3 Industrija 4.0 v Sloveniji

V Sloveniji je oprema v večini tovarn dovolj sodobna, da ustvarja veliko uporabnih podatkov. Številna podjetja že hodijo po poti, ki jo narekuje Industrija 4.0. Podjetja si pri digitalni preobrazbi največkrat pomagajo z znanji zunanjih izvajalcev, ki jih je v Sloveniji kar nekaj (Sokolić, 2018).

V Sloveniji velikost podjetja močno vpliva na uvajanje tehnologij. Mala in srednje velika podjetja (v nadaljevanju MSP) nimajo celovitih rešitev in uporabljajo malo tehnologij, pri čemer podobno kot v tujini prevladujejo delo v oblaku, pametne mobilne naprave in internet stvari. Podjetja se nadejajo pričakovanih koristi predvsem na področju povečanja sledljivosti, ustvarjanja novih poslovnih modelov, povečanja kakovosti, hitrejšega odzivanja, večje fleksibilnosti v proizvodnji, manjših administrativnih in drugih bremen in

koristi, ki izhajajo iz možnosti prilagoditev proizvoda potrebam. Glavne zaznane ovire so pomanjkanje usposobljenih zaposlenih v financah, neustrezna infrastruktura, stroji in orodja. Izstopa človeški dejavnik, ker pa gre za MSP, so pomembne tudi finančne omejitve ter infrastruktura. Med implikacijami za podjetja poudarjajo, da potrebujejo MSP bolj strateški pristop ter več izobraževanja zlasti v zvezi s tem, kako se celoviteje lotiti postopkov uvajanja tehnologij. Predvsem je treba dovolj poudariti odpravljanje ovir, ki so največje na področju zaposlenih. Zavedati se je treba, da gre za projekt celotnega podjetja in ne zgolj proizvodnje. Zgraditi je treba organizacijsko kulturo, s katero bi popeljali vse zaposlene v digitaliziran svet. Potrebni je več izobraževanj, usposabljanj kvalificiranih delavcev ter na drugi strani vzpostavitev standardov na področju informacijske tehnologije in varstva podatkov (Čater, Čater, Černe, Koman & Redek, 2019).

Digitalizacija in z njo povezana avtomatizacija povzročata radikalne spremembe po vsem svetu. V prihodnosti bo umetna inteligenca popolnoma prestrukturirala industrijo, zato se morajo podjetja pravočasno in ustrezno prilagoditi trendu. Umetna inteligenca je logična evolucija Industrije 4.0. Rezultati ankete na temo Industrije 4.0, ki jo je zbornica izvedla ob koncu leta 2018, ponujajo vpogled v trenutno stanje digitalizacije in Industrije 4.0 v podjetjih v Sloveniji.

Na anketo se je odzvalo 75 podjetij, ki jih je bilo največ iz storitvenega sektorja (32 %), sledijo podjetja iz avtomobilske in dobavne industrije (21 %), elektroindustrije in avtomatizacije (12 %) ter strojne industrije (12 %), najmanj anketirancev pa je bilo iz sektorjev logistika in trgovina, kemijska in farmacevtska industrija ter sektor za elektroniko.

Kot največje težave pri izvajanju projektov na področju Industrije 4.0 so navedli pomanjkanje know-howa (znanja), kompetenc in usposobljenosti kadra. Težave imajo tudi s finančnim vložkom, investicijami, resursi in stroški, povezanimi s projekti, spremembo razumevanja oziroma potrebo po drugačni miselnosti. Samo 2 od 24 podjetij sta odgovorili, da ni težav.

Pričakovanja podjetij v Sloveniji na področju Industrije 4.0 so optimizacija poslovnih procesov, poslovanja, povečanje učinkovitosti, produktivnosti, transparentnosti in konkurenčnosti.

Rezultati ankete kažejo na dobro osnovno razumevanje pojma Industrija 4.0 v podjetjih v Sloveniji ter njegovega pomena za prihodnji razvoj industrije, saj anketiranci z veliko večino pritrjujejo navedbi, da s pomočjo Industrije 4.0 nastajajo novi poslovni modeli. Izziv nastane na področju zavedanja o potrebi po merjenju izvajanja strategije na področju Industrije 4.0 v podjetjih v Sloveniji. Na podlagi analize ankete lahko ugotovimo, da so razlogi predvsem v pomanjkanju znanja, kompetenc in usposobljenosti, nekoliko manj pa tudi na področju pomanjkanja finančnih sredstev. Aktualno stanje zavedanja z veliko verjetnostjo lahko pomeni, da se bodo pojavile težave pri spremljanju učinkov izvajanja strategije v podjetjih v Sloveniji. Pri tem je treba poudariti, da sta za dobre strateške odločitve ključna pregled ter

predvidevanje pričakovanih učinkov in posledic odločitev vnaprej, zato bi morala podjetja merjenje izvajanja strategije začeti sproti in na osnovi spremljanja realnih podatkov. Čeprav velika večina podjetij v Sloveniji verjame, da izvajanje Industrije 4.0 spreminja način dela, še vedno ostaja izziv za področje Industrije 4.0 tudi na strani kompetenc zaposlenih. Te v veliki večini ne zadostujejo, hkrati pa se pri kadrih pojavlja nerazumevanje tudi na področju netehničnih kompetenc, kot sta npr. sistematičen pristop in razumevanje procesa. Zanimiv je tudi podatek, da manj kot polovica anketiranih podjetij verjame, da bo Industrija 4.0 koristila vsem ljudem (Slovensko-nemška gospodarska zbornica, 2019).

V Sloveniji so že drugo leto izvedli projekt, kjer izberejo pametno tovarno leta. S tem projektom želijo spodbuditi slovenska podjetja, da sledijo smernicam Industrije 4.0. V izbor za tovarno leta zajemajo ključne kazalnike uspešnosti poslovanja podjetja, tehnološko naprednost proizvodnje, skrb za trajnostni razvoj (okolje) in skrb za zaposlene (Petrov, 2019).

Letos so si ta naziv prislužili v Ljubljanskih mlekarnah. Predsednik strokovne komisije je odločitev pojasnil z dejstvom, da gre za tehnološko napredno podjetje, ki posluje v skladu z načeli Industrije 4.0. Algoritemsko spremljanje in napovedovanje jim omogočata, da vsak teden delajo 485 različnih artiklov. Ljubljanske mlekarne so največja slovenska mlekarne, ki odkupi in predela dobro polovico vsega mleka, ki ga v Sloveniji odkupijo mlekarne. V posameznih oddelkih celotno proizvodnjo vodijo iz kontrolnih sob, kjer operaterji na zaslonih sproti spremljajo in kontrolirajo pot mleka. Vsi stroji, merilniki in sistemi v proizvodnji so med seboj povezani, podatki se beležijo in obdelujejo. Vsi stroji informacije, kako morajo delovati, dobivajo prek receptur. Vsak recept je pripet v proizvodni informacijski sistem MES in ima tehnološki postopek, ki je natančno predpisan s temperaturami, časi mešanj, fermentacijo, sestavinami in tako naprej. Sistem zagotavlja, da proces teče po recepturi in da se izdelek po korakih naredi avtomatično (Bertoncelj, 2019).

Kako pa naj bi bila videti pametna tovarna, si lahko ogledamo na ljubljanski strojni fakulteti, ki je odprla prvi državni predstavitveni center Smart Factory. Objekt, ki je pritegnil že številna podjetja, bo spodbujal raziskovanje različnih tehnologij Industrije 4.0, kar bo olajšalo digitalno preobrazbo in s tem izboljšalo konkurenčnost podjetij. Temelji na konceptu porazdeljenih sistemov in se osredotoča na vse ključne pametne tovarniške tehnologije. Pri svojih predstavitvah upoštevajo tudi napovedi Industrije 5.0. V ta namen so postavili ročno delovno mesto, kjer je mogoče prikazati različne pametne tovarniške tehnologije, vključno z virtualno in razširjeno resničnostjo (Domus, založba in trgovina, d. o. o., 2019).

