

# Kako ugotoviti pripravljenost proizvodnih podjetij na Industrijo 4.0

IRT3000 – junij 2020

red. prof. dr. Iztok Palčič

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

## Povzetek

*V januarski številki revije smo v splošnem prikazali stopnjo rabe izbranih naprednih proizvodnih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih. Tokrat se bomo zgoj na tehnologije, značilne za digitalno tovarno. S pomočjo podatkov o razširjenosti teh tehnologij bomo skušali prikazati pripravljenost slovenskih proizvodnih podjetij na Industrijo 4.0. V ta namen smo v okviru največje evropske raziskave o proizvodni dejavnosti European Manufacturing Survey, ki poteka v sodelovanju 14 evropskih držav, koordinator projekta pa je slovitni Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije, razvili indeks pripravljenosti na Industrijo 4.0.*

## 1 Uvod

Proizvodnja se nenehno razvija in vključuje aktivnosti od konceptualnega razvoja izdelkov do metod in orodij, ki so na voljo za fizično proizvodnjo dobrin za uporabo ali prodajo. Tradicionalno se proizvodnja nanaša na industrijski proizvodni proces, s katerim se surovine pretvorijo v končne izdelke, ki jih je mogoče prodati na trgu. Vendar danes velja, da je proizvodnja integriran koncept na vseh ravneh od opreme preko proizvodnih sistemov do poslovne ravni [1].

Ko govorimo o proizvodnji, moramo razmišljati o proizvodnih tehnologijah, danes predvsem o naprednih proizvodnih tehnologijah (Advanced Manufacturing Technologies – AMT) in informacijsko-komunikacijskih tehnologijah (IKT). Te tehnologije so bistvena sestavina pametne tovarne, ki uporablja internet stvari (IoT) za uresničitev inteligentnih proizvodnih konceptov, kot sta npr. predvidevanje vzdrževanja ali obsežna komunikacija neposredno med stroji [2]. V pametni tovarni uporabljamo za proizvodnjo izdelkov, pretvorbo virov in implementacijo procesov kiber-fizične proizvodne sisteme (Cyber-Physical Production Systems CPPS) [3]. Digitalna tovarna je model načrtovane ali resnične tovarne. V pametni tovarni moramo digitalno tovarno, razvito med zasnovo tovarne, integrirati s pametno tovarno z njenimi podatki v realnem času [4].

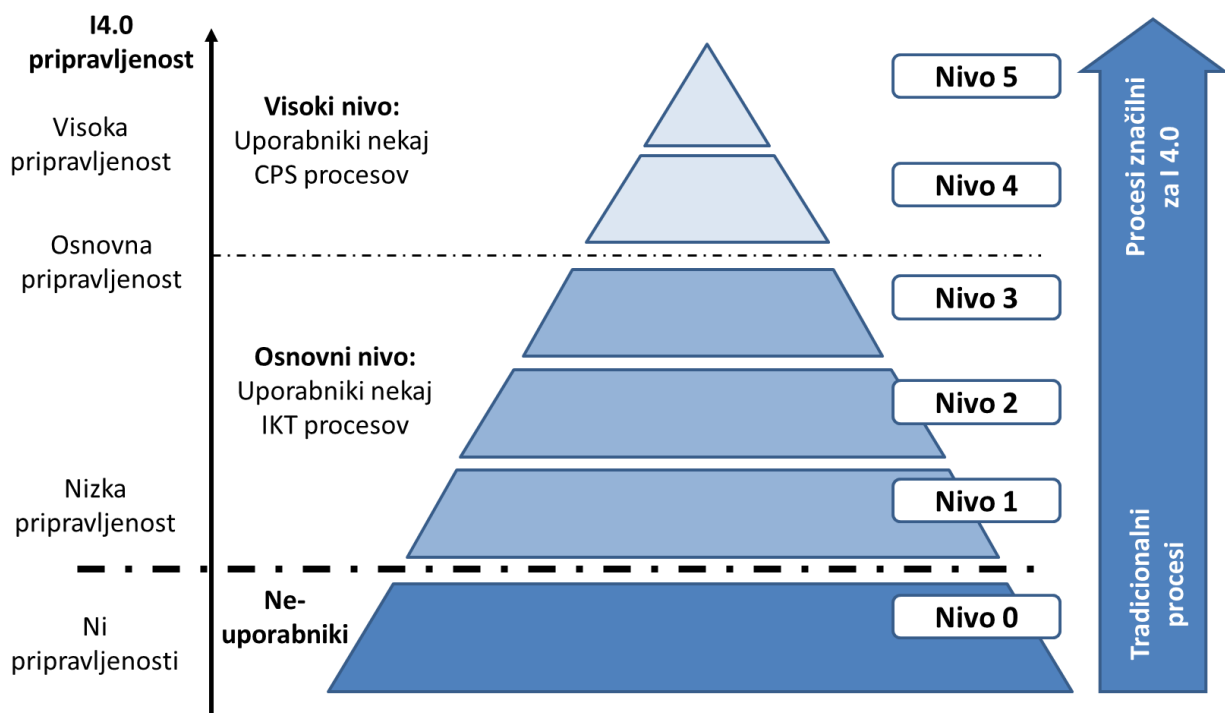
Obstaja veliko predstavnikov AMT in IKT (ki so v središču digitalne tovarne) in dejstvo je, da je razpršenost teh tehnologij močno odvisna od industrije in velikosti podjetja. Res je tudi, da vse tehnologije niso primerne za vsa proizvodna okolja. V naši EMS raziskavi smo analizirali več tehnologij s področja "digitalne tovarne", ki imajo potencial, da najdejo svojo pot praktično v vsa proizvodna okolja. Ker je koncept Industrije 4.0 relativno ohlapno opredeljen, imajo podjetja resne težave pri dojemanju celovite ideje Industrije 4.0. Ena izmed možnosti je

