

# INDUSTRIJA 5.0 IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

---

**Aralica, Karlo**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:735022>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-09**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

# INDUSTRIJA 5.0 IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU

---

**Aralica, Karlo**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:735022>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-10**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski studij sigurnosti i zaštite

Karlo Aralica

**INDUSTRIJA 5.0 IZ PERSPEKTIVE  
ZAŠTITE NA RADU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional graduate study of Safety and Protection

Karlo Aralica

**INDUSTRY 5.0 FROM THE  
PERSPECTIVE OF SAFETY AT WORK**

Final paper

Karlovac, 2022

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski studij sigurnosti i zaštite

Karlo Aralica

# **INDUSTRIJA 5.0 IZ PERSPEKTIVE ZAŠTITE NA RADU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
dr. sc. Damir Kralj, prof. v. š.

Karlovac, 2022.

## **PREDGOVOR**

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno služeći se stečenim znanjem i navedenom literaturom.

Želio bih se zahvaliti mentoru dr.sc. Damiru Kralju, profesoru visoke škole, na pomoći pri pisanju diplomskog rada, smjernicama i savjetima. Isto tako, hvala svim kolegama Veleučilišta u Karlovcu na podršci i prenesenom znanju tijekom studiranja.

Hvala mojoj obitelji i bližnjima na potpori bez kojih ovaj uspjeh ne bi bio moguć.

## SAŽETAK

Predmet ovog rada je približiti i analizirati pojam Industrije 5.0 te povezati ga s gledišta zaštite na radu. Isto tako usporediti koncepcije Industrije 4.0 i Industrije 5.0 te dati kratki povijesni pregled industrijskih revolucija. U radu iskazujemo prednosti koje donose Industrija 5.0 te definiramo nove pojmove koji se pojavljuju s dolaskom novih tehnologija poput: virtualne stvarnosti, horizontalne i vertikalne integracije, pametne tvornice, računalstvo u oblaku i internet stvari. Objašnjavamo kako i na koji način Industrija 5.0 je humanija i kako vraća čovjeka u središte proizvodnog procesa. Održivost, otpornost i usmjerenost na čovjeka, glavne su značajke Industrije 5.0, pa ih detaljnije objašnjavamo i definiramo. Obrađeni su i projekti vezani za Industriju 5.0, od kojih su neki u procesu, a neki završeni. Definirani su idući koraci koji slijede za Industriju 5.0, a pažnja je pridana i položaju Republike Hrvatske u Europskoj Uniji, te je iskazana procjena spremnosti Republike Hrvatske i ostalih zemalja, za izazove koje donose buduće proizvodnje.

Ključne riječi: Industrija 5.0, Industrija 4.0, industrijska revolucija, virtualna stvarnost, pametne tvornice, usmjerenost na čovjeka, održivost, otpornost

## SUMMARY

The subject of this work is to approach and analyze the concept of Industry 5.0 and connect it from the point of view of safety at work. Also, compare the concepts of Industry 4.0 and Industry 5.0 and give a brief historical overview of industrial revolutions. In the paper, we present the advantages brought by Industry 5.0 and define new terms that appear with the arrival of new technologies such as: virtual reality, horizontal and vertical integration, smart factories, cloud computing and the Internet of Things. We explain how and in what way Industry 5.0 is more humane and how it returns humans to the center of the production process. Sustainability, resilience and human orientation are the main features of Industry 5.0, so we explain and define them in more detail. Projects related to Industry 5.0 were also discussed, some of which are in the process and some of which have been completed. The next steps for Industry 5.0 were defined, and attention was paid to the position of the Republic of Croatia in the European Union, and an assessment of the readiness of Republic of Croatia and other countries for the challenges that future production will bring.

Key words: Industry 5.0, Industry 4.0, industrial revolution, virtual reality, smart factories, human orientation, sustainability, resistance

**SADRŽAJ**

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA</b> .....	1
<b>PREDGOVOR</b> .....	2
<b>SAŽETAK</b> .....	3
<b>SADRŽAJ</b> .....	4
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA</b> .....	3
2.1. Prva industrijska revolucija .....	3
2.2. Druga industrijska revolucija .....	5
2.3. Treća industrijska revolucija .....	7
2.4. Četvrta industrijska revolucija .....	8
2.4.1. Internet of Things .....	12
2.4.2. Virtualna stvarnost.....	16
2.4.3. Big data.....	16
2.4.4. Pametna tvornica .....	17
2.4.5. Horizontalna i vertikalna integracija .....	19
2.4.6. Cloud computing .....	20
<b>3. PETA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA (INDUSTRIJA 5.0)</b> .....	22
3.1. Povezanost Industrije 4.0 i Industrije 5.0 .....	23
3.2. Istraživanja i inovacije .....	24
3.3. Definiranje Industrije 5.0 .....	27
3.4. Pristup usmjeren na čovjeka.....	28
3.4.1. Nova uloga za radnika u industriji.....	29
3.4.2. Sigurno radno okruženje .....	33
3.4.3. Vještine, usavršavanje i prekvalificiranje .....	36
3.5. Prednosti za industriju .....	38
3.5.1. Privlačenje i zadržavanje talenata .....	38
3.5.2. Učinkovitost resursa za održivost i konkurentnost .....	39
3.5.3. Povećana otpornost .....	40
<b>4. OSTVARIVANJE INDUSTRIJE 5.0</b> .....	42
4.1. Radnik u središtu procesa.....	43
4.2. Održivost .....	44
4.3. Elastičnost .....	45



4.4. Idući koraci za Industriju 5.0.....	46
4.5. Industrija 4.0 i Industrija 5.0 u Republici Hrvatskoj.....	47
4.6. Projekti vezani za Industriju 5.0.....	50
5. ZAKLJUČAK.....	53
6. LITERATURA.....	54
7. PRILOZI.....	58
7.1. Popis slika.....	58
7.2. Popis tablica.....	59

## 1. UVOD

Pojam industrijske revolucije definiramo kao povijesni period u kojemu se dogodilo brza i nagla promjena u načinu proizvodnje, a započela je u Engleskoj između 1750. i 1760. godine. Isto tako označava skokovitu promjenu koja značajno utječe na život ljudi, mijenjajući društvene i socijalne odnose, obrazovni sustav, a ako se odnosi na industriju onda donosi značajne promjene tehnologije, procesa i načina rada.

