

# Raba naprednih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih

IRT3000 – januar 2020

red. prof. dr. Iztok Palčič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov

## Povzetek

*Pričenjamo z novim sklopom predstavitve rezultatov največje slovenske in evropske ankete o proizvodni dejavnosti, ki smo jo izvedli v letih 2018 in 2019. To je že šesta iteracije raziskave, saj jo redno izvajamo od leta 2003/04 dalje vsaka tri leta. Gre za slovenski del največje evropske raziskave o proizvodni dejavnosti »European Manufacturing Survey – EMS«, ki poteka v sodelovanju 14 evropskih držav, koordinator projekta pa je sloviti Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije. V prispevkih bomo prikazali in analizirali stanje na področju proizvodne dejavnosti v Sloveniji ter občasno naredili primerjavo z drugimi državami. Ker je to prvi prispevek v tej seriji, se želim iskreno zahvaliti vsem podjetjem, ki so sodelovala pri raziskavi, za vaš dragocen čas in pripravljenost deliti informacije.*

## 1 O Industriji 4.0

V prvem prispevku tokratne serije predstavitev rezultatov stanja v slovenskih proizvodnih podjetjih se bomo osredotočili na rabo izbranih naprednih tehnologij, pri čemer govorimo o proizvodnih tehnologijah v obliki napredne proizvodne opreme, ter o širokem spektru informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) v okviru digitalne tovarne. Iz povedanega sledi, da je bil osnova za razmišljanje o tem, katere tehnologije v ključiti v našo analizo, koncept t. i. Industrije 4.0, ki ga na bomo na tem mestu malenkostno osvetlili, čeprav je seveda o Industriji 4.0 že ogromno povedanega.

Izjemno močna konkurenca in težke gospodarske razmere v domačem in mednarodnem okolju so za proizvodna podjetja konstanta (McGahan, 2004). Sodobni industrijski razvoj gospodarstva je trajal več sto let in zdaj smo vstopili v obdobje Industrije 4.0 (Lu, 2017). Glede na današnje večplastne izzive za proizvodna podjetja, kot so skrajšani tehnološki in inovacijski cikli ter potreba po ponudbi prilagojenih izdelkov, kjer je vse manj veliko serijske proizvodnje, je nemška vlada v letu 2011 sprejela projekt prihodnosti »Industrie 4.0« (Industrija 4.0). Izraz Industrija 4.0 se nanaša na bolj mednarodno znane in akademsko uporabljene termine, kot so industrijski internet stvari (Industrial Internet of Things – IIoT), ki poudarja integracijo interneta stvari in storitev (Internet of Things and Services – IoTS) v proizvodnjo, in internetno komunikacijo objektov (Kiel in drugi, 2017).

V okviru Industrije 4.0 se pojavljajo pojmi, kot so Internet stvari (IoT), Internet storitev (IoS), kibernetško-fizični sistemi (Cyber Physical Systems – CPS), IKT, programska oprema za upravljanje virov podjetja (Enterprise Resource Planning – ERP), arhitektura podjetja (Enterprise Architecture – EA) in integracija podjetja (Enterprise Integration – EI). Industrija

4.0 zajema številne tehnologije in z njimi povezane paradigme, vključno z radio-frekvenčno identifikacijo (RFID), ERP, IoT, proizvodnjo v računalniškem oblaku, prenosnimi napravami (npr. pametnimi urami, očali ali rokavicami), obogateno resničnostjo, avtonomnimi vozili (vključujoč droni), novimi načini denarnih transakcij (npr. blockchain), analitiko velikih podatkov in razvojem družbeno odgovornih izdelkov (Vijaykumar in drugi, 2015; Georgakopoulos in drugi, 2016; Lin in drugi, 2016, Hofmann in Rüscher, 2017). Identificirano je vsaj pet glavnih značilnosti Industrije 4.0: digitalizacija, optimizacija in fleksibilnost proizvodnje; avtomatizacija in zmožnost prilagajanja; interakcija človeka in stroja; storitve in poslovni modeli z visoko dodano vrednostjo ter samodejna izmenjava podatkov in komunikacija (Roblek in drugi, 2016; Vijaykumar in drugi, 2015).

