

## IZZIVI INDUSTRIJE 4.0

Niko Herakovič  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij LASIM

### POVZETEK

*Industrija 4.0 je v zadnjem času tema, o kateri se veliko razpravlja na različnih nivojih družbe. Mnogi strokovnjaki poskušajo napovedovati rezultate 4. industrijske revolucije, ki se ne bo zgodila kot nek »Veliki pok«, ampak se nezadržno bliža in nas osvaja, ne da bi se tega dobro zavedali. Seveda pri tem obstaja nekaj razlik med Evropo in ZDA ter prednosti in slabosti na obeh straneh. O Industriji 4.0 smo začeli v zadnjem času veliko govoriti tudi v Sloveniji. Pametne tovarne so postale celo eden od stebrov Strategije Pametne Specializacije, ki jo je Slovenska vlada pred kratkim sprejela in jo bo v kratkem začela izvajati.*

### 1. UVOD

Dandanes veliko govorimo o pametnih tovarnah, pametnih izdelkih, zdravju, mobilnosti, logistiki itd., kar je nedvomno cilj proizvodnje v prihodnosti in posledica povezanega sveta.

Proizvodni procesi, ki bodo krmiljeni s pametnimi mrežami in pametnimi sistemi bodo imeli v prihodnje velik vpliv. Pametna proizvodnja bo vodena s pomočjo inteligentnih programskih orodij, ki bodo povezana s pametnimi orodji in stroji ter napravami.

### 2. Industrija 4.0 in SMLC

Industrija 4.0 je nemška državna iniciativa, ki se je začela leta 2010, prvič pa je bila javno omenjena leta 2011 na Hanovrskem sejmu. Od takrat je nemška vlada to iniciativo spremenila v Strategijo za nemška podjetja in državo kot celoto. Leto dni kasneje, leta 2012, je delovna skupina predstavila nemški vladi izhodišča in predloge za implementacijo strateške iniciative Industrija 4.0. Glavni cilji te strategije so fokusirani v ustvarjanje pametnih izdelkov, postopkov in procesov ter pametnih tovarn.

Kljub temu, da izraz Industrija 4.0 ni preveč znan izven Evrope, je bila podobna iniciativa sprožena tudi v ZDA. Imenuje se Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), njen glavni cilj je sodelovanje med poslovnimi subjekti in pametno proizvodnjo v raziskovalno razvojno orientirani industriji, da bi povečali globalno konkurenčnost.

Glavne razlike med obema iniciativama so strnjeno prikazane na sliki 1. Povzamemo lahko, da je pobudnica strategije 4.0 nemška vlada, iniciative SMLC pa velike multinacionalke.

Strategijo Industrija 4.0 je povzela in podprla tudi vsa Evropska unija s svojimi članicami, Evropska komisija pa v okviru Evropskega raziskovalnega programa Horizon 2020 strategijo I 4.0 tudi finančno podpira preko razpisov.

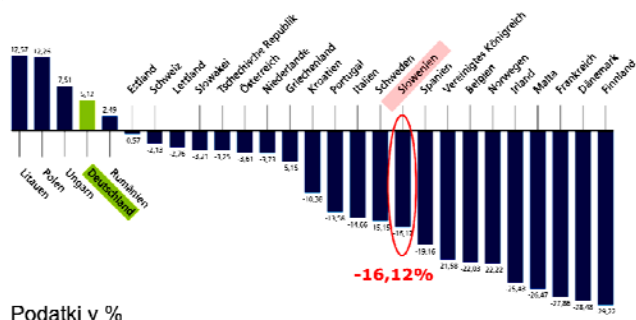
Slovenija je, kot članica EU in kot država, ki je gospodarsko tesno povezana z nemškim gospodarstvom, tudi sama sprejela to strategijo I 4.0. Integrirala jo je v lastno Strategijo pametne specializacije (SPS), ki jo bo začela uresničevati že v decembru letošnjega leta in katere cilj je ustvariti kritično maso znanja s povezovanjem in tako doseči tehnološki preboj ter posledično dvig dodane vrednosti.

