

INDUSTRIJA 4.0 –**DA LI JE ŽIVIMO U BOSNI I HERCEGOVINI ILI SAMO UČIMO O NJOJ?**

Abstrakt: Koncept Industrije 4.0 je teorijski već dobro poznat u svjetskim relacijama. Koliko on objektivno živi u poslovnom sektoru zavisi kako od zemlje do zemlje, a tako i od poslovnog sektora koji posmatramo. U tom smislu niti region Balkana pa i BiH u njemu ne zaostaje. Danas svjetski gurui nauke, a posebno influenseri protežiraju koncept Industrije 5.0. Logično se postavlja pitanje da je li to nastavak (evolucija) koncepta 4.0 ili revolucionarno ukidanje 4.0 i prelazak na 5.0. Koncept Industrije 4.0 nastao na čuvenom sajmu u Hanoveru ne tako davne 2011. godine kao „odgovor Njemačke privrede i nauke“ na stanovite „frustracije“ automobilske i metaloprerađivačkog sektora u odnosu na poslovnu filozofiju Istoka (Japan Koreja, Kina i dr.) i dijelom Sjedinjenih Američkih Država. Ono što većina autora zaboravljala kada objašnjava koncept Industrije 4.0 (Internet stvari, kibernetičko-fizički sistemi, veliki podaci, računarstvo u oblaku, aditivna proizvodnja, proširena virtualna realnost, pametne fabrike i sl.) a što ima za cilj povećanu fleksibilnost i produktivnost, izvedenu horizontalnu i vertikalnu integraciju, brzi odziv na promjene i umreženost, je faza ozbiljne i systemske digitalizacije koja najčešće nije provedena ili je tek u povoju. Da se maksimalno pojednostavi ta „falinka u procesu“ dovoljno je reći kao da gradimo kuću bez temelja. Banalizacijom digitalizacije da je dovoljno imati bar-kodove a sutra QR kod određenih poslovnih faza, se čitav proces razvoja Industrije 4.0 svodi na panel-diskusije svojstvene „Davoskom skupu mudraca“ koji koncept Industrije 4.0 rabe kao jedno od svojih razvojnih čeda te će vas brojni pretraživači odvesti upravo do njih. To u suštini značajno zamagljuje suštinu procesa digitalizacije proizvodnje koji je stariji od Industrije 4.0 a koji za uvođenje u proizvodnju traži i dosta vremena, novca i visoko-edukovanih ljudskih resursa te nestvarnu posvećenost procesu koji ne daje ni lake ni brze rezultate. U radu će se pokušati na što jednostavniji način pokazati osnovne odrednice Industrije 4.0, načini kako i do kog nivoa smo stigli do digitalizacije proizvodnje te primjene koncepta Industrije 4.0 te da se „lopta spusti i na domaći teren“ poslovanje u BiH i regiji i onoga što je danas ova poslovna filozofija. Na kraju rada postavlja se i pitanje: Ako je koncept tako savršen i barata sa milijardama podataka (Big Data) u realnom vremenu kako imamo stanovitu industrijsku krizu upravo u zemljama koje su najviše promovisale ili najdalje otišle u razvoju ovog koncepta (Njemačka, Švedska i dr.) Odnosno nije li negdje zakazala vještačka inteligencija koja se često vezuje za Industriju 4.0, neko je doživljava kao novu Industriju 6.0 (a još nismo savladali ni 4.0) a neko će reći „ništa bez onih koji rade sve to da bismo imali sve ovo.“

Ključne riječi: Industrija 4.0, evolucija, revolucija, industrijski razvoj

INDUSTRY 4.0 – ARE WE LIVING IT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA OR ARE WE JUST LEARNING ABOUT IT?

Abstract: The concept of Industry 4.0 is theoretically already well known in world relations. How much it objectively lives in the business sector depends both from country to country, and also from the business sector we are observing. In this sense, neither the Balkan region nor BiH is lagging behind. Today, world science gurus, and especially influencers, are promoting the concept of Industry 5.0. The logical question is whether it is a continuation (evolution) of the 4.0 concept or a revolutionary abolition of 4.0 and transition to 5.0. The concept of Industry 4.0 was born at the famous fair in Hanover not so long ago in 2011 as a “response of German economy and science” to certain “frustrations” of the automotive and metalworking sectors in relation to the business philosophy of the East (Japan, Korea, China, etc.) and part of the United States of America. What most authors forget when explaining the concept of Industry 4.0 (Internet of Things, cyber-physical systems, big data, cloud computing, additive manufacturing, augmented virtual reality, smart factories, etc.) and which aims at increased flexibility and productivity, performed horizontal and vertical integration, rapid response to changes and networking, is a phase of serious and systemic digitalization that is usually not implemented or is still in its infancy. To simplify this “error in the process” as much as possible, it is enough to say that we are building a house without a foundation. By banalizing digitization that it is enough to have barcodes and tomorrow QR codes for certain business phases, the entire process of Industry 4.0 development is reduced to panel discussions characteristic of the “Davos gathering of sages” who use the concept of Industry 4.0 as one of their development children, and numerous search engines will take you right to them. In essence, this significantly obscures the essence of the digitization process of production, which is older than Industry 4.0, and which requires a lot of time, money and highly educated human resources to introduce in production, as well as unreal dedication to the process, which does not give easy or quick results. The paper will try to show in the simplest possible way the basic determinants of Industry 4.0, the ways and to what level we have reached the digitization of production and the application of the concept of Industry 4.0 and to “drop the ball on the home field” business in BIH and the region and what this business philosophy is today. At the end of the paper, the question arises: If the concept is so perfect and deals with billions of data (Big Data) in real time, how do we have a certain industrial crisis precisely in the countries that promoted the most or went the furthest in the development of this concept (Germany, Sweden, etc.) That is, has artificial intelligence, which is often associated with Industry 4.0, failed somewhere? all this in order to have all this.”