Trenutno možemo reći da se nalazimo u Industriji 4.0 koja je, 2011. godine, inicirana od strane Njemačke, a predstavlja poticaj razvoju industrije automatizacijom procesa proizvodnje korištenjem svih modernih proizvodnih sredstava. Ta sredstva integriraju računalnu tehniku, prijenos i obradu podataka te suvremene mehaničke sustave. Ipak, 2015. godine, pojavljuje se novi pojam Industrija 5.0, odgovor na Industriju 4.0. Koncept Industrije 5.0 uglavnom je usmjeren na integraciju ljudi koji rade uz robote i Internet of things (IoT) (hrv. internet stvari) uređaje u automatiziranim industrijskim okruženjima. Za razliku od Industrije 4.0. koja se uglavnom bavila korištenjem robota i pametnih strojeva za maksimalnu učinkovitost i visoke performanse u proizvodnji, Industrija 5.0 usredotočena je na ljudski potencijal i kako se najnovije tehnologije IoT i big data (hrv. veliki podaci), mogu iskoristiti za osnaživanje ljudskog rada i sposobnosti. Industrija 5.0 jasno ukazuje da sigurnost i dobrobit radnika nisu samo osiguranje fizičkog zdravlja na radnom mjestu, već i mentalnom zdravlju, autonomiji, dostojanstvu i privatnosti ljudi. Nove tehnologije ne smiju potkopati temeljna prava pojedinca. Krenemo li s pravom filozofijom, mobilna tehnologija i industrija 5.0 nude nam priliku za sigurnija i produktivnija radna mjesta zahvaljujući povezanom radniku.

Cilj ovog rada je detaljnije približiti pojam Industrije 5.0 te prikazati na koji način utječe na zaštitu zdravlja radnika i zaštitu okoliša. Analiziramo karakteristike Industrije 4.0 i pomaka koje donosi Industrija 5.0 te njihove razlike, povezanosti kao i utjecaj na status radnika iz perspektive zaštite na radu. Isto tako, ukazati na prednosti koje Industrija 5.0 donosi radnicima i industriji. Kroz ovaj rad naglašavamo kako je radnik u središtu procesa proizvodnje. U industrijskom kontekstu to znači da se tehnologija, koja se koristi u proizvodnji, prilagođava potrebama radnika u industriji, umjesto da se radnik kontinuirano prilagođava tehnologiji koja se stalno razvija.

Osnovna metoda istraživanja u ovome radu je analiza dostupnih pisanih i mrežnih izvora iz određenih povijesnih područja, područja zaštite na radu te ekonomskih, statističkih i

informatičkih područja. Prikupljene informacije potkrepljene su i vlastitim iskustvima ubrzane digitalne transformacije tijekom pandemije COVID 19 u Hrvatskoj i svijetu.

## **2. POVIJEST INDUSTRIJSKIH REVOLUCIJA**

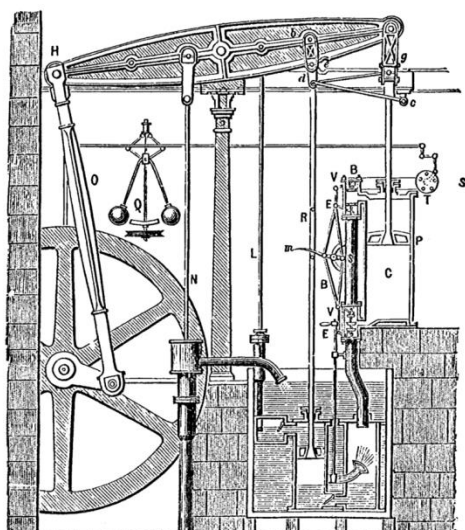
### **2.1. Prva industrijska revolucija**

Prije prve industrijske revolucije većina ljudi je živjela u ruralnim, malim zajednicama, dok se svakodnevna egzistencija bazirala na uzgoju poljoprivrednih proizvoda. Život prosječne osobe bio je poprilično težak zbog malih primanja i čestih oboljenja. Ljudi su sami proizvodili većinu potrebne hrane, odjeće i alata. Proizvodnja se odvijala u kućama ili malim ruralnim trgovinama, a koristili su se ručni alati ili vrlo jednostavni strojevi.

Prva industrijska revolucija započela je krajem 18. stoljeća u Velikoj Britaniji, jer je u to vrijeme Velika Britanija posjedovala goleme količine ugljena i željezne rude. Isto tako u tom vremenskom periodu Velika Britanija je bila relativno stabilno političko društvo koje je imalo brojne kolonije. Upravo te kolonije služile su joj kao izvor sirovina, ali isto tako i kao tržište za dobivene proizvode. Potražnja za proizvodima s vremenom je rasla i javila se potreba za porastom mehanizacije, pojave tvorničkog sustava odnosno uvođenja industrijalizacija.

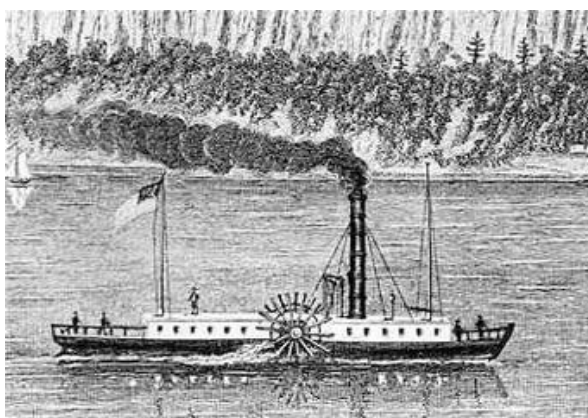
Među najrazvijenijim industrijama bila je tekstilna industrija i u njoj se prvoj javila potreba za industrijalizacijom. Potražnja za gotovim proizvodima bivala je sve veća pa se moralo naći učinkovitiji i brži način proizvodnje. Dakle, dolazilo je do zamjene manufakture strojevima. Jedan takav stroj bio je stroj za pređenje koji je izumio James Hargreaves. [1]

Međutim, stroj koji je obilježio i pokrenuo prvu industrijsku revoluciju bio je parni stroj. Njegov izum započeo je Thomas Newcomen 1712. godine kada je korišten poglavito za ispumpavanje vode iz rudnika. Parni stroj je doradio i usavršio James Watt 1769. godine (slika 1) koji se počeo koristiti za pokretanje drugih strojeva u industriji, ali i kao pogonski stroj brodova (slika 2) i lokomotiva (slika 3). Samim time počeo se pojačano razvijati promet i prijevoz sirovina te gotovih proizvoda. Od toga trenutka parni stroj koji je bio pokretač prve industrijske revolucije postao je i okosnica energetike. [1]