2 VLOGA SISTEMA MES V PROIZVODNEM OBRATU

Ključno vprašanje je, ali je ERP dovolj zmogljiv za ravnanje s proizvodnimi dejavnostmi in ali je MES res nujen za upravljanje proizvodnega obrata. Najprej bom opisala, kaj je ERP in

kakšne so njegove pozitivne lastnosti ter kje so njegove omejitve. Pri razumevanju ERP bom opisala tipičen proizvodni obrat in njegove zahteve glede podatkov in njene poznejše analize.

ERP je programska aplikacija, namenjena zagotavljanju integrirane platforme za vsa funkcijska področja organizacije. Obstajajo aplikacije, ki segajo celo preko organizacije do sekundarne, celo terciarne ravni v vrednostni verigi tako v smeri naprej in nazaj. Tipična aplikacija ERP zajema funkcije, kot so računovodstvo, finance, nabava, logistika, skladiščenje, trženje, management odnosov s strankami (angl. Customer Relationship Management – CRM) in proizvodnja. Proizvodnja je bila navedena kot zadnja funkcija, saj je vloga ERP v proizvodnji minimalna. ERP je bil v osnovi zasnovan kot orodje, ki združuje funkcije, optimizira načrtovanje virov in zagotavlja jasen pogled na različne transakcije med temi funkcionalnimi področji. Bistvene značilnosti ERP so njena integrirana baza podatkov, delovanje v realnem času/posodobitev in doslednost glede videza in uporabnosti.

V sodobnem upravljanju je proizvodnja kot funkcija pomembna. Razlog je v tem, da lahko učinkovita proizvodna enota zmanjša stroške in neposredno vpliva na spodnjo linijo organizacije. Proizvodnja in zmožnost organizacije, da se blago proizvaja hitreje, cenejše in boljše od konkurentov, so postali kritični vidiki tržnega pozicioniranja in diferenciacije. Zaradi zelo avtomatizirane narave sodobne proizvodnje zahteva informacije iz procesa, kar je zunaj zmogljivosti tipičnega sistema ERP. Sodobna proizvodna enota zahteva podatke o opremi v realnem času, proizvodnih operacijah, podatke posameznih procesov v smislu proizvodnih serij, polizdelkov in za nekatere serije o vsakem kosu te posebne serije, procesne matrike, povezane z odpadki, zavrnitvijo, napakami, učinkovitostjo, dinamični pretok procesov, načrte ukrepov ob nepredvidljivih dogodkih itd. Vse to postane nemogoče za osrednji sistem ERP, saj je njegov glavni cilj zagotoviti integracijo poslovnega procesa in ne izboljšati splošne učinkovitosti proizvodnje.

Problemi, ki so povezani s sodobnimi proizvodnimi procesi, so vgrajena kompleksnost in variacije, ki so ustvarjene, da se proces razlikuje od konkurence. To predstavlja velik problem za sistem ERP, saj morda manjkata prilagodljivost in fleksibilnost, ker je zasnovan tako, da deluje statično in se ne more prilagoditi dinamični naravi sodobne proizvodne postavitve. Tipičen ERP nima obsega, ki je potreben za podporo večkratnim in hitrim transakcijam avtomatizirane proizvodne enote.

MES je zasnovan tako, da posnema proizvodni proces in zajame vse njegove nianse. Zagotavlja integracijo dejavnosti v proizvodnem procesu in še dlje. MES ima sposobnost evidentiranja na tisoče transakcij, ki se lahko zgodijo čez eno uro v velikem proizvodnem obratu. Komunicira neposredno z opremo in zagotavlja informacije, bogate z odločitvami, od celotnega procesa. Ima tudi vgrajena orodja za analitiko, ki omogočajo boljšo analizo procesnih meritev in kontrolo procesov, ki temeljijo na dejstvih. Uporablja se lahko za izvajanje Lean, Six Sigma ali celovito zagotavljanje kakovosti (angl. Total quality management - TQM) pobud in deluje kot sredstvo za stalno izboljševanje in sistematično

zmanjševanje stroškov. MES se po zasnovi lahko prilagaja različnim procesom, številnim navodilom in zahtevnim delovnim tokovom.

Trije glavni vidiki, ki se upoštevajo pri izbiri MES namesto ERP za proizvodnjo, so hitrost, agilnost in integracija. MES postane idealna izbira za kompleksen proizvodni proces z več različicami in velikim številom transakcij (Critical manufacturing S. A., 2013). Poleg vseh koristi, ki jih pridobimo s sistemom MES, se moramo tudi zavedati, da večkratna implementacija informacijskih sistemov, ki so povezani z MES, le delno koristi upravljanju proizvodnje. MES ne obravnava vedno prednostnih nalog v proizvodnji. Slabo definirane aplikacije MES se s staranjem težko analizirajo in vzdržujejo, kar vodi do neželenih ali neuporabnih rezultatov in zahteva drage postopke vzdrževanja. Posodabljanje sistema MES ovirajo tudi čezmerni nabori pravil, ki se z leti nakopičijo (Chen, 2016).

2.1 Prednosti uporabe sistema MES za izvedbo proizvodnje

Dobičkonosnost je glavni dejavnik v vsakem proizvodnem procesu. Medtem ko se lahko racionalizirajo materialni stroški in čas, porabljen za proizvodnjo, obstaja še en način za povečanje dobička proizvodnega postopka. Z uvedbo proizvodnega sistema ali MES lahko podjetje izboljša osnovno linijo, ne da bi pri tem žrtvovalo kakovost ali varnost. Vendar dobro zastavljen sistem MES ponuja dodatne, skrite koristi za podjetja, ki še povečujejo svoj potencial vrednotenja.

2.1.1 Proizvodni sistemi ponujajo omrežne zmogljivosti

Proizvodni sistem za izdelavo je namenjen zbiranju in shranjevanju informacij o proizvodnji za tovarno. Kot tak je MES omrežje, ki se integrira z opremo za lažje zbiranje podatkov. Upravljalci so usposobljeni za obdelavo in pomoč pri zbiranju podatkov. Zaradi tega mreženja proizvodni objekt doseže popolno preglednost, nadzor in optimizacijo s proizvodnjo. Vsak korak od dajanja naročil in razvoja izdelkov, obdelave nadzora in proizvodnje je dokumentiran in analiziran. Napake ali motnje, ki stanejo čas ali denar, se zlahka prepoznajo in popravijo ali zamenjajo. Ta zmožnost mreženja močno poveča učinkovitost in zmogljivosti proizvajalcev vseh velikosti (Badaraite, 2017).

2.1.2 Zmanjšanje odpadkov

Zahvaljujoč uporabi proizvodnega sistema proizvodni obrat lahko zmanjša količino odpadkov na številnih območjih. Najprej je MES računalniški sistem, ki vključuje digitalne glavne dnevnike, pa tudi elektronske zapise o zgodovini serij in naprav. Za pisarniški prostor to pomeni, da ni potrebe po vzdrževanju papirnatih kopij dokumentacije. Vlaganje, shranjevanje in čas, porabljen za sledenje dokumentov, niso več dejavniki časa in stroškov med pisarnami, uporaba avtomatizacije za zaledno pisarno (angl. back office) pomaga zmanjšati čas vnosa podatkov. Drugo ključno področje zmanjševanja količine odpadkov je

v proizvodnem obratu. Uporaba MES zmanjšuje ostanke in zapravljanje materiala zaradi ustaljenih nastavitvev. Če pride do težave pri koraku v proizvodnem procesu, MES zazna težavo v realnem času, proizvodni proces pa se ustavi, dokler se ne odpravi.