Keywords: Industry 4.0, evolution, revolution, industrial development

1. UVOD

Tokom svog razvoja čovječanstvo je prošlo kroz mnoge tehnološke evolucije. Po uobičajenom posmatranju, evolucije se smatraju prelazima koji nastupaju postepeno, a kada dođe do značajne promjene, tada se ovi prelazi označavaju kao revolucije. Ove revolucije mogu trajati godinama, pa i decenijama, i ne podrazumijevaju nužno degradaciju prethodnog stanja. Za većinu ovih revolucija možemo reći da su podstaknute razvojem novih tehnologija, novih ideja ili politika u određenom području. Industrija 4.0 je novi koncept poslovnog razvoja i poboljšanja životnih uslova koji integriše proizvodnju, proizvode, tržište i potrošače koristeći najbolje informacijske i komunikacijske tehnologije. Glavni cilj I-4.0 je ispunjavanje i prilagođavanje proizvoda željama kupaca, što utiče na razne aspekte kao što su organizacije, razvoja, proizvodnje i recikliranja proizvoda. S obzirom na to da je došlo do povećanja količina proizvoda koji su morali biti individualno prilagođeni svakom kupcu, uveden je koncept masovnog prilagođavanja. Upravo zbog tih trendova došlo je do značajnog skoka u procesu proizvodnje, koji zahtijeva veću proizvodnost, kvalitetu proizvoda i zadovoljstvu kupca.¹ Koncept I-4.0 nastao na čuvenom sajmu u Hanoveru ne tako davne 2011. godine kao „odgovor njemačke privrede i nauke“ na stanovite „frustracije“ automobilske i metaloprerađivačkog sektora, u odnosu na poslovnu filozofiju istoka (Japan, Koreja, Kina i dr.) i dijelom Sjedinjenih Američkih Država. Ovaj koncept predstavlja podsticaj razvoja industrije automatizacijom procesa proizvodnje korištenjem svih modernih proizvodnih sredstava nazvanih kibernetičko-fizičkim sistemima.² Već se pojavljuje i novi koncept - Industrija 5.0. Za razliku od prethodnih industrijskih revolucija, gdje je postojao veliki inovativni skok, I-5.0 se u velikoj mjeri oslanja na I-4.0 te nastavlja trend bržeg napretka koji je započela I-4.0. Osim što prepoznaje potencijal I-4.0, Industrija 5.0 prepoznaje potencijal industrije da postane održiv izvor prosperiteta usklađivanjem proizvodnje s ekološkim ograničenjima te stavljanjem dobrobiti zaposlenika na prvo mjesto.³

2. RAZVOJ INDUSTRIJSKIH KONCEPATA

U razvoju industrijske proizvodnje, uglavnom postoji opšta saglasnost o četiri industrijske revolucije. Revolucionarne tehnološke inovacije poput otkrića parne mašine, električne energije, pokretnih traka u serijskoj proizvodnji vozila, automatizacije procesa i slično, omogućile su značajan napredak u produktivnosti. Industrija 1.0, bolje poznata kao Prva industrijska revolucija, vezuje se za kraj 18. vijeka i predstavlja početak ozbiljne sistemske proizvodnje i prelazak sa zanatskog na industrijski koncept, prvu smislenu upotrebu tehnologije i mašina za povećanje efikasnosti u proizvodnji. Kraj devetnaestog vijeka karakteriše razvoj Industrije 2.0 čije su glavne odrednice izum i masovna proizvodnja čelika, izum električne energije i elektrifikacija, razvoj savremenog koncepta željeznica, unutrašnjeg i vanjskog transporta, linije za serijsku proizvodnju u automobilske industriji, čime se bitno mijenja i pozicija i uloga

1 Ivan Movre: Prikaz i usporedba koncepata Industrije 4.0 i Industrije 5.0; Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:170351>; datum preuzimanja: 05.02.2025.

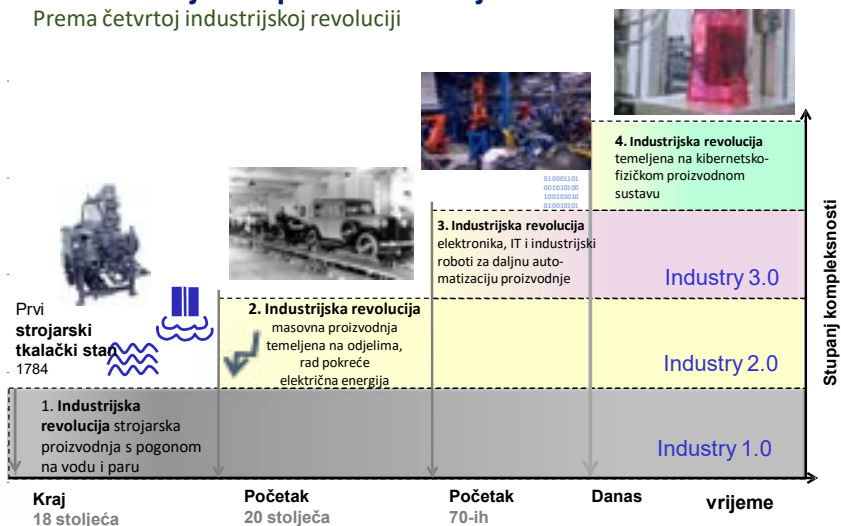
2 Nikolić, G., Je li industrija 5.0 odgovor na industriju 4.0 ili njen nastavak? Politehnika i Dizajn, 2018.