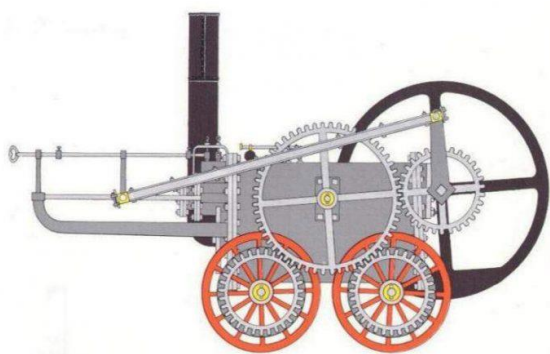


Slika 1. Crtež iz 1774. godine prikazuje parni stroj [2]

Prva industrijska revolucija je donijela veću količinu i raznolikost proizvoda, ali je isto tako podigla i životni standard mnogim ljudima, poglavito srednjim i višim klasama. Život siromašne i radničke klase nije se previše promijenio. Plaće onih koji su radili u tvornicama su bile niske, a radni uvjeti teški i opasni. Ljudi koji su prije prve industrijske revolucije radili u poljima u neposrednoj blizini domova sada su svakodnevno putovali na posao. Osim mjesta rada promijenilo se i vrijeme rada. Tijekom industrijske revolucije ljudi su imali točno određeno radno vrijeme kroz cijelu godinu, a ne samo sezonski (prije industrijskih revolucija uglavnom radili po cijele dane tokom ljetnih mjeseci dok su im zimska razdoblja bila puno mirnija). Razvojem industrije javila se potreba i za drugačijim radnim vještinama kako bi radnici bili uspješni u izvršavanju svojih dužnosti. [1]



Slika 2. Prvi parobrod Roberta Fultona [3]



Slika 3. Prikaz prve parne lokomotive [4]

Također, područja u kojima su se nalazile tvornice postala su prenaseljena zbog stalnog priljeva novih radnika. Međutim, poseban problem predstavljao je onečišćen zrak i ne higijenski uvjeti života koji su uzrokovali razvoj mnogih bolesti. [1]

Da bi zaštitila izvoz svojih tehnologija i kvalificiranih radnika, Velika Britanija je donijela i odgovarajuće zakone. Međutim, industrijalizacija se iz Velike Britanije proširila na Belgiju, Francusku, Njemačku te u konačnici i na Sjedinjene Američke Države. Do početka 20. stoljeća Amerika je postala vodeća svjetska industrijska nacija. [1]

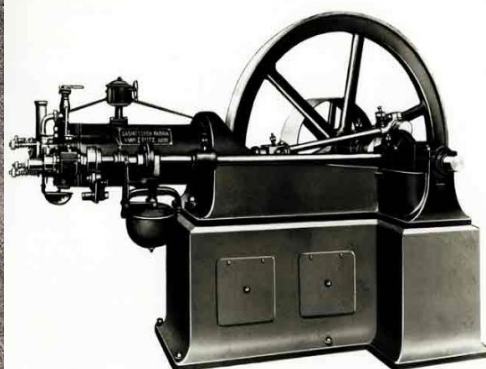
## 2.2. Druga industrijska revolucija

Druga industrijska revolucija započela je u razdoblju između 1870. – 1914. godine i traje do danas. Poznata je i pod nazivom tehnološka revolucija zbog brojnih tehnoloških izuma.

Druga industrijska revolucija je doba u kojemu su znanost i tehnologija postale međusobno neodvojive, u kojemu je osmišljen suvremeni proces istraživanja i razvoja i u kojemu se znanost utemeljila kao neophodna za proces gospodarskog rasta i razvitka. Do svih poznatijih otkrića druge industrijske revolucije došlo se u vrlo kratkom vremenskom periodu: otkriće telefona 1876. godine koje se pripisuje Alexandru Grahamu Bellu (slika 4), Bessemerov proces proizvodnje čelika iz 1856. godine te izum benzinskog Otto motora (slika 5). [5]



Slika 4. Prvi telefon Alexandra Grahama Bella [6]

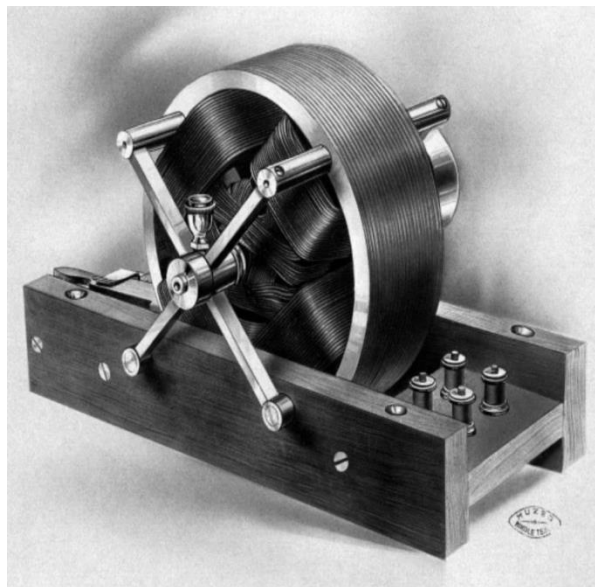


Slika 5. Prvi benzinski Otto motor [7]

Međutim, glavni pokretač druge industrijske revolucije predstavlja izmjenični polifazni sustav koji je izumio Nikola Tesla. Tesla je izumom izmjeničnog generatora, visokonaponskog transformatora i asinkronog motora stvorio uvjete za prijenos električne energije na daljinu i tako omogućio da se tvornice ne moraju više graditi blizu izvora energije, nego se mogu graditi na mjestima gdje postoji radna snaga. Upravo ta činjenica je omogućila sve veću proizvodnju energije i njezin prijenos na veće udaljenosti.