Štiri ključne komponente Industrije 4.0 so CPS, IoT, IoS in pametna tovarna (Hofmann in Rüscher, 2017). Medtem ko predpostavljamo, da prevzema vodilno vlogo v Industriji 4.0 IoT, je tudi IoS našel svoje mesto v proizvodnih podjetjih oziroma tovarnah (Hermann in drugi, 2015). CPS, ki lahko s senzorji in aktuatorji komunicirajo s svojim okoljem, predstavljajo še en element Industrije 4.0, saj se od njih pričakuje, da bodo tovarne omogočile samostojno in decentralizirano upravljanje v realnem času (Brettel in drugi, 2014). Te tovarne se zaradi svojih zmogljivosti pogosto imenujemo »**pametne tovarne**«.

Izraz »**internet stvari**« je postal priljubljen v prvem desetletju 21. stoletja in se lahko šteje za pobudnika Industrije 4.0. Porter in Happelmann (2014) sta IoT opredelila kot pametne, povezane izdelke, ki ponujajo eksponentno širitev možnosti za nove funkcije, veliko večjo zanesljivost, veliko večjo uporabnost izdelkov in zmogljivosti, ki presegajo tradicionalne meje izdelkov. Po drugi strani pa izraz »**internet storitev**« temelji na ideji, da so storitve na voljo s pomočjo spletnih tehnologij, ki podjetjem in zasebnim uporabnikom omogočajo združevanje, ustvarjanje in ponudbo nove vrste storitev z visoko dodano vrednostjo (Wahlster in drugi, 2014).

Tipični fizični sistemi proizvodnje se spreminjajo v »**kibernetsko-fizične sisteme**«, s čimer spreminjamo tovarne v pametno proizvodno okolje. Z drugimi besedami, IIoT vključuje integracijo CPS, ki povezuje fizični in virtualni svet, ter IoTS v industrijske procese. To ima za posledico več novih možnosti za ustvarjanje vrednosti, poslovne modele, nastanek novih storitev in oblikovanje delovnih mest (Kagermann in drugi, 2013). V modularno strukturiranih pametnih tovarnah Industrije 4.0 CPS spremlja fizične procese, ustvarja virtualno kopijo fizičnega sveta in sprejema decentralizirane odločitve. CPS komunicirajo s pomočjo IoT in sodelujejo medsebojno ter z ljudmi v realnem času. S pomočjo IoS ponujamo vsem udeležencem v vrednostni verigi različne interne ter med-organizacijske storitve. Lahko trdimo, da je CPS ključna tehnologija za Industrijo 4.0.

Industrijo 4.0 zaznamujejo visoko razviti procesi avtomatizacije in digitalizacije ter uporaba elektronike in informacijskih tehnologij (IT) v proizvodnji in storitvah. Mobilno računalništvo, računalništvo v oblaku, veliki podatki in IoT so ključne tehnologije Industrije 4.0 (Lu, 2017). Obravnavanje velikih podatkov zahteva razvoj novih algoritmov in okvirov strojnega učenja. Ker industrija postaja vedno bolj zapletena in bolj intenzivna, se z industrijo 4.0 pojavlja ogromna količina podatkov, zaradi česar je upravljanje velikih podatkov (podatkovno rudarjenje, klasifikacija podatkov in shranjevanje podatkov) velik izziv (Lu, 2017).

Druge pomembne tehnologije so različne vrste sistemov za spremljanje in napovedovanje stanja v proizvodnji in pametna informacijska orodja za napovedovanje. CPS integrira tudi različne naprave s sposobnostmi zaznavanja, identifikacije, obdelave, komunikacije in mrežnega povezovanja (Xu in drugi, 2014). Vključujejo stroje in opremo, omrežja, računalniški oblak in terminale, kjer bodo lahko stroji in oprema s pomočjo uporabe samo-optimizacijskih in avtonomnih mehanizmov za odločanje izboljšali učinkovitost (Roblek in drugi, 2016).