vpeljava modelov zrelosti in pripravljenosti na Industrijo 4.0. V preteklosti so bili predlagani nekateri modeli za določitev stopnje zrelosti podjetja, ki merijo napredek podjetja pri doseganju nivoja Industrije 4.0. Kljub temu manjka model, ki bi določal stopnjo pripravljenosti podjetja, kar je zgodnejši korak v postopku »zorenja« podjetja [5]. Posledično smo v okviru naše EMS raziskave razvili lasten indeks pripravljenosti na Industrijo 4.0, katerega avtor je koordinator projekta Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije [6].

## 2 Indeks pripravljenost in zrelosti na industrijo 4.0

Po mnenju Schumacherja in drugih [7] imajo podjetja resne težave pri dojemanju celotne ideje industrije 4.0. Ena od težav je, da težko določijo stanje razvoja v zvezi z vizijo Industrije 4.0, zato ne prepoznajo konkretnih področij zahtevanega delovanja. Da bi premagali naraščajočo negotovost in nezadovoljstvo proizvodnih podjetij glede ideje Industrije 4.0, so potrebne nove metode in orodja za zagotavljanje smernic in podpore za uskladitev poslovnih strategij in poslovanja [7]. Zato se v zadnjih nekaj letih razvijajo različni modeli zrelosti in pripravljenosti [8-12]. Razlika med pripravljenostjo in zrelostjo je: ocenjevanje pripravljenosti poteka pred vključitvijo v postopek zorenja (izhodišče), medtem ko je ocena zrelosti zajeti stanje, kakršno je, medtem ko postopek »zorenja« poteka. Žal ti modeli navadno obravnavajo zrelost in pripravljenost kot sopomenke [13], kar je še posebej težava pri opredelitvi modelov resnične pripravljenosti na Industrijo 4.0.

V nadaljevanju predstavljamo naš indeks pripravljenosti na Industrijo 4.0, katerega avtor je koordinator projekta Fraunhoferjev inštitut iz Nemčije. Slika 1 prikazuje koncept indeksa pripravljenosti, ki temelji na uporabi izbranih naprednih proizvodnih tehnologij. Za določitev indeksa pripravljenosti ni dovolj, da preštejemo tehnologije, ki jih podjetje uporablja, ampak jih je treba sistemsko prilagoditi procesom in operacijam v podjetju, spadajo pa tudi na različna tehnološka področja: digitalni sistemi upravljanja, brezžična komunikacija človeka in stroja in kibernetško-fizični proizvodni sistemi (CPS).