Tesla je osmislio sustav za generiranje, prijenos i korištenje izmjenične struje, što je dalo pravi poticaj drugoj industrijskoj revoluciji. Bilo je to monumentalno postignuće, koje je danas u osnovi nepromijenjeno. Kada je uveo sustav za generatore izmjenične struje, transformatore, motore (slika 6), žice i svjetla, postalo je jasno da je izmjenična struja budućnost distribucije električne energije. Izmjenična struja mogla se prenositi na velike udaljenosti pri visokim naponima, a zatim se prikladno spustiti na niske napone za korištenje u kućama i tvornicama.

[8]



Slika 6. Prikaz Teslinog indukcijskog motora [9]

### 2.3. Treća industrijska revolucija

Treću industrijsku revoluciju nazivamo i digitalnom industrijskom revolucijom, a pojavljuje se dvadesetih godina 20. Stoljeća. Temelji se na kompjuterizaciji, korištenju informatike, elektronike, biotehnologije itd. Ključnu ulogu ima visoka stručna sprema, prometne pogodnosti i troškovi proizvodnje. U drugoj industrijskoj revoluciji naglasak je na masovnoj proizvodnji dok je kod treće naglasak na prilagodbi proizvoda kupcima prema njihovim željama i potrebama.

Glavna orijentacija bila je sve veći stupanj korištenja solarne energije. Sve se više iskorištava u Njemačkoj, SAD-u i Kini. Najvažniji izumi treće industrijske revolucije su pametni softveri, roboti, 3D pisači i još mnogo toga što internet omogućuje. Isto tako, novi materijali za nove proizvode su otporniji, lakši i dugoročniji. Najveći doprinos od digitalizacije imali su mediji. Ipak, kao i prethodne dvije industrijske revolucije i treća ima svoje negativne posljedice.

Nova digitalna tehnologija povećava potražnju, povećava dostupnost na tržištu, otvara nova tržišta, povećava obujam proizvodnje te olakšava oglašavanje. Negativna strana je što u određenim djelatnostima rad postaje nepotreban. Umjesto ljudskog rada koriste se strojevi i računala što dovodi do povećanja broja potrebnih radnika. Radna mjesta se sele u urede iz tvorničkih hala. Isto tako pada važnost uloge cijene rada. U bogate zemlje se vraća proizvodnja kako bi tvrtka što prije udovoljila svojim kupcima. [10]

U Japanu se razvija sustav *just in time* (hrv. točno na vrijeme) čime se proizvodi više ne proizvode za skladište već za točno određenu količinu, cijenu i kvalitetu koje tržište traži. Sustav je smanjio troškove proizvodnje, vrijeme dostave i neučinkovitost dostave te se ostatak kapitala može uložiti u nešto drugo. Isto tako sustav zahtjeva kupnju dijelova po malo.

Najvažniji elementi za uspješnu provedbu strategije proizvodnje *just in time* (hrv. točno na vrijeme) :

- Predanost vrhunske upravljačke strukture
- razvijati i implementirati kontinuirani program edukacije zaposlenika na svim razinama
- izrada priručnika za politiku JIT-a i izrada priručnika za izradu JIT-a
- preoblikovati organizaciju kako bi bila fleksibilna i dinamična za dopuštanje JIT-a kroz sustav



- razvijanje i održavanje kruga JIT-a koji uključuje ključne predstavnike skupina zaposlenika
- održavanje učinkovitog komunikacijskog i kontrolnog sustava kako bi se omogućio povratak i kontrola na svim razinama organizacije i sve kroz okruženje za nabavu, proizvodnju i distribuciju

Cilj sustava just in time (hrv. točno na vrijeme) je brz protok proizvoda kroz lanac nabave, a to se postiže:

- uklanjanjem prepreka
- smanjivanjem vremena pripreme
- smanjivanjem razine zaliha na minimum
- uklanjanjem otpada i grešaka [11]

## **2.4. Četvrta industrijska revolucija**

Pretpostavke za četvrtu industrijsku revoluciju intenzivno se razvijaju početkom 2000-ih godina. Termin i koncepcija „Industrija 4.0“, kao nova strategija razvoja Njemačke industrije, predstavljena je na Hannover Messe 2011. i najavljena kao početak nove četvrte industrijske revolucije. Prikazana je kao sredstvo povećanja konkurentnosti njemačke proizvodne industrije kroz sve veću integraciju "kibernetičko-fizikalnih sustava" (Cyber-Physical System - CPS) u tvorničke procese. Najnovija, znanstveno-tehnološka revolucija naziva se još i postindustrijsko razdoblje. Temelji se na razvoju softvera s visokom tehnologijom i na robotizaciji, točnije na digitalizaciji cijele proizvodnje. Treću i četvrtu industrijsku revoluciju razlikuju umjetna inteligencija i podatkovna znanost. U početku pristup internetu imali su ljudi koji su radili na stolnim računalima, zatim dolazi do pomaka te se omogućuje i korištenje mobilnog interneta. Nakon mobitela, pametnih telefona, pametnih televizora i tableta, danas se internet može koristiti u automobilima i putem raznih drugih uređaja. Ova industrijska revolucija ima utjecaj na radnike tako što su pojačani zahtjevi za obukom u području informatike. Ipak, pojavljuje se novi problem, nezaposlenost, odnosno pitanje hoće li umjetna inteligencija ugroziti radna mjesta. Četvrta industrijska revolucija utječe izravno na tvrtke i na radnike.

#### Tvrtke:

- povezanost unutar organizacije
- prilagodljivost i mogućnost optimizacije proizvodnog procesa putem kontinuiranog prikupljanja vanjskih i unutarnjih podataka
- lokalizirane i identificirane proizvodne serije omogućuju više saznanja o proizvodnom procesu
- kompetitivna prednost
- individualizacija proizvodnje prema zahtjevima kupca i veća povezanost s kupcima

#### Radnici:

- dodatni zahtjevi na zaposlenike, obuka (IT znanja)
- veća uključenost u inovacijski proces
- podrška za pametne potpomognute sustave
- decentralizirane strukture i upravljačke forme
- nova vrsta interakcije između čovjeka i stroja s manje prisutnosti radnika unutar tvornice
- više prostora za odlučivanje [12]

Proizvodni procesi čiji razvoj određuje četvrta industrijska revolucija se još uvijek nadograđuju. Ipak, stručnjaci smatraju da se već nalazi na polovici svojeg razvoja te daje znakove da će doći do još promjena i nastati peta industrijska revolucija. Peta industrijska revolucija, odnosno Industrija 5.0 trebala bi spojiti kreativnost i inovativnost ljudskog uma s digitaliziranim industrijskim procesima zbog toga što se ljudska kreativnost još uvijek ne može isključiti.