Prilagodljivost, učinkovitost virov in integracija procesov ponudbe in povpraševanja so v Industriji 4.0 izboljšani, zato tovarne, proizvodnja, mesta in potencialna inteligentna oprema ter objekti postajajo pametni (Varghese in Tandur, 2014). Industrija 4.0 naredi tovarne bolj inteligentne, prilagodljive in dinamične, tako da opremi proizvodnjo s senzorji, aktuatorji in avtonomnimi sistemi. »Pametna tovarna« temelji na ideji o decentraliziranem proizvodnem sistemu, v katerem »ljudje, stroji in viri komunicirajo drug z drugim naravno kot v socialni mreži«. Pričakujemo, da bosta tesna povezava in komunikacija med proizvodi, stroji, transportnimi sistemi in ljudmi spremenili obstoječo logiko proizvodnje. V pametni tovarni se izdelki s pomočjo proizvodnih procesov znajdejo samostojno in se jih lahko kadarkoli identificira in locira, pri čemer si prizadevamo za stroškovno učinkovito, a zelo prilagodljivo in individualno masovno proizvodnjo (Hofmann in Rüsche, 2017). V pametnih tovarnah bodo stroji in oprema dosegli visoko stopnjo samo-optimizacije in avtomatizacije. Poleg tega je proizvodni proces sposoben izpolnjevati zahtevnejše standarde in zahteve proizvodov, kot je bilo pričakovano (Roblek in drugi, 2016). Tako so inteligentne tovarne in pametna proizvodnja glavni cilji industrije 4.0 (Sanders, Elangeswaran in Wulfsberg, 2016). V pametnih tovarnah so inteligenca in digitalizacija integrirani od pridobivanja surovin, preko proizvodnega sistema, uporabe izdelkov do konca življenjske dobe izdelkov. Prav tako je dejstvo, da v Industriji 4.0 postopek izdelave zahteva več senzorjev, aktuatorjev, mikročipov in avtonomnih sistemov zaradi hitrega razvoja tehnologij, ne da bi pozabili na ukrepe in tehnologije za skrbno rabo virov.

## **2 Anketa o proizvodni dejavnosti v Sloveniji in Evropi**

Rezultate naše raziskave smo pridobili s pomočjo ankete o proizvodni dejavnosti. Originalni naziv ankete je European Manufacturing Survey (EMS) in je največja evropska raziskava proizvodne dejavnosti. Koordinator celotnega projekta je slovit Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije. Poglavitni cilj EMS projekta je pridobiti informacije o rabi proizvodnih tehnologij in IKT, novih tehniških in organizacijskih konceptih v proizvodnji in implementaciji najboljših poslovnih praks. V anketi sprašujemo podjetja tudi o proizvodnih strategijah, smotrni rabi energije, o storitvah, ki jih nudijo podjetja zraven izdelkov, uporabi projektne načina dela v podjetjih, selitvi proizvodnje, tipih proizvodnje in izdelkov, konkurenčnih kriterijih, kvalifikacijah in izobrazbi zaposlenih itd. Zbiramo tudi podatke o produktivnosti, fleksibilnosti, kakovosti, donosih ipd. Na anketo odgovarjajo proizvajalci strojev in opreme, proizvajalci končnih izdelkov iz kovinsko-predelovalne industrije, proizvajalci plastičnih in gumenih izdelkov in podjetja, ki sodijo v elektro industrijo. Obsežni vprašalnik na osmih straneh pošiljamo v proizvodna podjetja, ki imajo vsaj 20 zaposlenih, v raziskavo smo vključili proizvodna podjetja iz NACE skupine C.

Prvič smo anketno raziskavo izvedli leta 2003/04 v devetih evropskih državah, vključujoč Avstrijo, Hrvaško, Francijo, Nemčijo, Veliko Britanijo, Italijo, Slovenijo, Švico in Turčijo. V letu 2006/07 smo izvedli novo raziskavo v še več evropskih državah, saj so se pridružile Grčija, Nizozemska in Španija. Naslednja izvedba je bila v letu 2009. Raziskava je postala globalna, saj sta se pridružili še Kitajska in Rusija, pa tudi Danska in Finska. Iz konzorcija sta izstopili Turčija in Velika Britanija, zbrali smo odgovore iz 12-ih držav. Četrta izvedba EMS se je pričela leta 2012 in se zaključila v 2013. Naša družina je ponovno zrasla, saj so se pridružile Češka, Švedska in Brazilija. Italija, Francija in Velika Britanija so spremenile partnerje v svoji državi. Peta izvedba je potekala v letih 2015 in 2016. Dodali smo novo članico, in sicer Srbijo. Šesta izvedba se je pričela v letu 2018 z novim partnerjem iz Češke in novimi državami, kot sta Litva in Slovaška.