Ključni avtorji	Nemška vlada	Velike multinacionalke
Glavni deležniki	Vlada, akademija, biznis	Biznis, akademija, vlada
Taksonomija revolucij	Štiri revolucije	Tri revolucije
Podporne platforme	Vladna industrijska politika	Odprto članstvo, neprofitni konzorcij
Sektorski fokus	Industrija	Proizvodnja, energija, transport, zdravstvo, mesta, kmetijstvo...
Tehnološki fokus	Koordinacija dobavne verige, vgradni sistemi, avtomatizacija, roboti	Komunikacija med napravami, tok podatkov, krmiljenje naprav in integracija, prediktivna analitika, industrijska avtomatizacija
Celostni fokus	Hardware	Software, Hardware, Integracija
Geografski fokus	Nemčija (vedno bolj tudi EU)	Globalni trg
Korporativni fokus	SME-ji	Podjetja vseh velikosti
Optimizacijski fokus	Optimizacija proizvodnje	Optimizacija dobička
Standardizacijski fokus	Po agendi	Priporočila organizacijam za standarde
Ekonomski pristop	Normativna ekonomika	Pozitivna ekonomika
Splošni poslovni pristop	Reaktivni	Proaktivni

**Slika 1:** Primerjava I 4.0 in SMLC [1]

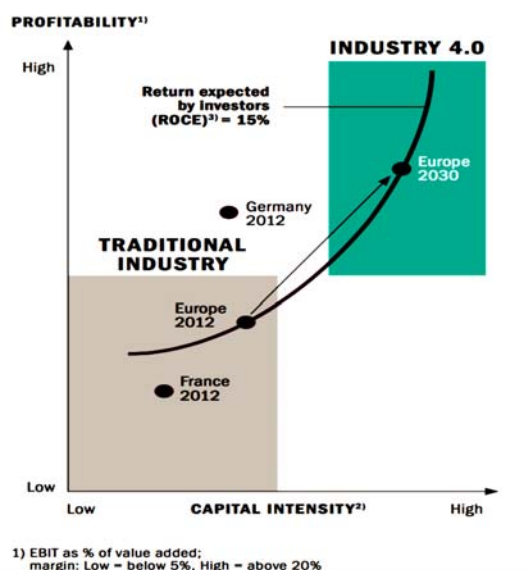
### 3. STANJE V EVROPI

Glede na raznolikost in različno gospodarsko moč držav članic Evropske unije, nekatere države bolj zavzeto podpirajo in uresničujejo strategijo Industrija 4.0 kot druge. To je povezano tudi z deležem industrije v Bruto domačem proizvodu (BDP). Na sliki 2 je prikazana rast oz. padec deleža industrije v BDP v članicah EU v letih 2001 do 2012 [2]



Slika 2: Primerjava I 4.0 in SMLC [2]

Iz grafa na sliki 2 je očitno, da je v EU le nekaj držav, med njimi predvsem Nemčija, ki jim je uspelo povečati delež industrije v BDP-ju. V Sloveniji se je ta delež zmanjšal za 16.12%. Ta podatek je tudi eden od pokazateljev za to, katere države gojijo srednje in visokotehnološka industrijska področja in so zato bolj zanimive za vlaganja podjetij.



Slika 3: Pričakovana profitabilnost Evropske industrije do leta 2030 [3]

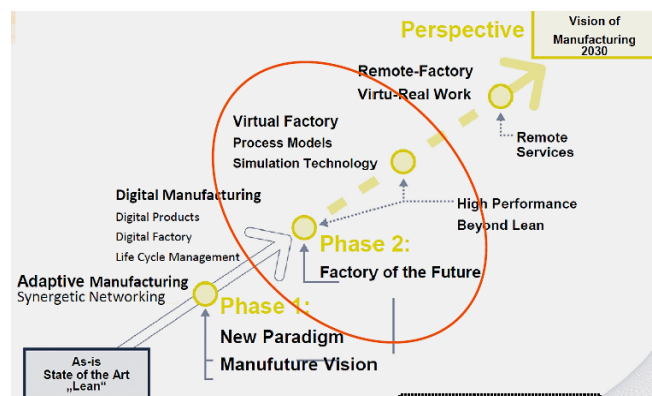
Kot je prikazano na sliki 3, je zaradi uresničevanja strategije I 4.0 pričakovano močno povečanje profitabilnosti oz. EBIT-a v EU do leta 2030 in sicer proti 20%. Pri tem je treba omeniti, da je imela Nemčija že leta 2012 visoko profitabilnost in bo le-to še povečala, kar nakazuje tudi preglednica na sliki 4. V Sloveniji lahko vsaj upamo, da nam bo strategija SPS resnično omogočila povečanje profitabilnosti, vendar je zelo pomemben način in dobronamernost njenega izvajanja.