Četvrta industrijska revolucija ima svoje prednosti i nedostatke, a to su:

Tablica 1. Prednosti i nedostaci četvrte industrijske revolucije [12]

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Orijehtacija na individualne zahtjeve kupca</li> <li>✓ Prilagodljiva proizvodnja</li> <li>✓ Smanjen pritisak na radnike</li> <li>✓ Povećana konkurentnost</li> <li>✓ Usmjerenost na produktivnost i efikasnu upotrebu resursa</li> <li>✓ Spremnost na nove izazove na domaćim i stranim tržištima</li> <li>✓ Nova vrijednost: nove B2B usluge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Manjak zaštite podataka</li> <li>✗ Kontinuirana nabava i održavanje infrastrukture</li> <li>✗ složeni i skupi tehnički standardi</li> <li>✗ Dodatna oprema za zaposlenike (znanje o IT sustavima)</li> <li>✗ U ruralnim područjima nedostatak je slaba pokrivenost široko pojasnim internetom</li> <li>✗ Olakšana udaljena manipulacija proizvodnim sustavima</li> </ul>

Isto tako, četvrta industrijska revolucija predstavlja veliki napredak u tehnologiji te zahtjeva nova znanja i vještine:

- Sposobnosti
  - Kognitivne vještine: kognitivna fleksibilnost, kreativnost, matematičko i logičko znanje i razmišljanje; rješavanje složenih problema, analitika i ostalo
  - Individualne vještine: neverbalna komunikacija, psihologija, vodstvo
- Osnovne vještine
  - Procesne vještine: aktivno slušanje i kritičko razmišljanje, samokontrola, interdisciplinarna znanja
  - Sadržajne vještine: aktivno slušanje, pismeno i usmeno izražavanje, digitalna pismenost, čitanje
- Kombinirane vještine
  - Sistemske vještine: odlučnost, analiza sustava, usklađenost, upravljanje promjenama i rizicima
  - Socijalne vještine: pregovaranje, emocionalna inteligencija, uslužnost, uvjeravanje, socijalna odgovornost
- Poduzetničke vještine

- Tehničke vještine: popravak i kontrola opreme, kontrola kvalitete, nove tehnologije, održavanje, programiranje
- Vještine upravljanja resursima: financijskim, materijalnim i ostalim
- Međukulturalne vještine: jezici, međukulturalno razumijevanje i poštivanje [13]

Koncept Industrije 4.0 podrazumijeva digitalizaciju i umrežavanje svih funkcija unutar tvornice i izvan nje, u kojoj na proizvodnim linijama rade roboti umjesto radnika. To je stvaranje „pametne“ tvornice koja koristi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju za upravljanje proizvodnim i poslovnim procesima. Osnovni cilj je postići dominaciju na tržištu ostvarivanjem poboljšane kvalitete, nižih troškova i fleksibilnije proizvodnje. Iako je mnogo suvremenih industrija digitalizirano, ipak treba kod većine industrije napraviti novi korak daljnje digitalizacije povezujući sustav upravljanja proizvodnim procesima unutar tvrtke sa sustavima izvan, odnosno tržištem, dobavljačima, distribucijom, bankama, državnom upravom, inovacijskim subjektima, obrazovnim institucijama i ostalima.

Za ostvarivanje tog cilja danas na raspolaganju stoji razvijena suvremena oprema, integrirana s informatičkim sustavima, programski paketi s otvorenim pristupom, s kojima je moguće sve umrežiti, ažurirati i prilagoditi traženim zahtjevima. Moderna proizvodna sredstva su objedinjena s računalnom tehnikom, prijenosom i obradom podataka. Tvornica je umrežena, ugrađen je veći stupanj umjetne inteligencije, mnoštvo senzora, i ostvarena mogućnost komunikacije opreme s ljudima, mogućnost komunikacije s drugim robotima i strojevima, ali i komunikacija s proizvodima (slika 7). [14]



Slika 7. Povezanost radnika i strojeva [15]

Razvojem četvrte industrijske revolucije susrećemo se s novim pojmovima poput: Internet of things (u daljnjem tekstu IoT) (hrv. internet stvari), pametna tvornica, virtualna stvarnost, big data (hrv. veliki podaci), horizontalna i vertikalna integracija te cloud computing (hrv. računalstvo u oblaku).

#### **2.4.1. Internet of Things**

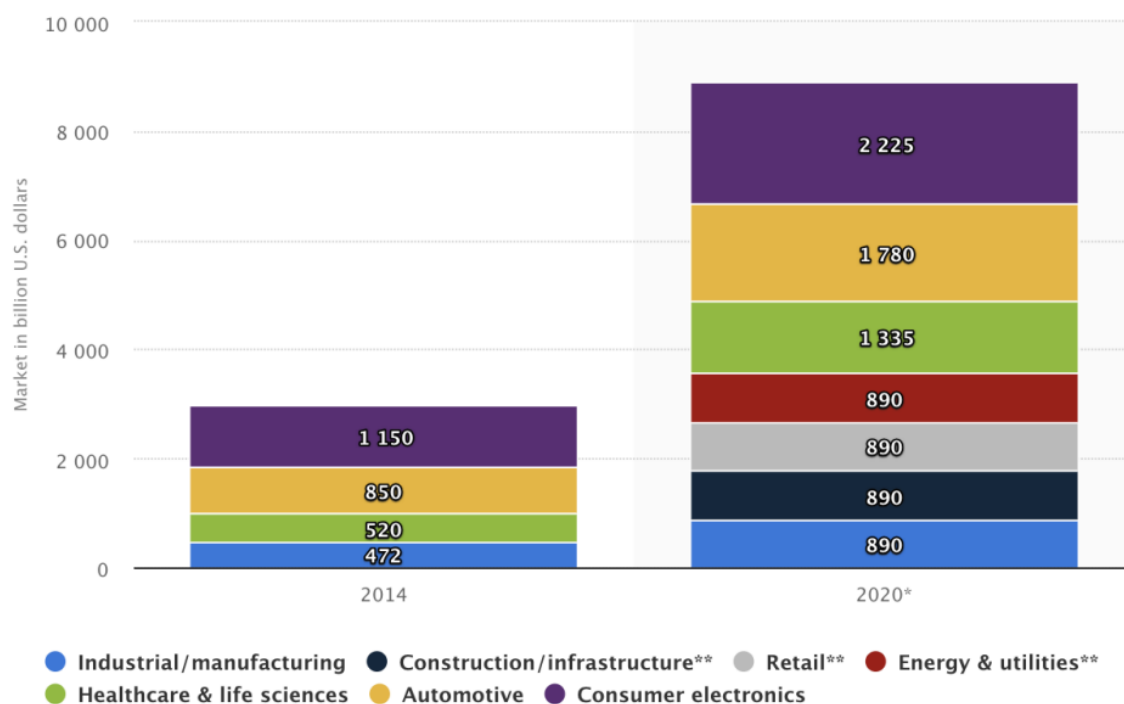
Pojam interneta stvari (IoT) prvi je puta uveo britanski poduzetnik Kevin Ashton 1999. godine. IoT predstavlja određenu viziju u kojem internet proširuje svoje mogućnosti na fizički svijet i objekte koji nas okružuju. Ti predmeti nisu više isključeni iz virtualnog svijeta, već se s udaljenosti mogu kontrolirati te postati pristupne točke internetu. IoT (hrv. internet stvari) obavlja razne proračune, jednostavne i složene te time pruža velike mogućnosti pojedincima i gospodarstvu.