Naša raziskava temelji torej na podatkih iz slovenskega vzorca iz leta 2018/19. Za ponazoritev trendov bomo uporabili tudi podatke iz prejšnjih izvedb raziskave. V zadnji iteraciji je na anketo odgovorilo rekordnih 127 podjetij, kar je predstavljalo 15 % stopnjo odziva. Proizvodna podjetja v naši raziskavi sodijo v sledeče NACE C skupine:

- 13 – Proizvodnja tekstilij;
- 14 – Proizvodnja oblačil;
- 15 – Proizvodnja usnja, usnjenih in sorodnih izdelkov;
- 22 – Proizvodnja izdelkov iz gume in plastičnih mas;
- 23 – Proizvodnja nekovinskih mineralnih izdelkov;
- 24 – Proizvodnja kovin;
- 25 – Proizvodnja kovinskih izdelkov, razen strojev in naprav;
- 26 – Proizvodnja računalnikov, elektronskih in optičnih izdelkov;
- 27 – Proizvodnja električnih naprav;
- 28 – Proizvodnja drugih strojev in naprav;
- 29 – Proizvodnja motornih vozil, prikolic in polprikolic;
- 30 – Proizvodnja drugih vozil in plovil;
- 32 – Druge raznovrstne predelovalne dejavnosti.

Za potrebe nadaljnjih v naših prispevkih smo izločili odgovore podjetij s področja tekstila in obutve in tako ostane v bazi 118 odgovorov iz pretežno kovinsko-predelovalne industrije, elektro industrije ter industrije umetnih mas. V našem vzorcu je tako največ podjetij iz NACE skupin 22, 25, in 28, pri čemer je bilo približno 27 % podjetij iz NACE 25, okoli 20 % iz NACE 28 ter okoli 16 % iz skupine NACE 22. Če pogledamo podjetja po velikosti, je bilo 32 % malih, 43 % srednje velikih in 25 % velikih podjetij (kriterij je število zaposlenih). Rezultate raziskave bomo večinoma ponazorili z deskriptivno statistiko in nekaterimi osnovnimi merili za ugotavljanje korelacije med posameznimi spremenljivkami.

### **3 Raba naprednih proizvodnih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih**

V zadnjo raziskavo smo vključili 16 tehnologij, ki smo jih razdelili v štiri skupine:

1. Roboti in avtomatizacija – RA (2 tehnologiji);
2. Dodajalne tehnologije – DT (2 tehnologiji);
3. Digitalna tovarna – DT (9 tehnologij);
4. Učinkovitost izrabe energije in virov – UEV (3 tehnologije).

Tehnologije smo analizirali z več vidikov:

- pogostost rabe,
- leto prve uvedbe tehnologije (v povprečju za vsa podjetja s to tehnologijo),
- nadgradnja tehnologije v zadnjih treh letih,
- planirana raba tehnologije v prihodnjih treh letih,
- stopnja rabe tehnologije.

Najprej smo s frekvenčno analizo preverili pogostost rabe izbranih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih (Preglednica 1). Proizvodna podjetja smo povprašali, kdaj so tehnologijo prvič vpeljali v podjetje. Prikazane letnice so povprečno leto prve uvedbe tehnologije za vsa podjetja, ki tehnologijo uporabljajo. Prav tako nas je zanimalo, koliko podjetij načrtuje uvedbo določenih tehnologij v obdobju 2019-2021. Stolpec »Planirana raba« tako prikazuje delež podjetij, ki določene tehnologije še nima, ampak jo želi uvesti v omenjenem obdobju. Stolpec »Nadgradnja« je vezan na delež tistih podjetij, ki določeno tehnologijo že imajo, in so jo v obdobju 2016 do 2018 nadgradili.