2.1.3 Povečanje produktivnosti

Pod enakimi pogoji je MES zelo učinkovit pri povečevanju produktivnosti glavne pisarne ter proizvodne linije. MES izboljšuje sodelovanje med vsemi člani proizvodne ekipe na isti strani. Na primer, če material, potreben za proizvodnjo, ni na zalogi, je, namesto da bi se zapravljala čas z iskanjem materiala, vse registrirano v univerzalnem sistemu, do katerega lahko dostopajo vsi člani ekipe. S pomočjo tega sistema se dokumentira vse od pravilno vzdrževanih strojev do zaloge virov in ustreznega orodja za projekt. Povečana produktivnost tudi povečuje čas delovanja proizvodnega stroja.

2.1.4 Zmanjševanje zalog materiala in izdelkov

Eden od najdražjih lastnosti katerega koli proizvodnega podjetja so zaloge. Poleg vrednosti zalog sta draga tudi shranjevanje in upravljanje. Ponudba in povpraševanje lahko dodata ali zmanjšata vrednost zalog. Toda podjetje mora imeti določeno količino zalog, da ostane v poslu. Kako ravnajo proizvajalci? Začnejo z zmanjševanjem količine zalog. Uporaba sistema MES proizvajalcem omogoča, da imajo na zalogi zadostno količino materiala in končnega izdelka. Poleg tega dokumenti MES sledijo nakupu in dostavi, zato proizvodni obrat lahko zmanjša presežne zaloge. Vodjem proizvodnje se ni treba več truditi, da bi našli dovolj materiala, da bi ohranili montažo. Namesto tega podjetje vzdržuje potrebne količine materialov, ki temeljijo na proizvodnih potrebah, pa tudi potrebah v nujnih primerih. Posledično se zadovoljstvo zaposlenih in storitev za stranke povečuje, saj ima vsakdo tisto, kar potrebuje za dokončanje dela brez težav (Badaraite, 2017).

2.2 Sistem MES za nadzor kakovosti izdelka

Ne glede na to, kje in kako delamo, je ključna proizvodnja kakovostnega izdelka. V industrijski proizvodnji je mogoče kakovost opredeliti kot sposobnost zanesljive proizvodnje in dobave izdelkov v specifikaciji v skladu z najboljšimi praksami in predpisi v industriji. Proizvajalci izvajajo tudi kakovostne pobude za izboljšanje operativnih postopkov za nadaljnjo optimizacijo učinkovitosti in donosnosti sredstev. Številni proizvajalci vlagajo v proizvodni proces in avtomatizacijo opreme za izboljšanje ponovljivosti in prepustnosti, kar vodi do višje kakovosti izdelkov in zmanjšanih stroškov.

Področje, na katerem avtomatizacija še ni bila široko uporabljena, je pregled kakovosti. Glede na nedavno raziskavo Automation World številni procesi kontrole kakovosti niso avtomatizirani in ne uporabljajo avtomatiziranih instrumentov. Skoraj 44 odstotkov anketirancev se zanaša predvsem na ročni pregled kakovosti.

Tisti anketiranci, ki so spodbudili avtomatizacijo za procese inšpekcijskih pregledov kakovosti, so imeli več koristi, in sicer izboljšano pretočnost proizvodnje (46,6 odstotka vprašanih), nižje stroške (43,9 odstotka) in, kar je najpomembnejše, višjo kakovost izdelkov (57 odstotkov).

Proizvajalci lahko izboljšajo kakovost izdelkov z vključitvijo avtomatizacije v svoje operacije s proizvodnim sistemom (MES). Obsežne rešitve MES upravljajo podatke o specifikacijah izdelka kot gradivo, parametre formule ali procedure. Informacije o specifikacijah izdelka se lahko uporabijo za preverjanje informacij o materialu z uporabo čitalnika črtne kode ali čitalnika radiofrekvenčne identifikacije (RFID) in se dobavljajo operaterjem v trenutnem delovnem okolju ali celo prenesejo neposredno na nadzorne sisteme proizvodne opreme. Tako sistematično uveljavljanje specifikacij proizvoda pomaga zmanjšati izgube kakovosti in neskladnost z zmanjšanjem tveganja človeške napake. Avtomatska elektronska izvedba in zapisi o rodovniški in materialni sledljivosti zagotavljajo dodatno pomoč pri zmanjševanju stroškov skladnosti s predpisi in dokumentacije o kakovosti.

Podjetje F & N Dairies je ugotovilo znatne izboljšave v kakovosti in zmanjšanje stroškov proizvodnje, logistike in zalog z avtomatizacijo kakovostnih operacij. V tovarni F & N Dairies Tajlanske tovarne Rojana je bil obstoječ sistem kakovosti operacije skoraj povsem ročen. Zaposleni so ročno pregledali dokumentacijo o zagotavljanju kakovosti (angl. Quality assurance - QA) v dolgotrajnem postopku, ki je lahko trajal do štiri ure, preden je delavec izpolnil eno poročilo o sledljivosti. Ko je F & N namestil Wonderware MES, je sistem takoj izkazal svojo vrednost – čas sledenja kakovosti je padel na minuto. Najpomembnejše je, da je tovarna Rojana dosegla »100 - odstotno prvovrstno kakovost«, kar kaže, da so izdelki prvič izdelani pravilno brez potrebe po nadaljnjem inšpekcijskem pregledu, predelavi ali zamenjavi.

Digitalizacija operacij kakovosti nudi dodatne ugodnosti, ko se integrirajo z drugimi operativnimi področji, kot so upravljanje zalog in proizvodnje v celotnem sistemu. Operativno vodenje kakovosti je bilo tradicionalno vzpostavljeno kot ločena domena z ločenimi skupinami, strokovnim znanjem in sistemom, vendar je za optimizacijo operacij treba opraviti kakovostne operacije v sinhronizaciji z vedno spreminjajočim se proizvodnim načrtom. V proizvodnji operaterji linij pogosto že delno izvajajo kakovostne operacije za dejavnosti, kot sta pobiranje vzorcev izdelkov in izvajanje preventivnih ali korektivnih ukrepov. Digitalizacija in avtomatizacija postopkov, ki vključujejo operativne ljudi in opremo v celotnem proizvodnem okolju, zagotavljata, da so izdelki testirani tako, da izpolnjujejo zahteve kupcev, interne in regulativne zahteve (Chambers, 2016).

3 PROIZVODNI INFORMACIJSKI SISTEM KINER V PODJETJU DOMEL

V podjetju Domel smo v letu 2017 začeli vpeljevati proizvodni informacijski sistem Kiner, ki je zelo pomemben za približevanje Industriji 4.0. Sistem Kiner deluje na podlagi delovnih nalogov, ki se nato elektronsko prenesejo iz sistema ERP v Kiner. Naloge izmenovodja razporedi na linijo oziroma stroj, kjer se bo operacija izvajala. Šele, ko je nalog razporejen, se delavec lahko prijavi nanj in začne z delom. Na posamezen nalog v Kinerju je vezana tudi vsa potrebna dokumentacija za izvedbo dela: material, ki je potreben za izdelavo (kosovnica), risba motorja z vsemi potrebnimi meritvami, načrt nadzora. V nadaljevanju bom na kratko opisala podjetje Domel in vpeljavo sistema Kiner.