Isto tako, IoT (hrv. internet stvari) uključuje određene rizike i predstavlja golem društveni i tehnički izazov. Vizije se temelje na uvjerenju o stalnom napretku u svijetu komunikacije, mikroelektrotehnike i informacijske tehnologije, gdje se ta razina svakim danom podiže i nastavlja rasti. Zbog smanjivanja veličine, smanjenja potrošnje energije procesora, komunikacijskih modula i ostalih elektroničkih komponenti te stalnog pada cijena, IoT (hrv. internet stvari) se sve više integrira u svijet oko nas, odnosno svakodnevne predmete (slika 8). U viziji IoT (hrv. internet stvari), ključni su pametni predmeti jer će ugrađena komunikacijska i informacijska tehnologija imati potencijal da revolucionalizira korisnost tih objekata.



Slika 8. Shema IoT-a [16]

Prema istraživanju Europske komisije 2015. godine (slika 9), procjenjuje se da će tržišna vrijednost IoT-a (hrv. internet stvari) u EU 2020. godini narasla čak do jednog trilijuna eura. Razlika u veličini tržišta interneta stvari širom svijeta u 2014. i predviđanja za 2020. prema industriji, pokazuje koliko i kako brzo raste ova tehnologija. Isto tako, prema istraživanju europske komisije 2015. godine je u Europi bilo u upotrebi oko 252 milijuna jedinica pametnih uređaja, a predviđa se da će do 2025. porasti na više od 300 milijuna.



Slika 9. Razlika IoT na tržištu 2014. i 2020. godine [17]

Grafikon prikazuje kako je od industrijske proizvodnje 2014. godine zarađeno 472 milijarde dolara, dok je 2020. godine zarađeno 890 milijarde dolara, što je porast od 418 milijarde dolara. U zdravstvu vidimo porast od 815 milijarde dolara. Ipak, najveći porast uočavamo kod potrošačke elektronike koja je dosegla porast od 1075 milijarde dolara u 2020. godini. Zaključujemo kako se od 2020. godine sve više počinju prodavati i koristiti elektronski uređaji, a veliki doprinos u tome ima internet.

Mogućnost umrežavanja, komunikacija jednog uređaja s drugim, postiže se uz pomoć senzora, koji su u mogućnosti uočiti stanje i promjene oko sebe. Isto tako, digitalno unaprjeđivanje dodatno pospješuje njihovu funkciju i olakšava korištenje te samim time dobiva dodatnu vrijednost. Danas postoji sve više uređaja koji su informatički i mrežno opremljeni, a koristimo ih u svakodnevnom životu (perilica rublja, četkica za zube, električni bicikli, strojevi za kopiranje itd.)

Isto tako, internet povezanost može se koristiti za daljinsko utvrđivanje njihovih stanja na način da informacijski sustavi prikupljaju podatke iz trenutnog vremena o fizičkim procesima ili objektima. To olakšava i omogućuje mnoge aspekte za čovjeka. On ima uvid u detalje željenog objekta ili uređaja uz minimalan trošak.

Interpretacija

podataka i informacija u stvarnom vremenu dovest će do uvođenja različitih poslovnih usluga koje će ponuditi značajne društvene i ekonomske koristi. S tehničkog stajališta, IoT (hrv. internet stvari) nije rezultat jedne nove tehnologije; umjesto toga nudi nekoliko komplementarnih tehničkih razvoja sposobnosti koje zajedno pomažu premostiti jaz između virtualnog i fizičkog svijeta.

Mogućnosti koje nudi IoT (hrv. internet stvari):

- Komunikacija i suradnja: objekti imaju sposobnost umrežavanja s internet resursima ili čak međusobno, za korištenje podataka i usluge te da ažuriraju svoje stanje. Bežične tehnologije kao što su: Wi-Fi, Bluetooth, GSM i UMTS i razni drugi standardi bežičnog povezivanja trenutno u razvoju ovdje su od primarne važnosti
- Identifikacija: objekti se mogu jedinstveno identificirati. RFID, NFC i bar kodovi su primjeri stvari koji nemaju ugrađene energetske resurse, a mogu biti identificirani uz pomoć „posrednika“. Identifikacija omogućuje povezivanje objekata s pridruženim informacijama koji se može dohvatiti od poslužitelja, pod uvjetom da je posrednik spojen na mrežu
- Adresiranje: unutar IoT-a (hrv. internet stvari), objekti mogu biti smješteni ili adresirani pomoću usluga ili imena te im se stoga može udaljeno pristupati
- Aktiviranje: objekti sadrže pogone za manipulaciju unutar svoje okoline, primjer: pretvaranje električnih signala u mehaničko kretanje. Takvi pogoni mogu se koristiti za daljinsko upravljanje procesima u stvarnom svijetu putem interneta
- Očitavanje: objekti prikupljaju informacija o svojoj okolini pomoću senzora koji ih može snimati, prosljeđivati ili izravno reagirati
- Ugrađena obrada informacija: pametni objekti imaju procesor i kapacitet za pohranu te se ti resursi mogu koristiti, na primjer, za obradu ili interpretaciju podataka senzora ili se mogu spremati u memoriju kako su bili korišteni u prošlosti
- Lokalizacija: pametne stvari svjesne su svoje fizičke lokacije ili se mogu locirati. GPS ili mobilne mreže prikladne su tehnologije za postizanje navedenog
- Korisnička sučelja: pametni objekti mogu komunicirati s ljudima na odgovarajući način (bilo izravno ili neizravno, na primjer, putem pametnog telefona).