**Preglednica 1:** Delež rabe naprednih proizvodnih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih

Tehnologija	Skupina	Pogostost rabe	Planirana raba	Leto prve uvedbe	Nadgradnja
ERP sistemi	DT	62,7%	34,1%	2008	43,2%
Digitalne rešitve za delo v proizvodnih obratih	DT	54,2%	33,3%	2010	37,5%
Digitalna izmenjava podatkov z dobavitelji in kupci	DT	51,7%	22,8%	2011	29,5%
Industrijski roboti za proizvodne procese	RA	50,0%	20,3%	2008	42,4%
Proizvodni kontrolni sistemi v realnem času	DT	39,8%	28,2%	2011	51,1%
Tehnologije za ponovno rabo vode	EUV	39,0%	9,7%	2007	21,7%
Navidezna resničnost in simulacije	DT	38,1%	15,1%	2010	40,0%
Industrijski roboti za montažne procese	RA	35,6%	19,7%	2010	38,1%
Mobilne/brezžične naprave za upravljanje	DT	32,2%	30,0%	2011	55,3%
Dodajalne tehnologije za izdelavo prototipov	DT	32,2%	12,5%	2006	36,8%
Tehnologije za rekuperacijo energije	EUV	32,2%	17,5%	2008	23,7%
Dodajalne tehnologije za proizvodnjo izdelkov	DT	23,7%	14,4%	2009	35,7%
Avtomatizirani sistemi za notranjo logistiko	DT	20,3%	23,4%	2014	33,3%
Sistemi in menedžment življenjskega cikla izdelka (PLM PDM)	DT	19,5%	15,8%	2012	30,4%
Umetna inteligenca	DT	5,1%	10,7%	2014	16,7%
Tehnologije za pretvorbo fosilnih goriv	EUV	5,1%	5,1%	2007	16,7%

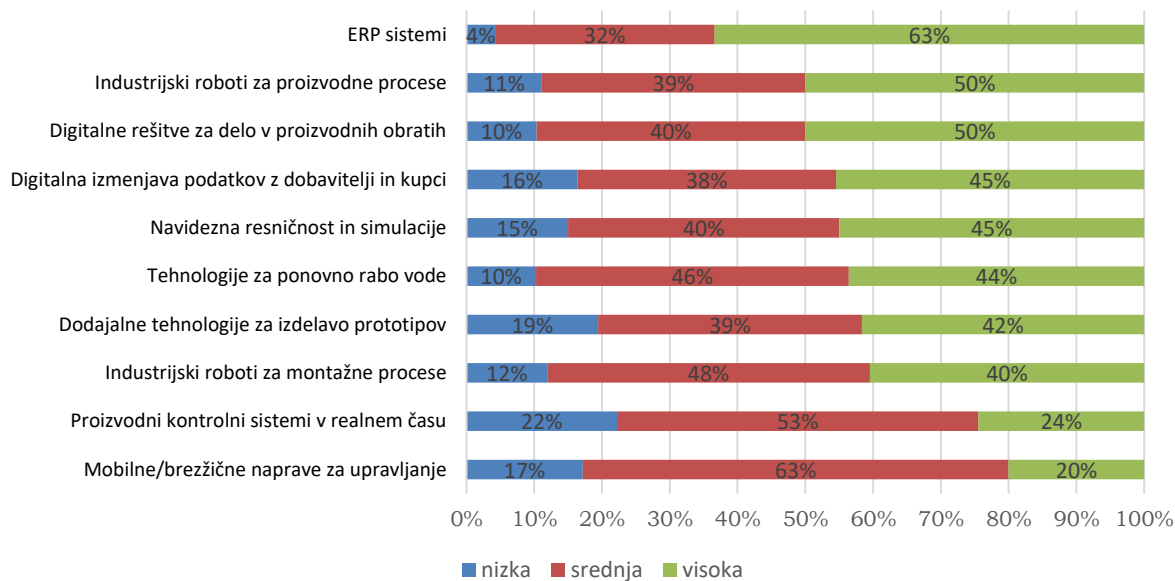
Iz analize vidimo, da je najbolj pogosto uporabljena tehnologija programska oprema za planiranje in terminiranje proizvodnje (ERP sistemi), ki je prisotna v skoraj dveh tretjinah proizvodnih podjetij. Takšni široki razširjenosti se približujejo tudi nekatere druge tehnologije iz skupine »Digitalna tovarna« (npr. digitalne rešitve za zagotavljanje načrtov, terminskih planov ali navodil za delo neposredno v proizvodnih obratih in digitalna izmenjava podatkov o izdelkih in procesih z dobavitelji in kupci (Elektronska izmenjava podatkov / EDI)). Zelo lepo so v porastu tudi proizvodni kontrolni sistemi v realnem času (npr. centralizirani sistemi za upravljanje strojev in pridobivanje podatkov – MES) ter mobilne / brezžične naprave za programiranje in upravljanje proizvodne opreme oz. strojev (npr. dlančniki / tablice)).