3 Trstenjak, Maja, et al. "Integrated Multilevel Production Planning Solution According to Industry 5.0 Principles." Applied Sciences 14.1, 2023

zaposlenih u fabrikama, kao i traženi način školovanja te potrebnih znanja i kompetencija. Koncept I-2.0 je aktivno razvijan do pedesetih godina XX vijeka kada počinju intenzivnija istraživanja i razvoj kompjuterskih tehnologija. Treća industrijska revolucija (Industrija 3.0) karakteriše drugu polovinu XX vijeka i najznačajniji elementi koji karakterišu ovaj koncept su: digitalizacija proizvodnje, primjena kompjuterskih i numeričkih tehnologija (CNC), razvoj i primjena robota i robotizacija proizvodnje. Kako je već naglašeno I-4.0 je novi koncept privrednog razvoja, poboljšanja životnih uslova i cirkularne privrede. Ona integriše široki spektar aktera koristeći najbolje informacijske i komunikacijske tehnologije (Internet stvari, veliki podaci, saradnja u realnom vremenu i dr.). Glavni cilj I-4.0 je postavljanje kupca na prvo mjesto – od kvaliteta procesa i proizvoda, prilagođavanja proizvoda željama kupaca, razvoj različitih sistema pristupa kvalitetu, logistici i drugim procesima. Sve to utiče na razne aspekte poput poslovne organizacije, razvoja, proizvodnje i recikliranja proizvoda, a sa druge strane, zbog tih trendova, došlo je do zahtjeva za veću proizvodnost, kvalitet proizvoda i zadovoljstvo kupca. Kako je već rečeno prvo pominjanje I-4.0 vezuje se za sajam u Hanoveru 2011. godine, a već 2013. godine zabilježeni su prvi istraživački projekti. Jedan od prvih naučnih radova na temu I-4.0 smatra da je koncept I-4.0 predstavljen s ciljem autonomije mašina, a time i autonomije samog procesa.⁴

Od Industrije 1.0 prema Industriji 4.0:

Prema četvrtoj industrijskoj revoluciji



Slika 1. Pregled industrijskih revolucija u istorijskom konceptu

(Izvor: I.Veža/M.Crnjac: KORACI PREMA INDUSTRIJI 4.0: HRVATSKA PROIZVODNA INDUSTRIJA; Konferencija ANUBIH, 2022)

Danas svjetski gurui nauke, ali posebno influencersi, protežiraju koncept Industrije

⁴ Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0“, Heilmeyer und Sernau Gestaltung, 2013.

5.0. Logično se postavlja pitanje da li je to nastavak (evolucija) koncepta 4.0 ili revolucionarno ukidanje 4.0 i prelazak na 5.0. Industrija 5.0 stavlja naglasak na ponovnu integraciju ljudi u proizvodne procese te naglašava važnost saradnje između ljudi, mašina i računarskih sistema kako bi se postigla najveća učinkovitost i fleksibilnost.⁵ Također, treba naglasiti da niti jedan dosadašnji koncept neke industrijske revolucije nije ukinuo ili zaustavio razvoj prethodne industrijske revolucije. Tako da i danas imamo npr. preplitanje koncepata Industrije 3.0 i Industrije 4.0. ili pristupa iz Industrija 1.0 i 2.0 koji aktivno žive u industrijskim sektorima.

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE INDUSTRIJE 4.0

Iako je od prve pojave termina I-4.0 prošlo tek malo više od decenije, to nije sprečilo naučnike i privrednike širom svijeta da daju svoja brojna viđenja, objave, brojne naučne i stručne radove i ponude vrlo različite „definicije“ termina (koncepta) I-4.0. Naravno, naučnici će se teško ikada usaglasiti oko jedinstvene definicije I-4.0 koja bi svima bila zadovoljavajuća. U radu grupe autora iz Njemačke, koju predvodi prof. Lasi, I-4.0 se smatra novom vizijom proizvodnog okruženja bez ljudi, sastavljenog od proizvoda, inteligencije, komunikacije između mašina i umrežavanja.⁶ Detaljnije viđenje I-4.0 daje rad Oztemela koji tvrdi da će roboti postati dominantniji u proizvodnji, da će autonomni sistemi donositi više samostalnih odluka, procesi će biti više koordinirani, te će se problemi rješavati bez ljudske intervencije. Takva pametna proizvodnja (SMART) trebala bi poboljšati učinkovitost prikupljanja i analize podataka, učiniti sisteme i procese dosljednijim, snažnijim i agilnijim, te stoga donijeti učinkovitije poslovne modele.⁷

Kada se govori o nekim poslovnim modelima, koji su razvijeni na premisama I-4.0, bitno je naglasiti da pojedini autori preferiraju pristupe koji isključuju čovjeka iz proizvodnih procesa dok je kod drugih on i dalje bitan dio procesa. No, primijećeno je da u dinamičnim radnim okruženjima I-4.0 zaposlenici moraju biti fleksibilni, te moraju biti sposobni na brzu adaptaciju na sve situacije u kojima se potencijalno mogu pronaći.