Inovativne interakcije su važne, kao što su opipljiva korisnička sučelja, fleksibilni zasloni na bazi polimera i metode prepoznavanja glasa, slike ili geste

Upotreba riječi internet u izrazu Internet of Things (hrv. internet stvari) može se koristiti i kao metafora. Način na koji ljudi koriste danas web pokazuje kako će u budućnosti stvari komunicirati između sebe, koristeći servise i pružajući podatke te na taj način stvarati dodatnu vrijednost. [13]

#### **2.4.2. Virtualna stvarnost**

Virtualna stvarnost glavna je značajka Industrije 4.0. Ona je živa, izravna i neizravna slika stvarnog svijeta obogaćena računalno generiranim zvukom, slikom, grafikom i GPS podacima. Koncept virtualne stvarnosti primjenjuje se kod mnogo različitih područja kao što su video igre, zabavni sektor, vojne primjene, zdravstveni sektor, obrazovanje, turizam arhitektura, prodaja i marketing. U industriji se virtualno okruženje koristi u svakoj točki kao što su planiranje proizvodnje, dizajn, servis, održavanje, testiranje i kontrola kvalitete (slika 10).



Slika 10. Prikaz virtualne stvarnosti [18]

#### **2.4.3. Big data**

Napredak tehnologije, razvoj interneta i društvenih mreža, olakšale su pristup informacijama. Informacija koja je jednostavan pristup sa sobom nosi i problem beskorisnih i

pogrešnih informacija. Ova masa informacija opisana je kao informacijsko smeće. Izvlačenje stvarnih i pouzdanih informacija iz tog prostora, gdje je toliko informacija uključeno, vodi nas do koncepta *big data* (hrv. veliki podaci). Veliki podaci, dijeljenje društvenih medija, internetska statistika, fotografije, blogovi, videozapisi, zapisnici i ostale prikupljene informacije iz izvora, potrebno je transformirati u smislene i obradive forme. Kada se ti pretvoreni podaci ispravno protumače, to omogućuje veliki doprinos tvrtkama koje donose strateške odluke i upravljaju njihovim rizicima. Točne strateške odluke sastoje se od točnih informacija te je to razlog zašto su veliki podaci vrlo bitni za Industriju 4.0. Tvrtke su shvatile koliko je važna i najmanja informacija. Poznato je da su vrijedne informacije posvuda. Svaki klik koji napravimo koristeći internet vrlo je važan izvor podataka (slika 11). Senzorske tehnologije neprestano gomilaju podatke zbog svoga okruženja. Kada spojimo financijske podatke, medicinske podatke sa svim ostalim, dobivamo ogromnu količinu podataka. Sve one koje su nam bitne nalaze se u *big data* (hrv. veliki podaci). Primjerice, bilježi se svaki pokret u sustavima informacijske tehnologije i pronalaze se odgovori na pitanja „koje su greške povezane jedna s drugom?“, „koliko će vaš problem utjecati na njegovu učinkovitost?“ Isto tako banka može identificirati pokušaje prevare prateći radnje svojih klijenata, stranica na društvenim mrežama može pratiti sviđanja i nesviđanja svojih korisnika te im pokazati najbolje oglase, trgovina može analizirati proizvode kupaca te im ponuditi najbolje proizvode i povećati njihovu prodaju. *Big data* (hrv. veliki podaci) sustav baca novo svjetlo na budućnost. [19]



Slika 11. Shematski prikaz big data (hrv. veliki podaci) [20]

#### 2.4.4. Pametna tvornica

U svim dijelovima razvijenog svijeta proizvodnja raste i napreduje velikom brzinom da sve više uočavamo riječ poput *pametno*. Automobili, mobiteli, klima uređaji, zapravo sve što okružuje čovjeka. Promatrajući okolinu dolazimo do zaključka da te pametne stvari treba netko napraviti i poboljšati njihovu proizvodnju te se zbog toga stvaraju i pametne tvornice. Parni

stroj, pokretna traka i automatizacija pokretači su prve tri industrijske revolucije, dok je za četvrtu zaslužna pametna tvornica i inteligencija strojeva. Napredak inteligencije elektroničkih strojeva je omogućio tvorničkoj opremi da mjeri, mijenja i komunicira, što je veliki pomak u industriji.

Digitalizacija je čovječanstvo suočila s konceptom inteligentnog života. U prošlosti, svakodnevni rad koji je obavljala mišićna snaga sada se može realizirati strojevima i internetskim mrežama. Primjena cyber-fizičkih sustava u proizvodnom sustavu naziva se pametna tvornica (slika 12).