Izbrani gonilniki konkurenčnosti posameznih držav/proizvodnje	Nemčija	ZDA	Japonska	Kitajska	Brazilija	Indija
Inovacije zaradi letenja	9.47	8.94	8.14	5.93	4.28	5.82
Blagovna menjava, finančni in davčni sistem	7.12	6.83	6.19	5.87	4.81	4.91
Strošek delovne sile in materiala	3.29	3.97	2.59	10.00	6.70	9.41
Dobavna veriga	8.96	8.64	8.03	8.25	4.95	4.82
Pravni in regulatorni sistem	9.06	8.46	7.93	3.09	3.80	2.75
Naravna infrastruktura	9.82	9.15	9.07	6.47	4.23	1.78
Stroški energije in politika	4.81	6.03	4.21	7.16	5.88	5.31
Privlačnost lokalnega trga	7.26	7.60	5.72	8.16	6.28	5.90
Zdravstveni sistem	9.28	7.07	8.56	2.18	3.33	1.00
Vladna vlaganja v proizvodnjo in inovacije	7.57	6.34	6.80	8.42	4.93	5.09

Najbolj konkurenčno (levo) do Najmanj konkurenčno (desno)

Slika 4: Rangiranje držav glede na ključne gonilnike konkurenčnosti [4]

Tudi evolucija in perspektive razvoja načina proizvodnje (slika 5) kažejo na to, da bo do leta 2030 način proizvodnje popolnoma drugačen, kot danes. Na tem mestu se je treba vprašati, kaj moramo tudi v Sloveniji postoriti, da bi naša industrija dosegla ta cilj in (po)stala konkurenčna.



Slika 5: Evolucija in perspektive proizvodnje [4]

Če pogledamo sliko 5 bolj podrobno in razmislimo o stanju razvoja industrije pri nas, so mnoga podjetja še v spodnjem delu te poti. Zato je treba še veliko narediti tudi na spremembi

miselnosti v slovenski industriji in jo močnejše povezati z Univerzami ter raziskovalnimi inštituti. Tudi zato je strategija SPS nujna in celo rečemo lahko, da že zelo zamuja. To bi morali narediti že pred leti.

#### 4. EVOLUCIJA INDUSTRIJE 4.0

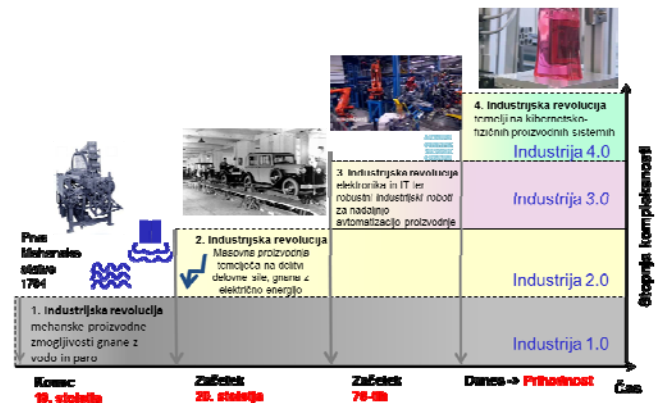
Pri današnji poplavi vsega »pametnega« lahko, kot kaže slika 6 vidimo, da imamo na eni strani t.i. »Market push«, predvsem kar zadeva osebne rabe in udobja. V okviru te strategije podjetja vsiljujejo kupce z vedno novimi izdelki, ki je vsak nekoliko bolj pameten od prejšnjega. Na drugi strani pa obstaja potreba (»Market pull«) po naprednih tehnologijah in t.i. pametni tovarnah, v kolikor želijo podjetja ostati konkurenčna. Pri tem je treba izkoristiti vse tehnologije, ki so razvite na nivoju strategije Market Push.