V našo raziskavo smo vključili dve vrsti robotov. Če pogledamo obe vrsti sočasno, lahko ugotovimo, da je vsaj eden izmed teh dveh vrst robotov prisoten v kar 64 % podjetij, s čimer so industrijski roboti najbolj razširjena tehnologija v naši analizi. Če združimo tudi obe vrsti dodajalnih tehnologij, lahko ugotovimo, da je vsaj ena izmed njih prisotna v približno tretjini podjetij.

V raziskavo smo dodali tudi dve »tehnologiji prihodnosti«, in sicer umetno inteligenco (strojno učenje, nevronske mreže, genetski algoritmi ipd.) ter tehnologije za pretvorbo fosilnih goriv (npr. nafte, plina) v druge oblike energije (elektrika, vodik ipd.). Zaznamo lahko prve implementacije tudi teh tehnologij v približno 5 % podjetij. Prav tako lahko vidimo, da sta preostali tehnologiji iz skupine »Učinkovitost izrabe energije in virov«, lepo razširjeni v približno tretjini podjetij; gre za tehnologije za recikliranje in ponovno rabo vode (npr. sistemi za recirkulacijo vode) ter tehnologije za rekuperacijo kinetične in procesne energije (npr. ponovno izkoriščanje odpadne toplote, hramba energije).

Proizvodna podjetja smo povprašali o njihovi prvi uvedbi posameznih tehnologij, planirani rabi tehnologij v obdobju 2019-2021 in nadgradnji obstoječih tehnologij v obdobju od 2016 do 2018 (Preglednica 1). Opazimo lahko, da sta obe vrsti industrijskih robotov med tehnologijami, ki jih v proizvodnih podjetjih uporabljajo najdlje časa. Opazimo lahko tudi, da se večina tehnologij sproti nadgrajuje, v povprečju se je to zgodilo v od 30 do 55 % podjetij za posamezne tehnologije. Zlasti so tehnologije iz skupine »Digitalna tovarna« pogosto predmet nadaljnjih naložb / nadgradenj. Delež podjetij, ki načrtujejo vlaganje v tehnologije v naslednjih treh letih, se je v primerjavi s prejšnjimi raziskovalnimi krogi močno povečal. Stolpec »Planirana raba« predstavlja delež podjetij, ki nimajo določene tehnologije trenutno, vendar jo nameravajo uvesti v obdobju od leta 2019 do 2021. Tretjina podjetij, ki trenutno nimajo nobenega izmed ERP sistemov, digitalnih rešitev za delo v proizvodnih obratih, proizvodnih kontrolnih sistemov v realnem času in mobilnih/brezžičnih naprav za upravljanje, načrtujejo, da bodo te tehnologije v naslednjih letih začela uvajati. 20 % podjetij brez industrijskih robotov za proizvodne ali montažne procese načrtuje uvedbo do konca leta 2021. Približno 10 do 15 % podjetij želi uvesti različne dodajalne tehnologije, 10 % podjetij pa bo uvedlo rešitve umetne inteligence, kar bi potrojilo obstoječi delež podjetij, ki uporabljajo umetno inteligenco.

Pri preučevanju pogostosti rabe tehnologij prikazujemo podatke za vseh 16 tehnologij, v vse nadaljnje analize pa smo vključili zgolj 10 najbolj pogosto uporabljenih tehnologij, saj je pri ostalih bila pogostost rabe prenizka za bolj detajlne analize. Stopnjo rabe tehnologije smo ugotavljali glede na izkoriščanje potenciala, ki ga nudi tehnologija, z ocenami: nizka (1), srednja (2) ali visoka (3), pri čemer seveda ne gre prezreti možnosti subjektivne ocene podjetij/respondentov (Slika 1).



Slika 1: Stopnja rabe izbranih naprednih proizvodnih tehnologij

Slika 1 prikazuje, da podjetja pri večini tehnologij priznavajo, da jih ne izkoriščajo v polnem ali vsaj visokem potencialu. To kaže, da je še vedno veliko prostora za izboljšave v smislu izkoriščanja možnosti uporabe za vse obravnavane tehnologije. ERP je edina tehnologija, kjer več kot polovica proizvodnih podjetij meni, da to tehnologijo uporabljajo na visokem nivoju. Za večino drugih analiziranih tehnologij je razvidno, da so v celoti izkoriščene v manj kot polovici primerov. Lahko trdimo, da so nekatere tehnologije, kot so ERP, industrijski roboti, digitalna izmenjava podatkov, tehnologije za recikliranje in ponovno uporabo vode, že več let prisotne v proizvodnih podjetjih, in to daljše časovno obdobje ponuja boljše možnosti za njihovo uporabo na način, da izkoristijo svoj potencial.