S obzirom na ova tumačenja I-4.0, može se zaključiti da je polazišna ideja I-4.0 zamisao da svi objekti u fabrici međusobno komuniciraju i razmjenjuju informacije. Najbitnije stavke su da poslovni procesi budu fleksibilni i visoko produktivni, da se postigne što veća raznolikost proizvoda te da se zadovolje i pojedinačni zahtjevi kupaca. Od inženjera se očekuje da budu uključeni u cijeli životni vijek proizvoda, od početne ideje do kraja životnog vijeka proizvoda (Product Life Time Management). Tokom životnog vijeka, proizvod koji je rezultat I-4.0, trebao bi biti u stanju slati velik broj podataka svome proizvođaču, te na temelju tih podataka proizvođač zna koja poboljšanja su potrebna u budućnosti (npr. daljinski koncept praćenja stanja automobila nove generacije, održavanje mašina u fabrikama na daljinu i dr.).

Većina autora je saglasna da su najvažniji elementi (moduli, komponente) industrije

5 Zizic, M.C.; Mladineo, M.; Gjeldum, N.; Celent, L. From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies* 2022.

6 Lasi, H., Fetteke, P., Kemper, H. G., Feld, T., and Hoffmann, M. "Industrie 4.0". *Wirtschaftsinformatik*, 2014.

7 Oztemel, E., and Gursev, S. "Literature review of Industry 4.0 and related technologies". *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2020.

4.0: Internet stvari (*Internet of Things - IoT*), pametna fabrika (*Smart factory*), kibernetičko – fizički sistemi (*Cyber – physical systems*), veliki podaci (*Big Data*), računarstvo u oblaku (*Cloud computing*), sigurnost računarskih sistema (*Cyber Security*), roboti-coboti, računarske simulacije, aditivna proizvodnja, proširena stvarnost i dr.

Internet stvari (IoT) je globalna mreža međusobno povezanih objekata koji se oslanjaju na standardne komunikacijske protokole. Pojednostavljeno rečeno, to obuhvata umrežene sve mašine i uređaje u tvornici koji omogućavaju kontrolu kvaliteta, upravljanje proizvodnjom i zalihama, upravljanje/optimizacija potrošnjom energije, upravljanje radom zaposlenih, upravljanje održavanjem i sl.

Kibernetičko–fizički sistemi (CPS) su integrisani sistemi koji objedinjuju računarske, komunikacijske i fizičke komponente kako bi omogućili pametnu i autonomnu kontrolu u stvarnom vremenu. Sve mašine, uređaji, postrojenja i materijali su opremljeni senzorima i međusobno povezani komunikacijskim tehnologijama.

Pametna fabrika (*Smart Factory*) je jedan od sinonima za koncept I-4.0 i predstavlja kompleks veza koji koristi digitalne tehnologije, Internet stvari, ali i nekih drugih tehnologija poput umjetne inteligencije i robota, a sve sa svrhom poboljšanja efikasnosti i produktivnost operacija.

Industrija 4.0 operiše sa obiljem podataka (Veliki podaci – *Big Data*) pa su u tom kontekstu prikupljanje i sveobuhvatna evaluacija podataka iz različitih izvora, uključujući opremu za proizvodnju i sisteme, kao i sisteme za upravljanje fabrikom i korisnicima, postavljeni kao standard kako bi se podržalo donošenje odluka u stvarnom vremenu.

Računarstvo u oblaku (*Cloud Computing*) predstavlja model koji pruža resurse poput pohrane podataka, mrežnih resursa, softvera i analitičkih alata putem Interneta.

Aditivna proizvodnja (*Additive Manufacturing*) kroz svoje brojna tehnološka rješenja i izvedbe ima veliki značaj za razvoj koncepta u personalizaciji proizvoda, primjeni ekstremno brzih rješenja kod zastoja i otklanjanja kvarova te primjene u nekim oblastima koje nemaju veze sa proizvodnjom (umjetnost, graditeljstvo, medicina i dr.)

Simulacije raznih vrsta – od simulacije procesa proizvodnje, dizajna i razrade funkcija proizvoda do sigurnosti proizvoda su zauzele svoje značajno mjesto u konceptu I-4.0.

Proširena stvarnost (*Augmented reality*) jedna je od tehnologija koja ima važnu ulogu u konceptu I-4.0, doprinoseći obuci radne snage, praćenju performansi sistema, održavanju itd. Načini na koje se proširena stvarnost implementira u industriji odnosi se uglavnom na obuke i simulacije, servise i održavanje, povećanje učinkovitosti proizvodnje te navigacija i praćenje inventara.



Slika 2. Komponente-stubovi Industrije 4.0

Današnji teoretičari koncepta Industrija 4.0 operišu sa više od 40 tehnoloških stubova (modula) ovog koncepta i stalno se rađaju novi.

4. OCJENA STANJA PRIMJENE KONCEPTA U BIH, SRBIJI I HRVATSKOJ

Jedan od ciljeva I-4.0 je visoko-fleksibilna, individualizirana, masovna proizvodnja s malo škarta gdje kupac dobiva proizvod "skrojen po njegovoj mjeri" za relativno nisku cijenu. Što se tiče proizvodnog procesa, naglasak je na transformaciji proizvodnih procesa pomoću samoučenih i automatiziranih mašina (Autonomous Production Cells) kako bi se poboljšala učinkovitost proizvodnje (fleksibilnost, produktivnost i sl.). To uključuje praćenje podataka o proizvodnom procesu u stvarnom vremenu kao i praćenje statusa i položaja proizvoda kroz cijeli poslovni ciklus, koji rezultira potpunom kontrolom nad procesima. Dakle, to danas nije samo proizvodni nego kompletan poslovni process uključujući i marketing, menadžment, integralnu logistiku, održivu privredu i dr.