Slika 1: Koncept indeksa pripravljenosti na Industrijo 4.0 [6]

S predlagano klasifikacijo tehnoloških področij lahko glede na različne kombinacije rabe navedenih tehnologij razvrstimo podjetja v različne skupine glede na njihovo pripravljenost na Industrijo 4.0:

1. Ne-uporabniki tehnologij, ki še niso sploh pripravljeni na Industrijo 4.0:
  - a. Nivo 0: podjetja, ki še zmeraj težijo k uporabi starih, tradicionalnih tehnologij;
2. Osnovna pripravljenost na Industrijo 4.0:
  - a. Nivo 1 (začetniki): podjetja, ki uporabljajo tehnologije iz vsaj enega od treh tehnoloških področij;
  - b. Nivo 2 (napredni začetniki): podjetja, ki uporabljajo tehnologije iz vsaj dveh od treh tehnoloških področij;
  - c. Nivo 3 (napredni uporabniki): podjetja, ki uporabljajo tehnologije iz vseh treh tehnoloških področij;
3. Visoka pripravljenost na Industrijo 4.0:
  - a. Nivo 4: podjetja, ki uporabljajo tehnologije iz vseh treh tehnoloških področij, in vsaj dve tehnologiji iz področja kibernetiko-fizičnih proizvodnih sistemov;
  - b. Nivo 5: podjetja, ki uporabljajo tehnologije iz vseh treh tehnoloških področij, in vse tri tehnologije iz področja kibernetiko-fizičnih proizvodnih sistemov.

Z vsakim nivojem se stanje pripravljenosti na Industrijo 4.0 poveča oziroma zmanjšuje se oddaljenost do celovite mrežne oz. digitalne proizvodnje. Medtem ko na nivoju 0 ni pripravljenosti za industrijo 4.0, imajo podjetja na nivojih od 1 do 5 osnovno pripravljenost. Podjetja, ki že uporabljajo procese, povezane z IKT (nivo 1 in 2), imajo večjo oddaljenost od Industrije 4.0 kot podjetja na nivojih 3 do 5, ki že izvajajo prve elemente celovite mrežne oz. digitalne proizvodnje. Vendar tudi na nivojih 4 in 5 ni mogoče domnevati, da je bil prag za industrijo 4.0 dejansko v popolnosti dosežen. Lahko le domnevamo, da se je zmanjšala oddaljenost do celovite mrežne oz. digitalne proizvodnje. S pomočjo indeksa pripravljenosti Industrije 4.0 je mogoče preslikati spremembo od tradicionalne proizvodnje do proizvodnje blizu Industrije 4.0. Podjetja na višjem nivoju so prehod izdatneje naredila kot podjetja na nižjih nivojih [6].

### **3 Raba tehnologij digitalne tovarne v slovenskih proizvodnih podjetjih in indeks pripravljenosti**

Anketo smo opisali v prispevku iz januarске številke revije IRT3000. Spomnili bomo zgolj, da vprašalnik pošiljamo v proizvodna podjetja, ki imajo vsaj 20 zaposlenih. Na anketo odgovarjajo proizvajalci strojev in opreme, proizvajalci končnih izdelkov iz kovinsko-predelovalne industrije, proizvajalci plastičnih in gumenih izdelkov, podjetja iz industrije tekstilnih izdelkov in podjetja, ki sodijo v elektro industrijo. V zadnjo raziskavo smo vključili devet tehnologij iz skupine digitalne tovarna, pri čemer bomo v opredelitev indeksa pripravljenosti vključili sedem izmed njih. Tehnologije smo analizirali z več vidikov (Preglednica 1):

- 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.

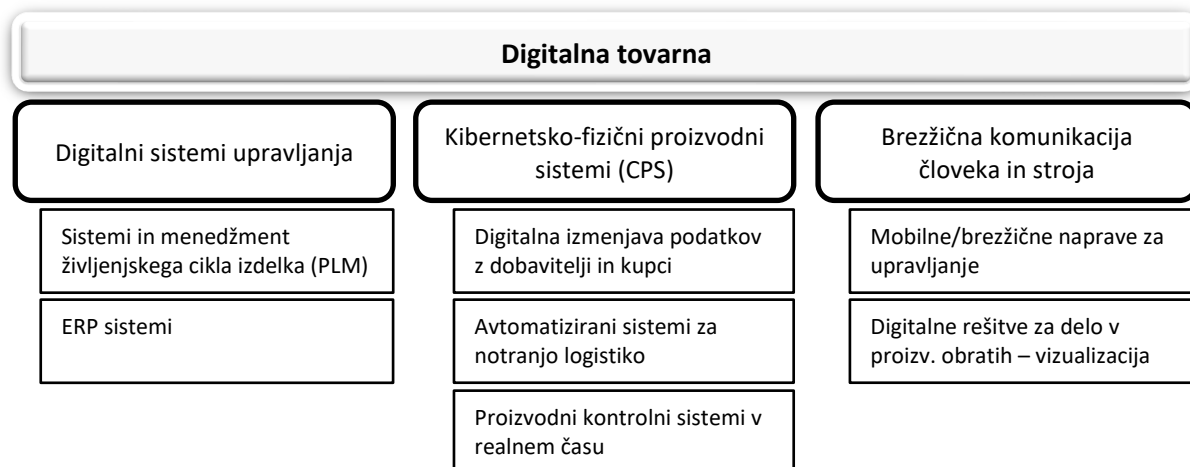
**Preglednica 1:** Delež rabe naprednih proizvodnih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih

Tehnologija	Pogostost rabe [%]	Planirana raba [%]	Leto prve uvedbe	Nadgradnja [%]
ERP sistemi	62,7	34,1	2008	43,2
Digitalne rešitve za delo v proizvodnih obratih	54,2	33,3	2010	37,5
Digitalna izmenjava podatkov z dobavitelji in kupci	51,7	22,8	2011	29,5
Proizvodni kontrolni sistemi v realnem času	39,8	28,2	2011	51,1
Mobilne/brezžične naprave za upravljanje	32,2	30,0	2011	55,3
Avtomatizirani sistemi za notranjo logistiko	20,3	23,4	2014	33,3
Sistemi in menedžment življenjskega cikla izdelka (PLM)	19,5	15,8	2012	30,4

Kot smo že omenili, smo identificirali tri tehnološka področja s pripadajočimi tehnologijami (slika 2):

1. Digitalni sistemi upravljanja – ERP sistemi in sistemi ter menedžment življenjskega cikla izdelka (PLM, PDM);
2. Brezžična komunikacija človeka in stroja: mobilne/brezžične naprave za upravljanje opreme in digitalna vizualizacija;
3. Kibernetsko-fizični proizvodni sistemi (CPS): digitalna izmenjava podatkov z dobavitelji in kupci, avtomatizirani sistemi za notranjo logistiko ter proizvodni kontrolni sistemi v realnem času.

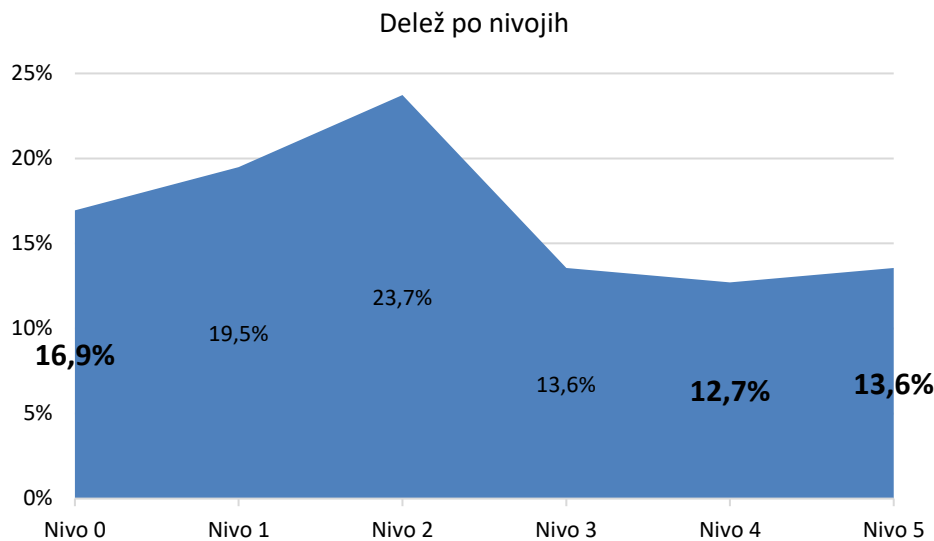
Medtem ko prvi dve tehnološki področji zajemata procese, povezane z IKT (osnovne tehnologije Industrije 4.0), vendar osamljeno ne tvorita bistva Industrije 4.0, tehnološko področje kibernetsko-fizičnih proizvodnih sistemov že izdatneje zajema celovito idejo Industrije 4.0.



Slika 2: Indeks pripravljenosti na Industrijo 4.0 z izbranimi AMT in IKT

Slika 3 prikazuje porazdelitev vseh šestih opisanih nivojev pripravljenosti na Industrijo 4.0 za slovenska proizvodna podjetja. Dokaj visok delež, približno 17 % vseh podjetij, doslej še ni implementiralo nobene obravnavane tehnologije v proizvodnji. Približno 57 % vseh podjetij že ima procese, povezane z IKT v svoji proizvodnji, in tvorijo skupino podjetij z osnovno pripravljenostjo na Industrijo 4.0. Ta osnovna skupina uporabnikov vključuje skupino začetnikov, ki uporabljajo samo tehnologije z enega tehnološkega področja (skoraj 20 %; nivo

1), napredne začetnike, ki delujejo na dveh tehnoloških področjih (skoraj 24 %; nivo 2), pa tudi že napredne uporabnike, ki združujejo tehnologije z vseh treh tehnoloških področij (skoraj 14 %; nivo 3).