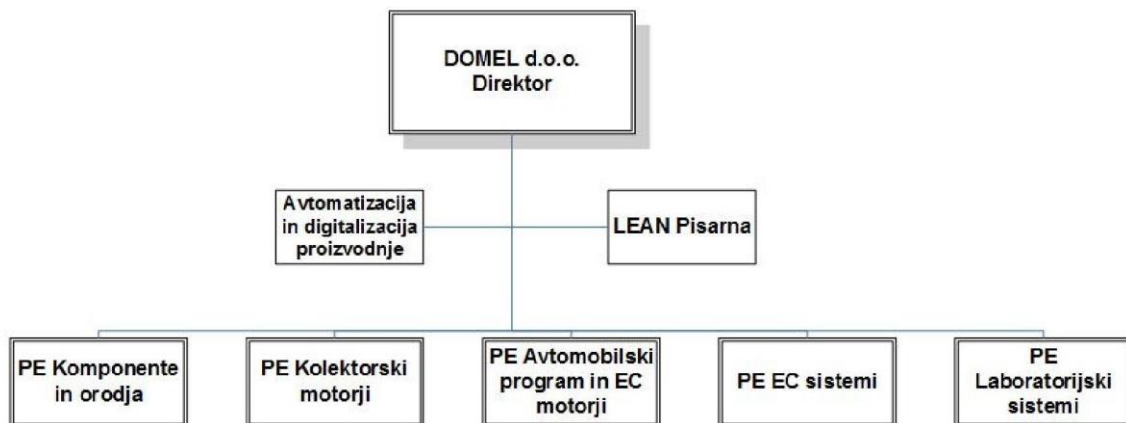
3.1 Opis podjetja

Podjetje Domel iz Železnikov je eden vodilnih razvojnih dobaviteljev električnih motorjev za sesalnike, enosmernih motorjev, elektronsko komutiranih motorjev in sestavnih delov. Izdelujemo motorje za različne panoge, in sicer za (Domel: Trajnostne inovativne rešitve, 2019):

- gospodinjsko, industrijsko in komercialno uporabo,
- ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo,
- vrtno opremo in električna orodja,
- avtomobilsko industrijo ter
- vodikove tehnologije.

Podjetje Domel ima pet proizvodnih poslovnih enot (slika 2). V proizvodnji PE Komponente in orodja so nameščene avtomatske stiskalnice in stroji za ulitke iz duroplastov ter termoplastov. V ostalih štirih poslovnih enotah poteka proizvodnja sestave motorjev. Večino motorjev izdelajo na visoko avtomatiziranih proizvodnih linijah, pri nekaterih programih pa je še vedno potrebnega veliko ročnega dela. Neposredno podporo proizvodnji zagotavljata LEAN pisarna, ki skrbi za uvajanje metod vitkosti v proizvodnem procesu, ter oddelek ADP, ki je zadolžen za avtomatizacijo in digitalizacijo proizvodnje (Domel: Trajnostne inovativne rešitve, 2019).

Slika 2: Organizacijska shema



Vir: Domel: Trajnostne inovativne rešitve (2019).

3.2 Digitalizacija in avtomatizacija procesov v podjetju Domel

V podjetju vsako leto v novo tehnološko opremo in digitalizacijo procesov vlagajo od 8 do 12 % prihodkov. Domel na poti v pametno industrijo prihodnosti razvija nove rešitve na področju povezljivosti njihovih elektromotorjev s spletom, digitaliziranjem proizvodnih procesov in uvajanjem sodobnih digitalnih orodij v poslovne procese. Direktor podjetja se zaveda, da je za uvajanje naprednih digitalnih rešitev treba zagotoviti ustrezne kadrovske in finančne vire, da so vse investicije v nova znanja in digitalne kompetence dolgoročna naložba. V podjetju se odločajo racionalno in naložbe za strateško najpomembnejše korake finančno pokrivajo takoj z razpoložljivimi denarnimi sredstvi. Bolj drzne, tvegane spremembe so zato redke. Kot primer dobre prakse za prehod v pametno industrijo bi izpostavila razvoj polno avtomatiziranega proizvodnega procesa za sestavo elektromotorja, kjer so z vzpostavljenim zajemom parametrov na vseh delovnih operacijah skupaj z naprednim algoritmom končne kontrole omogočili strojno odločanje glede kakovosti končnih izdelkov na osnovi umetne inteligence. Sistem je odlična zasnova za prihodnje nadgradnje prediktivnih ukrepov v procesu glede na zaznane trende in trenutno stanje. Nove priložnosti v pametni industriji prihodnosti v Domelu vidijo predvsem v pametnih izdelkih, saj je motor ključna komponenta naprednih sistemov, zato povezljivost postaja pomembna lastnost izdelka. »Našo dejavnost lahko v prihodnje nadgradimo tudi z zagotavljanjem dodatnih storitev s področja optimiranja obratovalnih parametrov, napovedovanja servisnih prediktivnih serijskih posegov in prilagajanja obratovanja glede na okoliščine,« napoveduje direktor podjetja Domel Matjaž Čemažar (Špohar, 2019).

Razvijajo zasnove sistema, da bi se procesi nastavljali in regulirali na osnovi zajetih parametrov in pametnega algoritma. S tega vidika so na prehodu v četrto industrijsko revolucijo. Potem so poslovni procesi, logistične poti, ki so čedalje pomembnejše. Pri njih so velike rezerve. Izdelki, elektromotorji, komunicirajo s centralnim nadzornim sistemom. Kreirajo predrazvoj, da motor pošilja podatke v oblak in bi lahko dostopali do vsakega

motorja na trgu. To je še zelo vizionarsko, vendar so orodja pripravljena. Razmišljajo, kakšno storitev lahko kupcu še ponudijo. Na primer, da prodajo motor in mu zagotovijo še storitev optimiranja obratovalnih parametrov med delovanjem (Volfand, 2019).

Domel d. o. o. deluje na štirih različnih lokacijah in ima vzpostavljen sistem ERP SAP, ki je integriran s proizvodnim informacijskim sistemom Kiner.

3.3 Vpeljava informacijskega sistema Kiner

Pred vpeljavo sistema Kiner so imeli že proizvodni informacijski sistem, ki bi bil potreben celovite prenove. Proizvodnja se je namreč zelo razširila in posodobila, postavile so se nove proizvodne linije in stroji. Ko so želeli nadgraditi stari proizvodni sistem Hydra, so bili zelo neodzivni in nadgradnja bi bila zelo draga, zato so z njimi zaključili sodelovanje. Če primerjam oba sistema, je Kiner veliko bolj pregleden kot stari proizvodni sistem.

Vodja projekta je na vprašanje, zakaj so izbrali Kiner, odgovoril, da so znali odgovoriti na vsako vprašanje, ki so jim ga zastavili. Tako so se odločili, da podjetje SGM programska oprema d. o. o. namesti informacijski sistem Kiner.

SGM programska oprema d. o. o. je slovensko visokotehnološko razvojno podjetje, ki se ukvarja s programiranjem programskih aplikacij po naročilu. Odločitev je bila zelo tvegana zaradi majhnosti podjetja, saj je zaposlen samo en sam, vendar je zelo odziven in fleksibilen (SGM programska oprema d. o. o., 2019). Za zmanjšanje tveganja ima Domel s podjetjem SGM programska oprema pri notarju overjeno pogodbo, s katero ima v primeru nezgode zaposlenega pravico do pridobitve izvorne kode aplikacije Kiner.

Z namestitvijo so začeli postopoma po poslovnih enotah, vzporedno s Kinerjem pa je še vedno deloval tudi stari proizvodni sistem. S programiranjem Kinerja in sodelovanjem elektro oddelka, ki je integriral senzorje s Kinerjem, ter oddelka informatike so vzpostavili integracijo med Kinerjem in ERP. Zaposleni na delovnih strojih ter mojstri na montažnih linijah so spremljali sistem in poročali o morebitnih nepravilnostih, napakah ali predlagali, kaj bi lahko izboljšali. Po skoraj enoletni preizkusni dobi so Kiner namestili v vseh proizvodnih oddelkih in ga še vedno ves čas nadgrajujejo. Ob tem bi omenila, da so pred vsako namestitvijo organizirali tudi izobraževanje za delavce in druge uporabnike, da bi sistem res deloval tako, kot je treba.