Slika 6: Vse postaja pametno... [5]

Ko govorimo o industriji in še posebej o proizvodnji je pomembno vedeti, kako je potekala njena evolucija in kakšno je stanje danes. V začetku je vse delo potekalo ročno s silo mišic. Od takrat je šlo človeštvo skozi mnoge spremembe, ki se dogajajo v zadnjem času z nesluteno hitrostjo in lahko tudi usodno zaznamujejo celotno človeštvo.

Najpomembnejše točke preloma v zgodovini človeštva so bile tri industrijske revolucije (slika 7). Prva industrijska revolucija se je zgodila konec 18. stoletja med leti 1760 in 1830. Uvedena je bila mehanizacija proizvodnje, kjer so stroji zamenjali ročno proizvodnjo. Parni stroji, vodna energija in premog so pomenili resnično revolucijo.



Slika 7: Vse industrijske revolucije [6]

Kmalu za tem, konec 19. in v začetku 20. stoletja se je začela 2. industrijska revolucija, znana tudi kot tehnološka revolucija. Zaznamovale so jo nove proizvodne tovarne, železarne, napredni stroji, elektrifikacija in železniška omrežja z dobro logistično podporo, še posebej pa začetek masovne proizvodnje, ki jo je uvedel Henry Ford leta 1910.

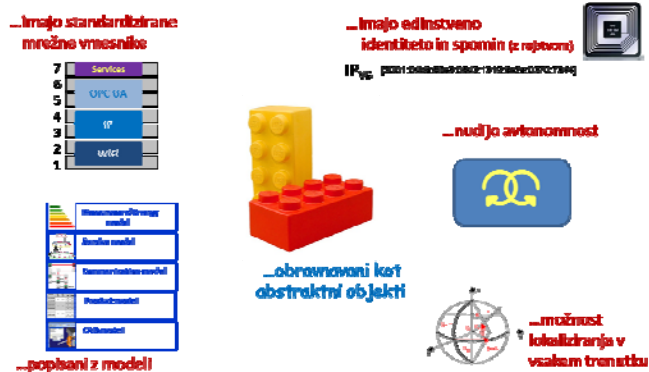
Med leti 1950 in 1970 se je zgodila 3. industrijska revolucija, znana tudi kot digitalna revolucija, ki je temeljila na digitalni tehnologiji in prvem računalniku Z1. Ta industrijska revolucija je bila tudi začetek informacijske dobe in ICT tehnologij, ki bodo imele vodilno vlogo tudi v proizvodnji prihodnosti.

Današnja vedno bolj razširjena uporaba dlančnikov in tabličnih računalnikov kakor tudi računalništva v oblaku nakazuje naslednje korake razvoja. Te tehnologije bodo vodile v 4. industrijsko revolucijo, ki jo, predvsem v Evropi, na kratko imenujemo Industrija 4.0.

#### 5. ZNAČILNOSTI IN IZZIVI I 4.0

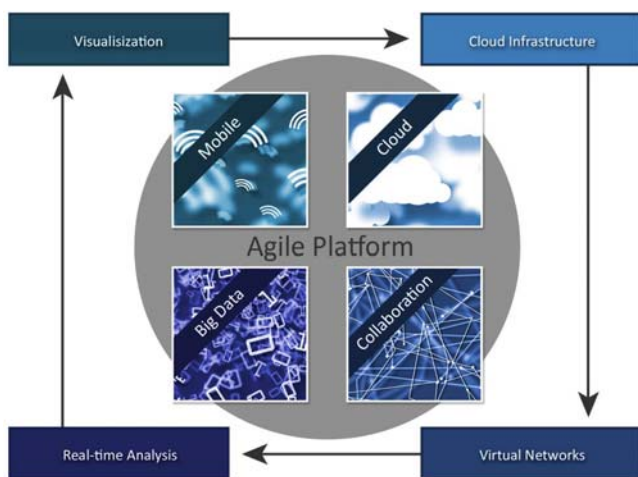
Fokus Industrije 4.0 so pametni izdelki, stroji, postopki, procesi itd. Vse skupaj lahko imenujemo z besedo Pametne tovarne, ki so ključni steber I 4.0 in bodo sposobne upravljati kompleksnosti, izdelovati dobrine z večjo učinkovitostjo in bodo manj podvržene zunanjim vplivom ter zastojem. V pametni tovarni bodo ljudje, stroji, izdelki in drugi viri komuniciral drug z drugim na način, kot to omogočajo socialna omrežja. Posebej je mogoče treba poudariti, da bodo lahko objekti v pametni

tovarni sami komunicirali s kupci in predvsem tudi z dobavno verigo in s tem močno povečali učinkovitost proizvodnega procesa ter skrajšali pretočne čase. Glavne komponente I4.0 in značilnosti pametne tovarne so prikazane na slikah 8, 9 in 10.