Na bazi široko razvijene mreže fabrika (metalski, drvoprerađivački, procesni i dr.sektori) sa kojima Univerzitet u Zenici i njegov Centar za inovativnost i preduzetništvo (CIP UNZE) sarađuje, u prilici smo iznijeti dosta relevantnih podataka o stanju firmi u BiH i šire kada je u pitanju primjena koncepta I-4.0. Naravno ovo je naš pogled na stanje stvari u BH privredi i poslovnom sektoru te brojnih projekata, dualne nastave koju godinama provodimo, mreže alumnija sa kojima sarađujemo, brojnih intervjua i drugih korištenih metoda za ocjene. Tako možemo reći da se metalski sektor prosječno nalazi u ocjenama 1,80-2,50, drvoprerađivački i industrija namještaja (1,50-2,30), procesna industrija (prehrambeni sektor 2,20-2,60, farmacija 2,40-2,80, prerada sirovih materijala 2,20-2,80 i dr.), sektor logistike (2,50-3,10) itd. Istraživanja koja trenutno radimo pomoći će nam da dođemo do kvalitetnijih rezultata, ali ne na bazi online upitnika, nego kolaborativne saradnje sa firmama. Iako ne možemo reći da postoje "fabrike bez ljudi" u BiH, kakve su danas prisutne u svjetskoj ekonomiji, to ipak s dosta sigurnost i tačnosti se može reći da brojne fabrike primje-

njuju veliki broj odrednica koncepta I-4.0. Ovakva primjena dijelom je nastala kao rezultat know-how tehnološkog transfera iz matičnih kompanija koje se nalaze vani (Mann-Hummel, Heidelberg Materials, Alloy-Wheels, Arcelor Mittal, Selzer i dr.), a s druge strane rezultat je vlastitih napora i znanja fabrika iz našeg podnevlja (Pobjeda, GS TM, InterProcess, Feal, Violeta, AS grupacija, Madi, Ovako, i dr.)

Jedan od ključnih problema koji koči fazu potpune primjene koncepta I-4.0 je nedovoljno ili površno provedena faza digitalizacije iz I-3.0. Naime, proizvođači i vlasnici fabrika su veoma brzo iz faze konvencionalnih mašina pedesetih godina (I-2.0 i I-3.0) prešle na CNC i CAD tehnologije iz faze I-3.0, ne povezujući tehnološke faze obrada i dizajna sa drugim fazama životnog ciklusa proizvoda sa kojim I-4.0 aktivno živi. Neke od industrijskih oblasti, koje su bile u velikom zaostatku, od sektora metaloprerađivača kao npr. drvoprerađivača i finalne tehnologije proizvodnje u drvenoj industriji (namještaj, dijelovi enterijera i eksterijera i sl.), te npr. sektor prehrambenih tehnologija, su napravili veliki iskorak ka I-4.0 kupovinom vrlo skupe inostrane opreme, mašina i ICT. Tako danas veliki broj fabrika u tim oblastima imaju razne mašine za laserske tehnologije ili višeosne CNC obrade, a mašine se u realnom vremenu i daljnji nadgledaju i održavaju od proizvođača opreme. Takođe i aditivne tehnologije (3D skeniranje, printanje i dr.) su stigle opremom i znanjima na fakultete (know-how kroz programe mobilnosti) čak i prije nego se počelo govoriti o konceptu I-4.0 u svijetu. Nažalost, ozbiljna industrijska primjena u BiH je još uvijek samo sporadična. U istaživanjima koja su provedena na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu tokom 2022. godine na uzorku od 47 proizvodnih firmi, a po istom upitniku koji je korišten i u Hrvatskoj tokom istraživanja iz 2019. godine, dobijena je prosječna ocjena od 2,19, što ukazuje na veliku sličnost u postignućima kompanija u BiH i Hrvatskoj (tada ocjena 2,15 u Hrvatskoj). Samo jedna od kompanija je imala zbirni skor od 3,5 (njemačko vlasništvo, 500+ zaposlenih) što ukazuje na visok nivo primjene koncepta I-4.0.⁸ Veći broj radova i konferencija na temu I-4.0 urađeno je na ANUBIH. Tu posebno ističemo istraživanja akademika Karabegovića i značaju primjene u domeni robotike u konceptu I-4.0.⁹

U Hrvatskoj, u višegodišnjem projektu Razvoj inovativnog pametnog poduzeća (IN-SENT –Innovative Smart Enterprise), koji je završen 2018. godine, a u cilju sagledavanja postignuća hrvatskih kompanija u razvoju primjene Industrije 4.0 tokom 2015. godine poslali su upitnici na e-mail adrese 1946 hrvatskih preduzeća sa namjerom dobijanja relevantnih odgovora kao i provođenja intervjuisanja. Odgovorilo je 161 preduzeće (cca 8% od ukupnog broja poslanih upitnika) od čega je 79% dalo svoje identifikacijske podatke, a 21% je tražilo da ostane anonimno. U strukturi anketiranih firmi od 5-9 zaposlenih je 14% firmi, 10-49 zaposlenih 39%, 50-249 zaposlenih 30% i više od 250 zaposlenih 17%. Među brojnim rezultatima koje daje ovo istraživanje izdvojiti ćemo podatak da prema stepenu industrijske zrelosti nijedno preduzeće nema zrelost veću od 3,5, odnosno ne nalazi se u području Industrije 4.0. Bitno je naglasiti da je u ovom istraživanju učestvovalo i 8 vrlo reprezentativnih preduzeća iz BiH (FEAL-Široki Brijeg,