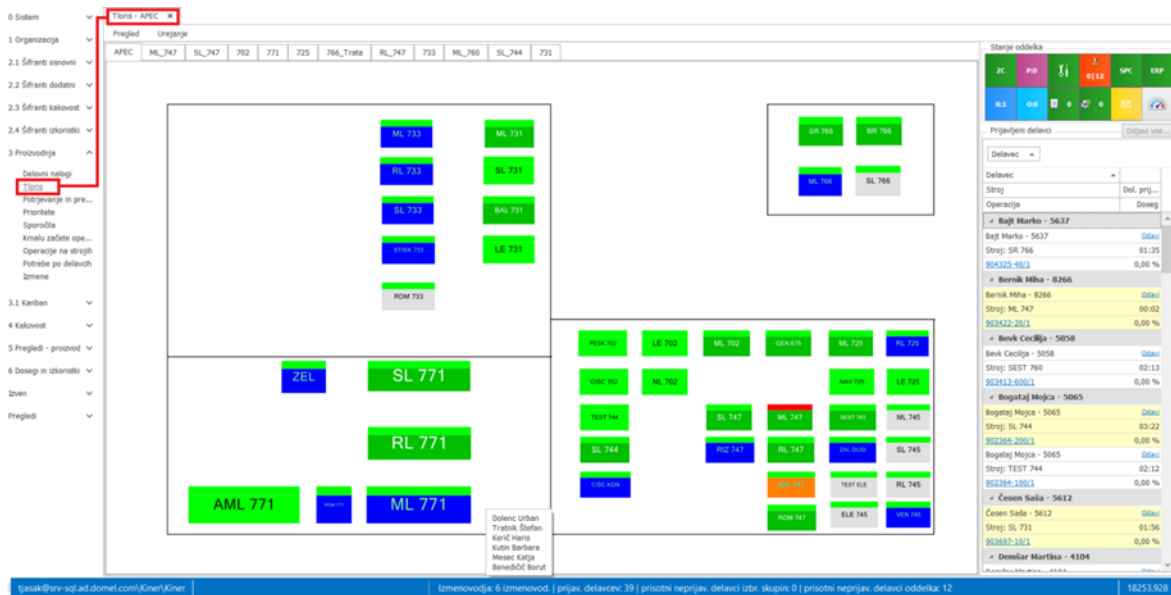
3.4 Proizvodni informacijski sistem Kiner za nadzor proizvodnje

Dostop v proizvodni informacijski sistem Kiner imajo delavci na računalnikih ob vsaki montažni liniji za sestavo motorjev. V poslovnih enotah, kjer so stoji za vlivanje plastike in avtomatske stiskalnice, pa je dostop omogočen s Kinertouch monitorji, ki so nameščeni na strojih. Za pregled in nadzor si aplikacijo lahko zaposleni iz drugih oddelkov naložijo na računalnike.

3.4.1 Tlorisi

Na tem obrazcu se razporejajo stroji in linije v prostor oziroma tloris proizvodnega obrata (slika 3).















Slika 3: Tloris oddelka z razporejenimi stroji




Vir: Lastna izdelava.

Slika tlorisa služi kot podlaga, kamor se lahko interaktivno polagajo in razporejajo delovni stroji. Na ta način se dobijo slike proizvodnih hal z vsemi stroji ali linijami ter njihovimi statusi. Z enim klikom na tipkovnici se lahko pride do nekaterih informacij. Poleg razporeditve strojev lahko na desni strani vidimo tudi seznam prijavljenih delavcev. Za posamezen stroj ali linijo se v oblaku izpišejo naziv, status stroja ali linije in status operacije. Predhodno status vidimo že z barvo stroja ali linije, glede na barvno legendo, določeno v šifrantu (slika 4). V primeru zastoja se izpišeta njegov vzrok in začetek. Podana je tudi informacija o delovnem in stroškovnem mestu stroja ali linije. Izpišeta se tudi seznam delavcev s pripadajočimi delovnimi nalogi in podatek o tem, koliko delavcev se lahko na ta stroj oziroma linijo še prijavi. S klikom na posamezen stroj ali linijo se odpre meni, kjer vidimo trenutno stanje, operacije na stroju in zgodovino dela. Ponudi se tudi bližnjica za prijavo in odjavo delavcev ter bližnjica za vpis zastojev. Mini dinamično poročilo vsebuje trenutno prijavljeno ime delavca, stroj ali linijo, nalog za delo, dolžino prijave in doseganje norme. Na seznamu so vidni tudi režijski delavci in vzdrževalci.

Slika 4: Barvna legenda strojev

Status	Barva	Vrsta	Barva
PRAZEN		OPERATIVEN	
ČAKA		VZDRŽEVANJE	
V PRIPRAVI		MALI ZASTOJ	
PREVZET		ZASTOJ BREZ VZROKA	
DELUJE POLN		ZASTOJ	
DELUJE		PREVZEM	
NEAKTIVEN		SPC	



Vir: Lastna izdelava.

3.4.2 Nalogi

Načrtovanje proizvodnje se odvija skozi delovne naloge, ki se v trenutni različici aplikacije v podatkovno bazo prenesejo iz sistema ERP. Ko delovni nalog pride v bazo, je viden na seznamu. S klikom na nalog se prikažejo pripadajoče operacije in podatki, kot so: število načrtovanih in realiziranih kosov, opravljeno delo, doseg in odstotek zaključenosti operacije. Pregledamo lahko tudi vpisane zastoje na nalogu, vse prijave delavcev, ki so opravljali dela na vseh operacijah naloga, ter spremembe, ki so bile opravljene na operacijah z naloga skupaj s podatki, kdo jih je odobril, datumom in normativnimi podatki. Temu rečemo tudi revizijska sled sprememb, da se nobeden od posegov v operacijo in s tem načrtovanje proizvodnje ne izgubi. Pod posamezno operacijo so podatki o normi, načrtovani in realizirani količini ter izmetu. Pod zavihkom kosovnica je seznam potrebnega materiala, zaloge na lokaciji in obratu za operacije na delovnem nalogu (slika 5). V primeru, da trenutna zaloga ni zadostna, se količina obarva rdeče.

Slika 5: Zavihek kosovnica

Operacija	Dodatno	Kosovnica	Pripomočki	Stroj	Dokumentacija	Spremembe	Delo	Sporočila	Kakovost	Šarže	Vse OP		
Kompon.	Naziv			Stroj	NTU	Kol.	Skl.	EM	Oz... ▲	Zal. lok.	Zal. obr.	Zal. ZC	Potr.
101053	GRED 315.1.421					181	11GV	KOS	10	0	741	0	701 ^
273104	LIST ROTORSKI 496.1.723					10.111	11R3	KOS	20	71.848	207.848	0	126.580
102943	LIST ROTORSKI IZOLIRNI 496.1.517					361	11R3	KOS	30	4.088	9.688	0	2.023
105855	ŽICA LAKIRANA 2L0,50 DIN IEC 317-13					17,81	11R3	KG	50	0	476	0	69
106310	TRAK IZOLIRNI 0,19X17,1-0,2 MYLAR 190A					0,61	11R3	KG	60	9	25	0	6
106286	TRAK IZOLIRNI 0,45X4,3-0,2 EVITHERM SG					0,35	11R3	KG	70	10	24	0	6
212035	KOLEKTOR 462.1.225-2					182	11R3	KOS	80	1.069	16.877	0	1.445
106470	IZOLACIJA POLIESTER TP 12 HELIOS-9037					2,77	11R1	KG	5000	4	212	0	100
106509	KATALIZATOR TB HELIOS-9040					0,07	11P3	KG	5010	0	6	0	2 v

Prejšnja op: [400/1](#) Na stroju: NK 31:NTU: 1,19/18,20 Za celoten DN Komponente ERP... 

Vir: Lastna izdelava.

3.4.3 Učinkovitost proizvodne opreme

Splošna učinkovitost opreme (angl. Overall Equipment Effectiveness, v nadaljevanju OEE) je zlati standard za merjenje proizvodne produktivnosti. Določa odstotek proizvodnega časa, ki je resnično produktiven. 100-odstotna ocena OEE pomeni, da se izdelujejo le dobri deli v idealnem času cikla, brez zaustavitvenega časa. Za OEE to pomeni 100-odstotno kakovost (samo dobri deli), 100-odstotno zmogljivost (čim hitreje) in 100-odstotno razpoložljivost (brez ustavljanja).