Slika 3: Indeks pripravljenosti na Industrijo 4.0 v slovenskih proizvodnih podjetjih

V dveh najvišjih nivojih 4 in 5, ki tvorita skupino podjetij z visoko pripravljenostjo na Industrijo 4.0, je 26,3 % vseh podjetij. Vsako četrto podjetje je posledično dejavno na vseh treh tehnoloških področjih in ne uporablja samo procesov, povezanih z osnovnimi IKT, ampak tudi več procesov, povezanih s kibernetiko-fizičnimi proizvodnimi sistemi hkrati.

#### 4 Za konec

Pogled na slovenski proizvodni sektor kaže, da je še vedno določen delež podjetij, ki se močno zanašajo na tradicionalne proizvodne procese (ne-uporabniki). Glavna skupina slovenskih proizvodnih podjetij je počasi pričela uporabljati procese, povezane z IKT, vendar je med začetniki in naprednimi uporabniki velika razlika. Prvi so nedvomno bližje ne-uporabnikom, napredni uporabniki pa se počasi pripravljajo na vstop v najvišjo skupino. V najvišji skupini podjetja ne delujejo samo na vsakem od treh tehnoloških področij, ampak uporabljajo tudi več postopkov, povezanih s kibernetiko-fizičnimi proizvodnimi sistemi. Obstaja precejšnja pripravljenost za digitalizacijo proizvodnje, pri čemer velja, da se podjetja, ki so na nivoju 4 in 5 (dobra četrtnina podjetij), izdatno pripravljajo na proizvodnjo, povezano z Industrijo 4.0, ali jo že z veliko mero izvajajo.

Prispevek prikazuje analizo razširjenosti tehnologij digitalne tovarne v slovenskih proizvodnih podjetjih ter osnovno stanje pripravljenosti na Industrijo 4.0. V prihodnosti bomo našo analizo dopolnili z opazovanjem rabe tehnologij in indeksa pripravljenosti 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.

## 5 Viri

- [1] B. Esmaeilian, S. Behdad in B. Wang (2016) The evolution and future of manufacturing: A review, *Journal of Manufacturing Systems*, 39 : 79-100.
- [2] J. Egger in T. Masood (2020) Augmented reality in support of intelligent manufacturing – A systematic literature review, *Computers & Industrial Engineering*, 140.
- [3] M. Hermann, T. Pentek. in B. Otto (2015) Design Principles for Industry 4.0 Scenarios: A Literature Review, working paper.
- [4] N. Shariatzadeh, T. Lundholm, L. Lindberg in G. Sivard (2016) Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things, *Procedia CIRP 50 (26th CIRP Design Conference)*.
- [5] A. P. T. Pacchini, W. C. Lucato, F. Facchini and G. Mummolo (2019) The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0, *Computers in Industry* 113 : 1-8.
- [6] C. Lerch, A. Jaeger and N. Meyer (2016) I4.0-Readiness – Baden-Württemberg auf dem Weg zur Industrie 4.0?, Fraunhofer ISI working paper.
- [7] A. Schumacher, S. Erol, W. Sihn (2016) A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, *Procedia CIRP 52* : 161-166.
- [8] J. Basll, and P. Doucek (2019) A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context industry 4.0, *Information*, 10(89) : 1-13.
- [9] K. Lichtblau, V. Stich, R. Bertenrath, M. Blum, M. Bleider, A. Millack, K. Schmitt, E. Schmitz, and M. Schröter (2015) IMPULS - Industrie 4.0- Readiness, Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln, Germany.
- [10] P. A. Sarvari, A. Ustundag, E. Cevikcan, I. Kaya, and S. Cebi (2018) Technology Roadmap for Industry 4.0, In: *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer, Cham, 95-103.
- [11] L. Stefan, T. W. Wienbruch, L. D. Kreimeier and D. K. Bernd (2018) Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration approach, *Procedia Cirp 72* : 404-409.
- [12] J. Ganzarain and N. Errasti (2016) Three stage maturity model in SME's towards Industry 4.0, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(5) : 1119-1128.
- [13] A. P. T. Pacchinia, W. C. Lucatoa, F. Facchini and G. Mummolo (2019) The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0, *Computers in Industry*, 113 : 1-8.