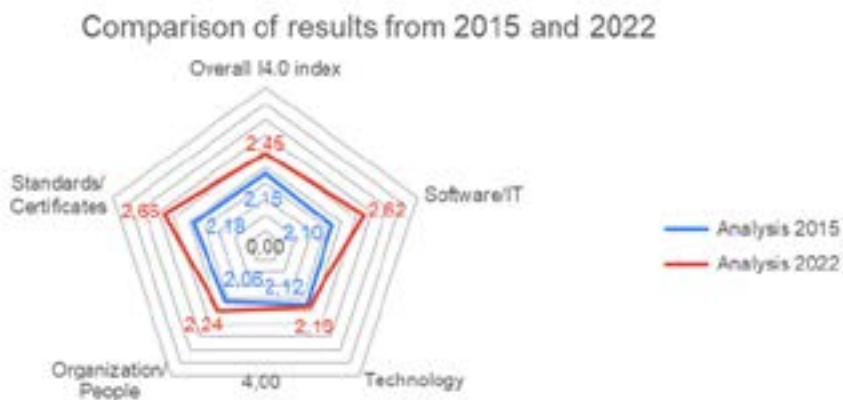
8 H.Bajrić, B.Vučijak, E.Kadrić, A.Andeć: Benchmarking of BiH and Croatia Manufacturing Industry and Industry 4.0; TEM Journal, Volume 10, Issue 3

9 I.Karabegović: Aplikacija industrije 4.0 – prilika za novi iskorak u svim industrijskim granama, <https://bastina.anubih.ba/items/ef639a0f-0fbc-42af-b6aa-71bcfe482b1d>

GrafotisaK-Grude, Jajce Alloy Wheels, Violeta-Grude, Weltplast-Posušje, Miviko-Po-sušje, Presal Extrusion i TEM-Mandeks-Široki Brijeg) tako da u velikoj mjeri ove rezultate možemo sa dosta tačnosti smatrati relevantnim i za BiH.

Ovo istraživanje u manjem obimu provedeno je ponovo 2022. godine kada su anketirane odabrane firme metaloprerađivačkog sektora i sektora mašingradnje, industrije plastike i drvoprerade. U maju 2022. na online upitnik "Hrvatska proizvodna industrija u konceptima Industrija 4.0/5.0" odgovorile su 63 firme naspram 155 u 2015. godini. No, bitno je naglasiti da je dostava upitnika i prikupljanje odgovora 2022. trajalo samo 15 dana naspram 3 mjeseca, kako je to bilo 2015. godine. Ovim je "ispunjena" i važna crta I-4.0 brzina povratnih informacija kao dio cjelokupnog sistema I-4.0. Izostavljene su kompanije prehrambenog sektora, farmaceutske industrije i procesiranja mineralnih sirovina. Također, bitno je naglasiti teritorijalnu raspoređenost kompanija za analize jer je Hrvatska podjeljena u 4 EU NUTS 2 regije koje jasno preferiraju određene privredne djelatnosti (npr. turizam, prehrambene tehnologije, ICT i sl.).

Iz sumarnih rezultata upitnika iz 2015. i 2022. godine, vidljiv je napredak anketiranih firmi u Hrvatskoj sa prosječne ocjene 2.15 na 2.45 (slika 3). No, i dalje najveći broj firmi u Hrvatskoj živi i radi po odrednicama koncepta Industrije 2.0. Značajno je veći broj onih koje su unutar koncepta I-3.0, a tek poneka u I-4.0. Ono što autori ovog istraživanja posebno naglašavaju jeste odsustvo primjene važnog dijela I-4.0, a to je Lean koncept i aspekti stalnog poboljšanja poslovnih procesa, kao element čiji značaj firme u Hrvatskoj još uvijek ne shvataju i slabo primjenjuju.



Slika 3. Prosječna ocjena istraživanja primjene elemenata koncepta I-4.0 u firmama u Hrvatskoj¹⁰

Na bazi dugogodišnje tradicije kvalitetnog obrazovanja na mašinskim, elektrotehničkim i ekonomskim fakultetima u Beogradu, Nišu i Kragujevcu, kao i šireg poslovnog viđenja, koje je protežirao Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu u Srbiji, urađeno je dosta na sistemskom razvoju i implementaciji Industrije 4.0. U domeni

¹⁰ M.Mladineo, L. Celent, V. Milković, I. Veža : Current State Analysis of Croatian Manufacturing Industry with Regard to Industry 4.0/5.0; Machines 2024, 12, x. <https://doi.org/10.3390>

koja konvergira ovom radu, najveći pomak u oblasti tehnoloških procesa je svakako učinio Mašinski fakultet Beograd sa rješenjima koja su primjenjivana kako u praksi, tako i u razvoju vlastitih laboratorija baziranih na I-4.0 i održavanju nekoliko svjetski reprezentativnih konferencija na ove teme. U domeni proizvodnog i poslovnog procesa, te drugih stubova I-4.0, najveći doprinos dali su FTN Novi Sad i Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu (posebno domene Lean, TQM, menadžment lanca snabdijevanja i dr.).