Merjenje OEE je najboljša proizvodna praksa, ki jo v industriji priznavajo kot najsodobnejšo. Z merjenjem OEE in povezanih izgub se dobi pomemben vpogled, kako sistematično izboljšati proizvodni postopek. OEE je najboljša enotna meritev za prepoznavanje izgub, primerjalni napredek in izboljšanje produktivnosti proizvodne opreme (Vorne Industries Inc., 2019).

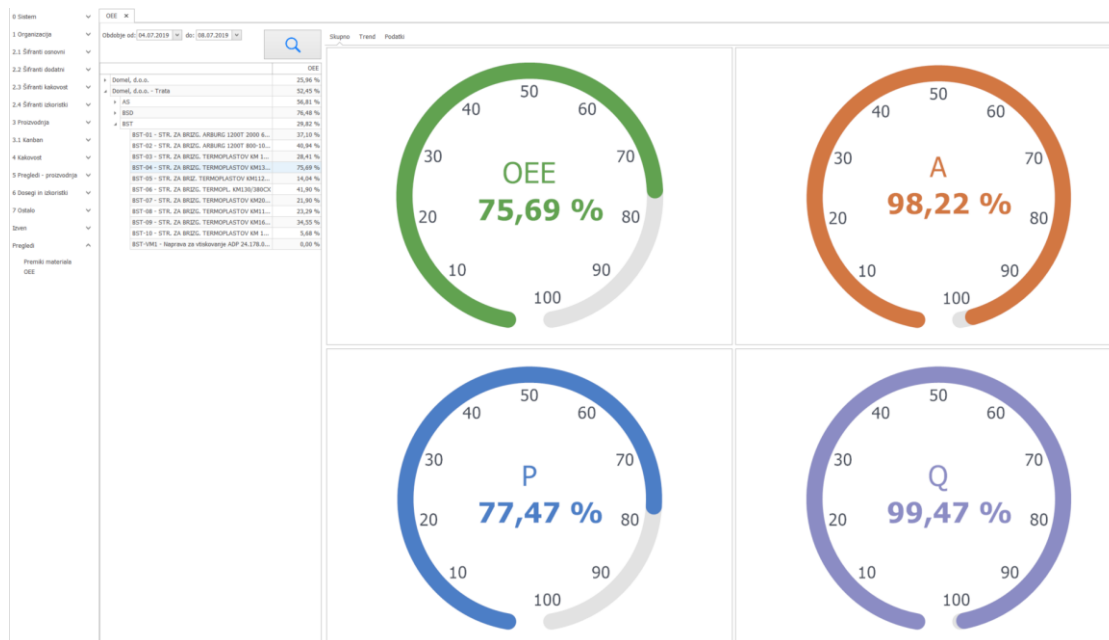
OEE se izračuna po spodnjih pravilih:

- **Vse razpoložljive ure:** število dni v izbranem obdobju, pomnoženo s 24.
- **Nezasedenost:** vsota zastojev tipa nezasedenost v urah v izbranem obdobju (npr. nedelovna izmena, načrtovan odmor ...).
- **Nenačrtovani zastoji:** vsota nenačrtovanih zastojev v urah v izbranem obdobju (npr. okvare, nastavitve ...), brez upoštevanja zastojev na podstrojih.
- **Načrtovani zastoji:** vsota načrtovanih zastojev v urah v izbranem obdobju (npr. menjave, preventiva ...), brez upoštevanja zastojev na podstrojih.
- **Vsi kosi:** seštevek dobrih in izmetnih kosov v izbranem obdobju.
- **Dobri kosi:** vsi dobri kosi stroja v izbranem obdobju.
- **Izmet:** vsi izmetni kosi stroja v izbranem obdobju.
- **Normativne strojne ure:** to so ure, ki bi bile glede na čisti čas cikla potrebne za izdelavo vseh kosov. Čisti čas cikla je naveden na obrazcu Pregled operacije pod zavihkom Dodatno. Če so se v izbranem obdobju izdelovali izdelki z različnimi časi ciklov, se skupni čisti čas cikla izračuna po formuli tehtanega povprečja. Iz čistega časa cikla se preračuna število kosov na uro ($3600 \text{ s} / \text{čisti čas cikla}$), iz tega pa normativne strojne ure po formuli: vsi kosi/število kosov na uro.
- **Načrtovane ure dela** = vse razpoložljive ure – ure nezasedenosti.
- **Razpoložljive ure** = vse razpoložljive ure – ure nezasedenost – ure nenačrtovanih zastojev – ure načrtovanih zastojev.
- **Razpoložljivost (A)** = razpoložljive ure/načrtovane ure dela
- **Doseganje (P)** = normativne ure/razpoložljive ure
- **Kakovost (Q)** = dobri kosi/vsi kosi
- **OEE** = razpoložljivost x doseganje x kakovost.

Vse vsote v obdobju se računajo od začetka jutranje izmene začetnega datuma do konca nočne izmene končnega datuma, torej do 6. ure naslednjega dne. V Kinerju je to razvidno iz

datuma dela oziroma postavke, vpisane za datum na obrazcu Potrjevanje in pregled dela. Merjenje OEE je lahko v obliki tabele ali grafa (slika 6).

Slika 6: Grafični prikaz OEE



Vir: Lastna izdelava.

3.4.4 Kakovost

Zelo pomembno je, da pred začetkom izvajanja operacije nekdo odobri transakcijo. Program omogoča vnos prevzema in s tem sledljivost, kdaj in kdo je prevzel proces. V tabeli so navedeni naslednji koraki: datum in tip prevzema, realizirana količina, oseba, ki je proces prevzela, kakovost kosov in opomba, ki je bila podana ob prevzemu. Barvni prikaz že na daleč opozori, če kakovost kosov ni ustrezna (slika 7).

Slika 7: Zavihek kakovost

Operacija	Dodatno	Kosovnica	Pripomočki	Stroj	Dokumentacija	Spremembe	Delo	Sporočila	Kakovost	Šarže	Vse OP
Vzorci SP	Datum	Tip	Real. kol.	Prevzel	Kosi	Opomba					
	18.12.2018 05:59	Ope...	13.344	Vajukič Slaviša	OK						
	17.12.2018 22:10	Ope...	12.696	Marčan Grega	OK						
	17.12.2018 05:57	Ope...	9.102	Vajukič Slaviša	OK						
	16.12.2018 23:44	Ope...	7.844	Marčan Grega	OK						
	16.12.2018 12:51	Ope...	7.642	Vajukič Slaviša	OK						

Naslednji SPC odvezem čez/ ur oziroma/ kosov

Ni kritična operacija

Prevzemi v Excel... Meritev vzorca...

Zapri

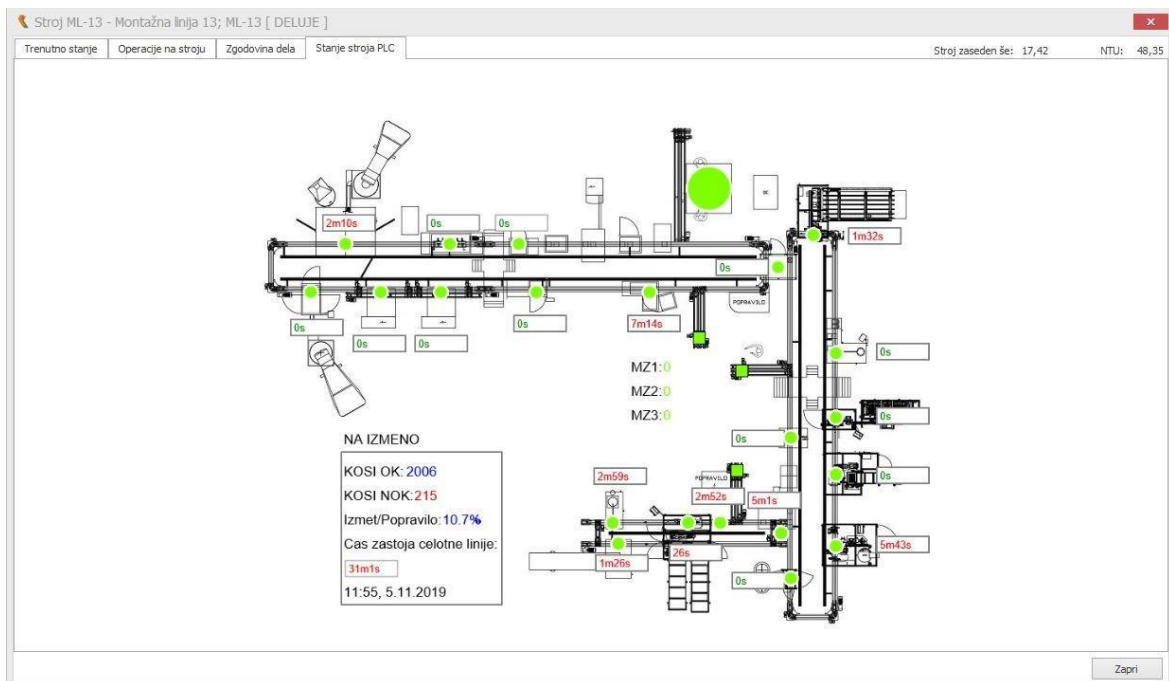
Vir: Lastna izdelava.