Slika 8: Značilnosti pametne tovarne [5]

Zaradi zgoraj opisanega bo morala imeti pametna tovarna standardizirane mrežne vmesnike, ki bodo omogočili komunikacijo, edinstveno identiteto in spomin, avtonomnost, možnost lokaliziranja v vsakem trenutku in kar je še posebej pomembno, bodo morali biti vsi procesi, postopki, izdelki, stroji in storitve popisani z modeli v digitalnem okolju.



Slika 9: Glavne komponente Industrije 4.0 [7]

Glede na izzive in potrebe, ki jih postavlja pametna tovarna, so glavne komponente I4.0 naslednje:

- Vizualizacija: ključna bo tehnologija, ki bo omogočala mobilnost. Le-ta bo zaznamovala

vsakodnevno življenje – več IP naprav kot ljudi, že leta 2013 pa je bilo več kot milijarda pametnih telefonov na svetu.

- Infrastruktura v oblaku: oblak bo zamenjal PC-je. V ZDA že več kot 67% odraslih uporabnikov interneta uporablja osebne usluge oblaka. Pri tem pa se seveda pojavlja vprašanje varnosti prenosa in shranjevanja podatkov, kar bo za preživetje posameznih podjetij, kot tudi držav, ključnega pomena, še posebej z vidika terorizma in vojne.
- Virtualne mreže: Nujna bo transformacija sodelovanja, saj bodo osnovo tvorili kibernetiko-fizični proizvodni sistemi. Povezava med virtualnim in realnim svetom bo temeljila na procesih, vgradnih sistemih, programskih komponentah, ki bodo integrirane v stroje. Roboti ne bodo prejeli ukazov od centralnega računalnika, ampak od izdelka itd.
- Analiza podatkov v realnem času: V kolikor bomo želeli doseči zanesljivo delovanje pametne tovarne, bo treba zajeti, prenesti in obdelati enormne količine podatkov v realnem času. Govorimo o tako t.i. »Big Data«. Podatki nastajajo vsepovsod. Preko 90% podatkov je bilo proizvedenih v zadnjih dveh letih. Vsi podatki pa niso nujno potrebni za npr. krmiljenje in optimizacijo proizvodnje ali za kupca itd., zato bo nujno podatke selekcionirati že na samem izvoru in preko mreže oz. oblaka prenašati le nujno potrebne podatke, ki jih lahko imenujemo tudi »Pametni podatki«.

Prednosti tehnologije pametnih tovarn bodo vsekakor naslednje:

- Komponente bodo lahko zagotavljali različni proizvajalci.
- Vse komponente bodo komunicirale z uporabo istega jezika.
- Proizvodnja se bo začela šele, ko pride ukaz.
- Kupec bo ves čas informiran o razvoju.
- V procesu proizvodnje bo natančno določeno število izdelkov.

Da bomo omogočili vse zgoraj opisano in še več, je nujno doseči premik iz centraliziranega v

decentraliziran sistem krmiljenja proizvodnje. Pri tem pa bo velik izziv predstavljala varnost podatkov, informacij sistemov itd. Treba se je zavedati, da se 4. industrijska revolucija že dogaja in ne bo nobenega Velikega poka (Big-Bang). Začela se bo potihoma.

Pametna proizvodnja prihodnosti bo torej drugačna kot tradicionalna proizvodnja. Glavne razlike obeh so zajete v preglednici na sliki 10.