Ne treba zaboraviti da je snažan razvoj u primjeni koncepta I-4.0 u Srbiji dao regionalno najjači pristup promovisanja direktnih stranih investicija, a posebno kompanija iz Njemačke (zaposleno više od 87 000 radnika), Kine, Italije i dr. U prvom periodu, ove kompanije su dominantno dolazile zbog jeftine radne snage, dok je danas situacija takva da su tu i brojne visokotehnološke kompanije, posebno iz sektora IKT i razvoja novih proizvoda, u nekim vrlo interesantnim sektorima. Kroz razvoj naučno-tehnoloških parkova u svim većim univerzitetskim centrima u Srbiji, napredak ka punoj primjeni koncepta I-4.0 doživljava, već danas, svoj snažan zamah. Srbija je bila domaćin 5 velikih svjetskih konferencija i izdanja Zbornika iz domena I-4.0, kao što su: AMP 2018-Model for Advanced Manufacturing, Zbornik 4. konferencije o Industriji 4.0 AMP-2019, te AMP-2020, koje je vodio prof. dr Yun Ni, voditelj sekcija o I-4.0 na Svjetskom ekonomskom forumu u Davosu. Tu su 35. panel (sa Slovačkom, Njemačkom i SAD-om) na temu I-4.0, kao i rad na Nacionalnoj strategiji-platfomi za razvoj ove industrije do 2030. godine. U ovoj platformi se predviđa povećanje udjela industrijskog sektora sa sadašnjih 13% na 30% GDP u 2030., značajno povećanje izvoza "pametnih" proizvoda, redukcija standardizovanog i slabo plaćenog rada te značajni rast IKT sektora. Platforma razvoja I-4.0 bazirana je na obrazovanju i obukama, rastu učešća u lancu vrijednosti a posebno MSP. IKT i njeni derivati moraju biti osnova za I-4.0, te se razvoj I-4.0 mora se bazirati na CPS sistemu i centrima izvrsnosti u mašinskom inženjerstvu, te razvoju inovativnih poslovnih modela za I-4.0.¹¹ Također, otvoren je i akreditovani master studij na Mašinskom fakultetu u Beogradu sa odrednicom I-4.0.

5. KRATKO POREĐENJE INDUSTRIJE 4.0 I INDUSTRIJE 5.0

Proučavajući najvažnije karakteristike oba koncepta, može se zaključiti da su Industrija 4.0 i Industrija 5.0 postavljene na gotovo istim osnovama. Oba koncepta su naime bazirana na ciljevima unapređenja proizvodnje kroz integraciju tehnologija i inovacija u svim aspektima, od pripreme i planiranja proizvodnje, integralne logistike, pa sve do prodaje, a sve s ciljem povećanja produktivnosti, fleksibilnosti i ekonomičnosti. Oba koncepta koriste napredne tehnologije poput Interneta stvari, umjetne inteligencije, analitike podataka, robotike i još mnoge druge, kako bi se poboljšali industrijski procesi. Sljedeća zajednička karakteristike je da oba koncepta promovišu povezanost među dijelovima proizvodnje kako bi se omogućila bolja komunikacija, koordinacija i prikupljanje podataka. Obje industrije teže potpunoj digitalizaciji proizvodnih procesa, a to uključuje upotrebu digitalnih tehnologija za praćenje, upravljanje i optimizaciju proizvodnje. Uloga inovacija u proizvodnji još je jedna zajednička odrednica oba

¹¹ Majstorović V., Mitrović R., Mišković Ž.: Industry 4.0 in Serbia – State of Development; Serbian Journal of Management; 17 (1) 2022, 5-14

koncepta. Bilo da se radi o automatizaciji, pametnim mašinama ili personalizovanim rješenjima, oba koncepta naglašavaju uvođenje inovacija. Oba koncepta su otvorena za promjene, prepoznaju dinamičnost tržišta i potrebu za brzim prilagođavanjima promjenama, otvoreni su za nove metode rada kako bi se bolje nosili s izazovima. Povećana sigurnost radnika, radnih mjesta i povjerljivih podataka svakako je pri vrhu liste prioriteta za oba koncepta. Korištenjem pametnih senzora, analizom rizika i sigurnosnih sistema žele se spriječiti moguće nezgode na radnom mjestu. Svakako na umu treba imati i sigurnost povjerljivih podataka koji mogu biti izloženi hakerskim napadima ako nisu zaštićeni na pravi način. Tu je i smanjenje operativnih troškova kroz efikasnije korištenje resursa i smanjenje gubitaka u proizvodnji. Ispunjenje želja kupaca još je jedna stavka kojoj teže oba koncepta.

Tri glavne karakteristike na kojima počiva I-5.0 su održivost, otpornost i usmjerenost na čovjeka i upravo to su glavne razlike u odnosu na I-4.0. Može se uočiti kako je I-5.0 puno više fokusirana na čovjeka i na njegovo vraćanje u centar proizvodnog procesa. Kako je rečeno ranije I-4.0 je usmjerena na potpuno automatiziranje procesa i smanjenje ljudske interakcija, dok je potpuno drugačija priča kod I-5.0 koja promoviše saradnju između ljudi i tehnologija. Limitiranost obima ovog teksta sprečava dalje komparativne analize ova dva koncepta. U tom smislu, u najkraćem može se zaključiti kako I-4.0 ima cilj postići potpunu digitalnu transformaciju i povećati učinkovitost kroz automatizaciju dok I-5.0 kao glavni cilj vidi postizanje uravnoteženog sistema gdje ljudi i tehnologije zajedno rade na poboljšanju proizvodnje imajući na umu smanjenje utjecaja na okoliš.¹²

Jasno je da je globalna pandemija virusa COVID-19 dala „vjetar u leđa“ svima koji su i ranije tvrdili da I-4.0 „zaboravlja“ čovjeka. Evidentni zastoji u evropskim industrijskim sistemima, pucanje lanaca snabdijevanja i isporuke i raspad integralne logistike, koji su pokazali da problem može biti i obični toaletni papir ili maska za lice, te su doveli kreatore poslovnih konceptata pred nepreskočivu barijeru. U tom smislu je bila i reakcija Evropske komisije 2021. godine koja je objavila kompletno novi pristup sadržan u Industriji 5.0 koji je u centar pažnje postavio čovjeka, otpornost i održivost.