Kadar se pri procesu vpišejo izmetni kosi, program stroj takoj blokira. Ob prijavi delavca na blokiran stroj aplikacija javi, da je treba najprej narediti prevzem. Dokler kontrolor ne prevzame dobrih kosov, ostane stroj blokiran in prijava delavca nanj ni mogoče.

3.4.5 Povezanost pametnih senzorjev s proizvodnim informacijskim sistemom Kiner

V proizvodnji so na montažni liniji za sestavo motorjev nameščeni pametni senzori, ki tako sporočijo napake, ki se pojavljajo in so takoj vidne tudi v aplikaciji Kiner. Če proizvodnja deluje pravilno, so senzori obarvani zeleno, če ne, se obarvajo rdeče. Lepo je vidno število dobrih in izmetnih kosov. Posamezen senzor beleži časovne izgube zaradi napake, torej čas, porabljen za odpravljanje napake (slika 8).

Slika 8: Prikaz linije s pametnimi senzorji



Vir: Lastna izdelava.

V prihodnosti je cilj povezati senzorce s telefoni, ki bi opozorili na napake med sestavo motorjev. S tem bi še hitrejše reševali težave.

3.5 Prednosti proizvodnega informacijskega sistema Kiner

Prednosti so naslednje:

- Največja prednost sistema Kiner je, da vidimo stanje proizvodnje v realnem času oziroma vidimo, kaj se dogaja v proizvodnji ta trenutek. Omogoča pregled trenutnega statusa

linija ali stroja, nalogov in operacij, ki se izvajajo, prijave delavcev, izdelane kose in izmet.

- Dostop je omogočen z vseh lokacij v podjetju in ni treba biti fizično v proizvodnji.
- Vneseni podatki se prenašajo iz in v sistem ERP, kar zmanjšuje možnost napake, saj ni treba več ročno vnašati številke nalogov in delovnih ur delavcev.
- Grafični prikaz delovanja proizvodnje in vzrokov za zastoje je jasno viden na obrazcu tlorisi, kjer je linija ali stroj obarvan z določeno barvo, ki pove, kaj se dogaja. V primeru, da je stroj ali linija obarvana rdeče, pomeni, da gre za zastoj. S klikom na stroj ali linijo se dobi vpogled v to, kaj je vzrok za zastoj.
- Dostop do veliko informacij na enem mestu, saj so na nalog vezani vsa potrebna dokumentacija operacijskih postopkov, materiala, načrt nadzora kakovosti, risbe izdelka idr. za celotno proizvodnjo.
- Izboljšana kakovost izdelkov, ker mora pred vsako prijavo delavca na stroj kontrolor potrditi, da so kosi dobri. V primeru, da niso, se delavec na stroj sploh ne more prijaviti.
- Boljši nadzor zaloga materiala, ker je na vsak nalog vezan material, ki je potreben za izdelavo. Natančno se lahko vidi, koliko materiala je potrebnega ter koliko in kje (več lokacij) so zaloge.
- Nadzor nad produktivnostjo, kjer se z OEE meri proizvodna produktivnost.
- Brezpapirno poslovanje, saj ni več treba tiskati posameznega naloga za pisanje ur delavcev in dokumentacije za preverjanje kakovosti.
- Ni več izgub časa, ki so bile predvsem zaradi ročnega vnašanja ur delavcev, ročnega vnašanja izmeta ter različnih potrjevanj materiala v zapletenem sistemu SAP (ERP).

3.6 Slabosti proizvodnega informacijskega sistema Kiner

Slabosti so naslednje:

- Majhnost podjetja: vse vodi samo en človek, v primeru, da se mu kaj zgodi, ni nobenega, ki bi ga nadomestil, kljub pogodbi, kjer bi si pridobili izvorno kodo, bi imeli še vedno težave z uporabo.
- Zahteva se velika discipliniranost deležnikov, da so podatki pravilno vneseni.
- Povečanje stopnje izobraženosti v podjetju, ker se nekateri zaposleni še vedno ne znajdejo v tem sistemu.
- Pomanjkljivost usposobljenega kadra na visoko avtomatiziranih strojih, ki so povezani s Kinerjem.
- Stroški za vsako nadgradnjo sistema, kjer so pogajanja zaradi cene.
- Stroški vzdrževanja, v primeru, da se v sistemu pojavi napaka.

3.7 Predlagane izboljšave

V podjetju je pet proizvodnih poslovnih enot, kjer izdelujejo različne komponente in motorje, zato predlagam, da se v vsaki poslovni enoti določi sistemski skrbnik, ki bi se

izobrazil o aplikaciji in bi nudil pomoč uporabnikom Kinerja v posameznem oddelku, saj se mi zdi, da je lažje razložiti uporabo na delovnem mestu kot v predavalnici. Predlagam, da je sistemski skrbnik oseba, ki je že zaposlena v določeni poslovni enoti in bi poleg svojih nalog vodila izobraževanje zaposlenih ter kontrolo nad Kinerjem. Če bi se izkazalo, da je predlagan sistemski skrbnik preobremenjen, predlagam razporeditev njegovih nalog med sodelavce.

V podjetju je oddelek informatike, kjer so zelo usposobljeni zaposleni. Predlagam, da se eden izmed informatikov usmeri v Kiner in sodeluje s podjetjem SGM programska oprema d. o. o. ter skuša pridobiti čim več informacij in podatkov, da bi v primeru nezgode in pridobitve izvorne kode zmanjšali tveganje za razbiranje te.

Na koncu vsake linije delavke še ročno pregledajo motorje, kjer najdejo napake, ki jih avtomatske kontrolne naprave ne morejo zaznati. Vse te možne napake so zbrane na šifrantih napak, ki so obešeni na delovnih mestih. Delavka ob določeni napaki na motorju napako vpiše na posebne kartončke, ki jih analitik vpiše v tabelo, kjer se mesečno vodi število napak. Sedanji sistem bi izboljšala tako, da bi se šifranti napak vnesli v Kiner pod zavihek kakovost, kjer bi lahko delavke ob takojšni ugotovitvi napake prek Kinertouch, ki bi bili nameščeni na delovnem mestu, samo izbrale napako in bi bila avtomatsko zabeležena. Tako bi bila manjša možnost napake pri vpisovanju in večja resničnost podatkov. Če zanemarim stroške za Kinertouch, mislim, da bi bilo to izvedljivo.

Mogoče bi prišle v poštev tudi tablice, ki bi jih imeli skrbniki linij vedno pri sebi. Velikokrat se namreč zgodi, da skrbnik opravlja drugo delo in ne opazi takoj rdeče lučke na liniji. Na liniji nastane zastoj in na koncu je izdelanih manj kosov. Tablice bi bile povezane s senzorji na liniji, ki zaznavajo napake. Ko bi senzor zaznal napako, bi tablica začela opozarjati. S tem načinom bi bilo na linijah manj zastojev in posledično več izdelanih motorjev.