Izračunali smo tudi povprečne vrednosti za stopnjo rabe, kjer je »nizka raba« imela vrednost 1, »srednja / delna raba« vrednost 2 in »polna / visoka raba« vrednost 3. Največjo povprečno stopnjo rabe imajo ERP sistemi z vrednostjo 2,6 (od največje možne vrednosti 3). Najnižja je, kot je bilo pričakovati, za mlajše tehnologije, kot so umetna inteligenca (1,4) in tehnologije za pretvorbo fosilnih goriv (1,67), kar dokazuje, da so te tehnologije še vedno na začetku njihove uporabe v proizvodnih podjetjih.

Če primerjamo naše ugotovitve s prejšnjim krogom raziskave, lahko jasno vidimo, da je delež podjetij, ki lahko v celoti izkoristijo potencial specifičnih tehnologij, za večino tehnologij nekoliko višji v primerjavi s prejšnjo raziskavo. To kaže na dejstvo, da imajo podjetja vse manj časa za učenje in privajanje na nove tehnologije, ter morajo njihov potencial zelo hitro izkoristiti.

#### 4 Za konec

Zavedamo se, da pri marsikateri tehnologiji ni moč pričakovati izjemno velike razširjenosti. Seveda je tudi dejstvo, da določene tehnologije gotovo niso potrebne v določenem deležu podjetij. Nekatere tehnologije pa so seveda take, da bi lahko pričakovali njihov prodor v praktično vsako podjetje (še posebej tiste iz nabora »Digitalna tovarna« in roboti). V

naslednjih prispevkih bo govora o še dodatnih vidikih rabe tokrat obravnavanih tehnologij. Našo analizo bomo dopolnili z opazovanjem rabe tehnologij glede na velikost podjetja, glede na tehnološko intenzivnost panoge, v kateri podjetje deluje, in glede na dejstvo, ali je proizvodno podjetje proizvajalec končnih izdelkov (OEM) ali dobavitelj. Prav tako bomo opazovali rabo tehnologij glede na strukturo zaposlenih, vrsto izdelkov, vrsto proizvodnje, kompleksnost izdelkov ipd. Ker je naša raziskava že šesta po vrsti, imamo možnost spremljati trende rabe izbranih tehnologij od leta 2003 do 2019. Prav tako bomo predstavili dva uporabljena koncepta za merjenje zrelosti podjetij v okviru Industrije 4.0, ki smo jih partnerji uporabili v okviru naše raziskave.

## 5 Viri

- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.
- Georgakopoulos, D., Jayaraman, P.P., Fazio, M., Villari, M., & Ranjan, R. (2016). Internet of things and edge cloud computing roadmap for manufacturing. *IEEE Cloud Computing*, 3(4) 66-73.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working Paper, Technical University of Dortmund.
- Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89(2017), 23-34.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0 – Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Communication Promoters Group of the Industry-Science Research Alliance, acatech, Frankfurt am Main.
- Kiel, D., Arnold, C., & Voigt, K.-I. (2017). The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies – A business level perspective. *Technovation*, 68(December 2017), 4-19.
- Lin, F., Chen, C., Zhang, N., Guan, X., & Shen, X. (2016). Autonomous channel switching: towards efficient spectrum sharing for industrial wireless sensor networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(2), 231-243.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6(2017), 1-10.
- McGahan, A. (2004). How industries change. *Harvard Business Review*, 82(10), 86-94.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 11(2014), 1-23.
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 1-11.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3) 811-833.
- Varghese, A., & Tandur, D. (2014). Wireless requirements and challenges in industry 4.0, in: 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), IEEE, 634-638.
- Vijaykumar, S., Saravanakumar, S. G., & Balamurugan, M. (2015). Unique sense: smart computing prototype for industry 4.0 revolution with IOT and big data implementation model. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(35) 1-4.
- Wahlster, W., Grallert, H. J., Wess, S., Friedrich, H., & Widenka, T. (Eds.). (2014). *Towards the Internet of Services: The THESEUS Research Program*, Switzerland: Springer.
- Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: a survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10 (4), 2233-2243.