Slika 4. EU koncept Industrije 5.0: čovjek u centru pažnje, otpornost i održivost

¹² Movre I.(2024): Prikaz i usporedba konceptata Industrije 4.0 i Industrije 5.0; Završni rad na prvom ciklusu studija Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu; Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:170351>; Datum preuzimanja: 05.02.2025.

4. UMJESTO ZAKLJUČKA

Industrija 4.0 već odavno nije pojam koji se zasniva na teoriji ili predviđanjima nego je zaživjela u mnogim fabrikama širom svijeta. Jasno je da ona ne negira prethodne industrijske revolucije nego je njihov prirodni nastavak (evolucija). U mnogim dje-latnostima fabrika ili širih poslovnih sistema žive i dalje prethodni koncepti. Da bi implementacija Industrije 4.0 bila moguća, potrebno je ispuniti neke preduslove kao što su umreženost, digitalizacija, dobro školovana radna snaga, snažan marketing i menadžment i slično. Industriju 4.0 karakterišu napredne proizvodne tehnologije koje omogućuju praćenje svih proizvodnih procesa i međusobnu komunikaciju pod-sistema s ciljem stvaranja autonomnih sistema bez prisustva čovjeka. Broj radnika značajno se smanjuje, a i struktura zaposlenika se mijenja, traže se nova znanja, prije svega iz područja programiranja, kompjuterskih tehnologija i robotike. S druge strane, Industrija 5.0 nastoji vratiti čovjeka natrag u proizvodne procese, te time rješava problematiku povezanu s konceptom Industrije 4.0. Može se reći da je ključni aspekt ravnoteža između svih bitnih segmenata, ali je uvijek čovjek u središtu procesa.

Inovacije u tehnologiji su nezaustavljive, brze i traže konstantnu potrebu za una-pređenjem i učenjem. Od teškog i fizičkog rada u Industriji 1.0, čovjek je svojim znanjem i potrebom za što produktivnijim radom napredovao do Industrije 2.0 u kojoj je mašinski rad postao dominantan. Kompjuterske tehnologije (CNC mašine i ICT) i robotizacija značile su već da se bližimo konceptu 4.0 koji teži saradnji između čovjeka i robota ostvarenog kroz I-3.0.

Danas, dekadu poslije prvih ozbiljnijih radova i rezultata, koji su odslikali koncept I-4.0, sa velikom sigurnošću možemo predviđati da će do 2030. godine I4.0 potpuno pokrivati rad za: a) „pametni“ (smart) dizajn, planiranje proizvoda i tehnologije; b) pametne mašine; c) nadzor i upravljanje tehnološkim i proizvodnim operacijama, održavanjem i terminiranjem proizvodnih sistema; d) upravljanjem-menadžmentom i e) ukupnim terminiranjem-dispečiranjem sa sensorima u svim dijelovima procesa i razvijenim upravljačkim algoritmima.¹³

LITERATURA

1. Ivan Movre: Prikaz i uspordba koncepata Industrije 4.0 i Industrije 5.0; Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:170351>; datum preuzimanja: 05.02.2025.
2. Nikolić, G., Je li industrija 5.0 odgovor na industriju 4.0 ili njen nastavak? *Politehnika I Dizajn*, 2018.
3. Trstenjak, Maja, et al. "Integrated Multilevel Production Planning Solution According to Industry 5.0 Principles." *Applied Sciences* 14.1, 2023
4. Kagermann H., Wahlster W., Helbig. J., „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0“, Heilmeyer und Sernau Gestaltung, 2013.
5. Zizic, M.C.; Mladineo, M.; Gjeldum, N.; Celent, L. From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies* 2022
6. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., and Hoffmann, M. "Industrie 4.0". *Wirtschaftsinformatik*, 2014.

¹³ 2030 Vision for Industrie 4.0 – Shaping digital ecosystem globally, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMI), Berlin 2019, www.bmwi.de (pristup decembar 2024)

7. Oztemel, E., and Gursev, S. "Literature review of Industry 4.0 and related technologies". Journal of Intelligent Manufacturing, 2020.
8. H.Bajrić, B.Vučijak, E.Kadrić, A.Anđelić: Benchmarking of BiH and Croatia Manufacturing Industry and Industry 4.0; TEM Journal, Volume 10, Issue 3, Pages 1064-1071;
9. I.Karabegović: Aplikacija industrije 4.0 – prilika za novi iskorak u svim industrijskim granama; <https://bastina.anubih.ba/items/ef639a0f-0fbc-42af-b6aa-71bcfe482b1d>; Preuzeto sa *Bastine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine*
10. Majstorovic V., Mitrović R., Mišković Ž.: Industry 4.0 in Serbia – State of Development; Serbian Journal of Management; 17 (1) 2022, 5-14.
11. M.Mladineo, L. Celent , V. Milković, I.Veža : Current State Analysis of Croatian Manufacturing Industry with Regard to Industry 4.0/5.0; Machines 2024,
12. 2030 Vision for Industrie 4.0 – Shaping digital ecosystem globally, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMI), Berlin 2019, www.bmwi.de (pristup decembar 2024)
13. Karabegović I., Majstorović V.: Industrija 4.0 – Digitalna transformacija oblikuje budućnost; ANUBIH, 2024. Sarajevo-Bihać.
14. Karabegović I.: Industrija 4.0 u okviru industrije BiH: web ANU BIH.