SKLEP

Podjetja v svoje poslovne procese že vključujejo ali preoblikujejo svoje tehnologije z naprednimi in digitalnimi, ki jih narekuje Industrija 4.0. Preden se podjetje odloči za digitalno preobrazbo, mora imeti natančen tehnološki in strateški načrt za doseganje uspeha v procesu. Poleg komponent 4.0 mora imeti podjetje informacijski sistem, ki omogoča integracijo med napravo in človekom.

V podjetju Domel so uvedli proizvodni informacijski sistem Kiner, ki omogoča vpogled v proizvodnjo v realnem času. Kupci postajajo vedno zahtevnejši in jih zanimata dogajanje v proizvodnji in kakovost v tem trenutku, kar jim lahko v Domelu tudi ponudijo. Z novim sistemom Kiner lažje načrtujejo potek proizvodnje posameznih izdelkov in motorjev z razporeditvijo nalogov, na katerih so vidne operacije in zaloge materialov. Novi sistem Kiner je v primerjavi s prejšnjim sistemom veliko preglednejši in iz njega lahko pridobimo precej več informacij na hiter in preprost način.

Pri izdelavi zaključne naloge sem velikokrat naletela na problem, ki se bo v prihodnosti še povečeval. Z vključitvijo v Industrijo 4.0 se bo povečala potreba po drugačnem znanju in kompetencah zaposlenih na področju avtomatizacije in digitalizacije. Delovna mesta se bodo spreminjala in temu se bodo morali prilagajati tudi delavci. Mislim, da bi morala podjetja več vlagati v zaposlene, in sicer v usposabljanja na tem področju. Vodstvo podjetja se mora zavedati, da brez usposobljene delovne sile, kljub avtomatizirani in digitalizirani proizvodnji, podjetje ne more biti uspešno.

LITERATURA IN VIRI

1. Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of innovation management*, 3(4), 16–21.
2. Badaraite, Z. (2017, 30. oktober). *4 Benefits of Using a Manufacturing Execution System (MES)*. Pridobljeno 18. decembra 2019 iz <https://www.engusa.com/en/posts/4-benefits-of-using-a-manufacturing-execution-system-mes>
3. Bertancelj, M. (2019, 9. oktober). Tovarna leta 2019 so Ljubljanske mlekarne. *Finance*. Pridobljeno 18. decembra 2019 iz <https://tovarna.finance.si/8953586/Tovarna-leta-2019-so-Ljubljanske-mlekarne>
4. Buxmann, P., Hess, T. & Ruggaber, R. (2009). Internet of services. *Business & Information Systems Engineering*, 1(5), 341.
5. Chambers, K. (2016, 30. november). *Digitize and automate quality inspections for improved product quality*. Pridobljeno 2. novembra 2019 iz <https://on.wonderware.com/digitize-automate-quality-inspections#>
6. Chen, Y. (2016). Industrial information integration—A literature review 2006–2015. *Journal of Industrial Information Integration*, 2, 30–64.
7. Choi, J. (2017). The future of jobs and the fourth industrial revolution: business as usual for unusual business. *World Bank*. Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz <https://blogs.worldbank.org/psd/future-jobs-and-fourth-industrial-revolution-business-usual-unusual-business>
8. Critical Manufacturing S.A.. (2013, 23. julij). *MES: When ERP is not enough* (objava na blogu). Pridobljeno 10. novembra 2019 iz <https://www.criticalmanufacturing.com/en/newsroom/blog/posts/blog/mes-erp-35#.Xc2iltVKjIW>
9. Čater, B., Čater, T., Černe, M., Koman, M. & Redek, T. (2019). Nove tehnologije industrije 4.0 v majhnih in srednjih podjetjih v Sloveniji. *Economic and Business Review for Central and South-Eastern Europe*, 21, 175–184.
10. Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U. & Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 545–554.
11. Domel: Trajnostne inovativne rešitve. (2019). *Panoge*. Pridobljeno 2. novembra 2019 na spletnem naslovu <https://www.domel.com/sl>
12. Domus, založba in trgovina, d. o. o.. (2019, 5. junij). Slovenia gets first Smart Factory demonstration centre. *The Slovenia times*. Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz <http://www.sloveniatimes.com/slovenia-gets-first-smart-factory-demonstration-centre>

13. Lee, T., Aizat, A., Aziati, A. H. & Tay, S. (2018). An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10(14), 14.
14. Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R. & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), 3609–3629.
15. Lueth, K. L. (2015, 19. marec). *Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future?* Pridobljeno 5. decembra 2019 iz <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/>
16. Masoni, R., Ferrise, F., Bordegoni, M., Gattullo, M., Uva, A. E., Fiorentino, M. ... & Di Donato, M. (2017). Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality. *Procedia Manufacturing*, 11, 1296–1302.
17. Mosterman, P. J. & Zander, J. (2016). Industry 4.0 as a cyber-physical system study. *Software & Systems Modeling*, 15(1), 17–29.
18. Perme, T. (2017, 19. oktober). *Industrija 4.0*. Pridobljeno 10. novembra 2019 iz http://www.gzdbk.si/media/pdf/sekcije/SOE/2017/01_Perme.pdf
19. Petrov, S. (2019, 29. maj). V tekmi za lovoriko tovarna leta 2019 sodeluje 11 podjetij. *Finance*. Pridobljeno 18. decembra 2019 iz <https://tovarna.finance.si/8948747/V-tekmi-za-lovoriko-tovarna-leta-2019-sodeluje-11-podjetij>
20. Podgoršek, D. (2017, 29. junij). *Kognitivna proizvodnja in Industrija 4.0*. Pridobljeno 8. novembra iz <https://www.racunalniske-novice.com/novice/dogodki-in-obvestila/kognitivna-proizvodnja-in-industrija-40kognitivna-proizvodnja-in-industrija-40.html>
21. Roblek, V., Meško, M. & Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, 6(2).
22. Rodič, B. (2017). Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. *Organizacija*, 50(3), 193–207.
23. SGM programska oprema d. o. o.. (2019). *Kiner*. Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz <https://www.kiner.si/kineropsis>
24. Slovensko-nemška gospodarska zbornica. (2019, januar). *Spletna anketa industrija 4.0/Umetna intelegenca*. Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz https://slovenien.ahk.de/fileadmin/AHK_Slovenien/Infocenter/Umfrageergebnisse/Prdstavitev_rezultatov_analize_Anketa_Industrija_4.0_2019.pdf
25. Sokolić, S. (2018). *Metronik*. Pridobljeno 9. novembra 2019 iz <http://www.metronik.si/wp-content/uploads/2017/04/metronik.pdf>
26. Stock, T. & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536–541.
27. Špohar, N. (2019, junij). Bolje, hitreje in pametneje – z zdravo mero drznosti. V *Glas gospodarstva – top industrija* (str. 11–13). Ljubljana: Gospodarska zbornica Slovenije.
28. Trkman, P. (2019, 20. november). *I want my kid to be innovative when he grows up – should he or she use information technology now?* Pridobljeno 8. decembra 2019 iz

- https://www.linkedin.com/pulse/i-want-my-kid-innovative-when-he-grows-up-should-she-use-peter-trkman?trk=portfolio_article-card_title
29. Tupa, J., Simota, J. & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1223–1230.
 30. Volfand J. (2019). Premikajo meje pri materialih, iščejo jih tudi pri domačih proizvajalcih EOL – 138. *Zelena Slovenija*. Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz <http://www.zelenaslovenija.si/revija-eol-aktualna-stevilka/okolje/4841-premikajo-meje-pri-materialih-iscejo-jih-tudi-pri-domacih-proizvajalcih-eol-138>
 31. Vorne Industries Inc.. (2019). *What is overall equipment effectiveness?* Pridobljeno 25. oktobra 2019 iz <https://www.oee.com/>
 32. Wang, S., Wan, J., Li, D. & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 1–10.
 33. Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.
 34. Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 28(1), 75–86.
 35. Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616–630.