Tradicionalna proizvodnja	Pametna proizvodnja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Več ročnih delovnih mest</li> <li>• Nižja produktivnost</li> <li>• Nižja kakovost izdelkov</li> <li>• Manj zahtevna, slabše plačana delovna mesta</li> <li>• Manj varni delovni pogoji</li> <li>• Večji vpliv na okolje</li> <li>• Višji proizvodni stroški</li> <li>• Toga proizvodnja</li> <li>• Daljši čas do trga</li> <li>• Sociološko- socialno optimirana (Six Sigma)</li> <li>• itd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Več avtomatiziranih delovnih mest</li> <li>• Višja produktivnost</li> <li>• Višja kakovost izdelkov</li> <li>• Bolj zahtevna, boljše plačana delovna mesta</li> <li>• Bolj varni delovni pogoji</li> <li>• Manj izgub, bolj izkoriščeni viri</li> <li>• Nižji proizvodni stroški</li> <li>• Fleksibilna proizvodnja</li> <li>• Krajši čas do trga</li> <li>• IT-optimirana (moduli, simulacija)</li> <li>• itd.</li> </ul>

Slika 10: Atributi tradicionalne in pametne proizvodnje.

## 6. ZAKLJUČEK

Industrija 4.0 ima enormen potencial za industrijo, da bosta njena proizvodnja in dobava postala bolj fleksibilna. Pri tem pa se bo treba soočiti z mnogimi izzivi. Pametne tovarne bodo omogočile proizvodnjo po želji kupca na profitabilen način, tudi če bo kupec naročil le en kos.

Tako Evropa kot ZDA sta že zgodaj prepoznali pomembnost Industrije 4.0 oz Interneta stvari za lastna gospodarstva. Novi strategiji bosta okrepili gospodarstvo in njegovo konkurenčnost in s tem zagotovili delovna mesta in visok življenjski standard. To pa je možno v veliki meri zaradi tega, ker vlagata tako EU kot ZDA velika sredstva v raziskave in razvoj.

Obe regiji imata močno industrijo in podjetja, ki so vodilna v svetu. Evropa je močnejša na področju proizvodnih tehnologij, medtem ko so ZDA močnejše na IT področju.

Glede Industrije 4.0 ima Evropa zelo dobro osnovo, ker je večina evropskih držav „posvojila“ prizadevanja nemške vlade in tudi v okviru EU

raziskovalnih programov sodelujejo pri nadaljnji izgradnji in uresnitvi te strategije.

Tudi v Sloveniji je bila pred kratkim sprejeta Strategija pametne specializacije, ki je v bistvu sestavni del Industrije 4.0. Tako se na evropski ravni ustvarja skupna identiteta in koalicije za razvoj tovarn prihodnosti.

Edini problem, ki se pojavlja, je prednost ZDA na IT področju, saj najbolj inovativna IT podjetja izhajajo iz ZDA. Zato je zaenkrat edini način premostitve tega problema sodelovanje z ameriški IT podjetji. Tu pa se pojavlja problem varnosti podatkov in zaupanja.

Uresničitev pametnih tovarn bo zahtevala enormno veliko raziskovalnega vložka, zato bo treba združiti moči in povečati kritično maso. Nujno bo potrebna podrobna standardizacija, ki bo omogočila učinkovito izrabo novih tehnologij. Z ustreznim dodatnim financiranjem, ki ga EU že zagotavlja v okviru evropskih raziskovalnih programov, bo mogoče razviti nove standarde in s tem omogočiti hitro implementacijo naslednje industrijske revolucije.

## Literatura

- [1] Bledowski, K.: The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet, 2015.
- [2] Spath, Ganschar, Gerlach, Hämmerle, Krause & Schlund: The difference of the industry share on the GDP in Europe between 2001 and 2012, 2013, p. 15.
- [3] Blanchet, Rinn, von Thade & De Thieulloy: Expected Profitability of the European Industry, 2014, p. 14.
- [4] JAYESH C S PAI: Industry 4.0: From the Internet of Things to Smart Factories, MSME TOOL ROOM, KOLKATA, 2014.
- [5] Zühlke, D.: Industry 4.0: the German vision for advanced manufacturing, Smartfactory and DFKI, 2013.
- [6] Zani, P.: Trends in global automation to year 2020, API SRL, May 31, 2013.
- [7] Goodarz, M.: Industry 4.0 and the upcoming management challenges, Axxessio GmbH, 2013