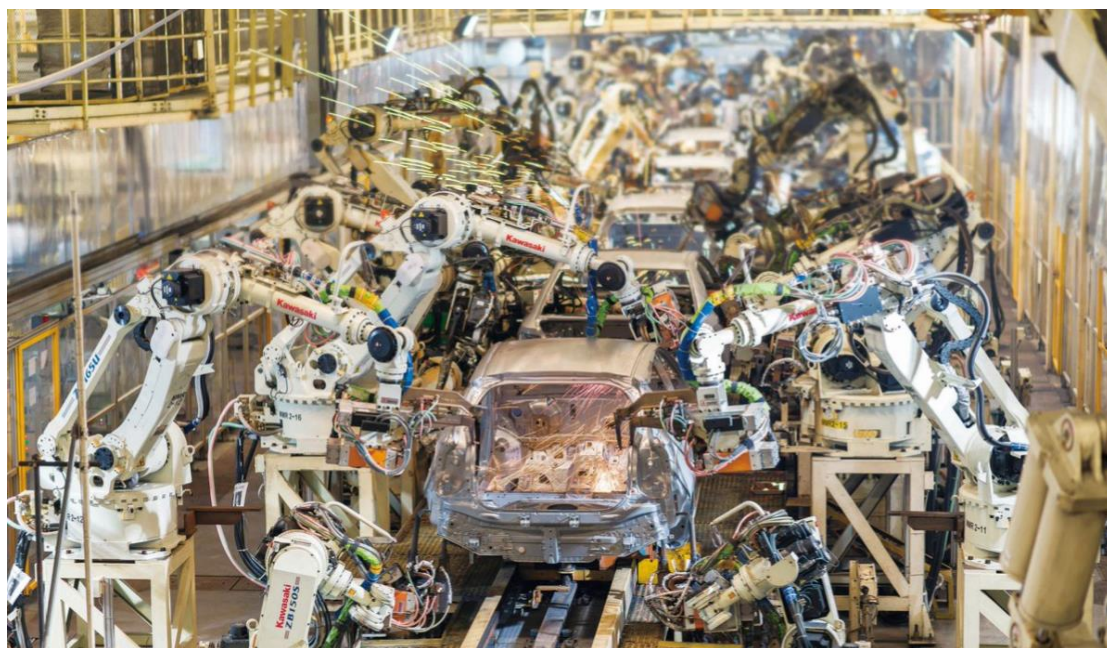
Mnoge tvrtke su se zadovoljile sustavima lanca opskrbe koji se u osnovi nisu mijenjali desetljećima, ali s očekivanjima potrošača i ekonomskom neizvjesnošću na vrhuncu, upravitelji lanca opskrbe trebaju rješenja koja mogu pružiti značajnu i mjerljivu korist. Prema časopisu Forbes, u 2017. Godini samo 43% proizvođača imalo je u tijeku inicijative za pametne tvornice. Do kraja 2019. njih 68% je to učinilo. Za tvrtke koje ulažu u digitalnu transformaciju i pametna tvornička rješenja, postoji potencijal za značajne poslovne prednosti, uključujući:

- Produktivnost i učinkovitost – tijekom svoje povijesti, proizvodnja se prvenstveno odnosila na reagiranje tj. promatranje na događaj ili trend koji se već dogodio, a zatim pokušaj usmjeravanja poslovanja u pravom smjeru. Pametne tvornice osmišljene su kako bi smanjile potrebu za reaktivnim praksama i pomaknule upravljanje lancem opskrbe na otporniji i osjetljiviji način. Korištenje prediktivne analitike i analize velikih podataka omogućuje se identificiranje i postavljanje optimiziranih procesa. Upravljanje zalihama točno na vrijeme, precizno predviđanje potražnje i poboljšana brzina izlaska na tržište su samo neke prednosti učinkovitosti koje pružaju pametne tvornice.
- Održivost i sigurnost – potrošači su spremniji potrošiti nešto više za proizvode za koje znaju da su nabavljeni i proizvedeni korištenjem društveno i ekoloških odgovornih metoda.

Moderne pametne tvorničke tehnologije olakšavaju poduzećima prepoznavanje i implementaciju mogućnosti za zelene, sigurnije i društveno odgovornije proizvodne prakse. Digitalne inovacije kao što su blockchain i RFID senzori mogu koristiti upravitelji tvornica kako bi osigurali nepobitno porijeklo i kontrolu kvalitete svih materijala i zaliha, čak i onih koji dolaze iz najudaljenijih karika u lancu opskrbe. Međunarodno društvo za automatizaciju izvještava da roboti i

automatizirani uređaji mogu pomoći u smanjenju vodećih uzroka ozljeda na radnom mjestu.

- Kvaliteta proizvoda i korisničko iskustvo – tradicionalni proizvođači često su imali poteškoća u osiguravanju da njihove direktive budu točno primljene i da ih slijede i dobavljači i proizvođači niže razine u svojim lancima opskrbe. U pametnoj tvornici, povezivanje u oblaku i vidljivost od jednog kraja do drugog pruža uvid u stvarnom vremenu na sve razine proizvodnog procesa. Mogućnost brze prilagodbe i odgovora na promjenjive trendove znači da su proizvodi u potpunosti u skladu sa željama kupaca. Napredna analiza podataka sustava brzo uočava slabosti ili područja za poboljšanje. To dovodi do poboljšane konkurentnosti na tržištu, boljih recenzija proizvoda i manje skupih povrata ili povlačenja. [21]



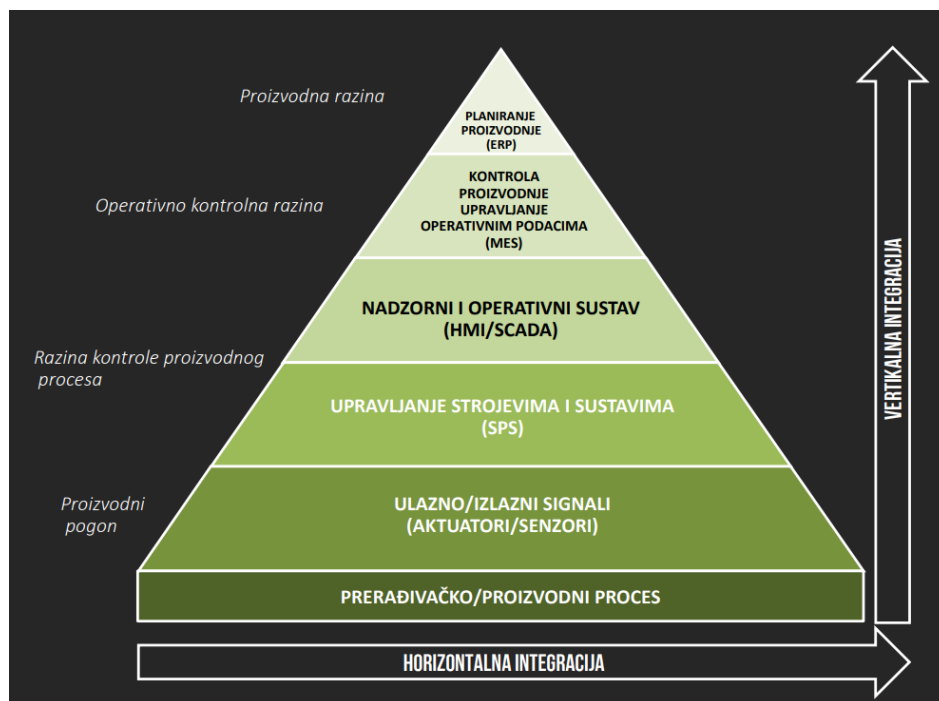
Slika 12. Prikaz pametne tvornice Toyote [22]

#### **2.4.5. Horizontalna i vertikalna integracija**

Neprekidni tok podataka koji osiguravaju međusobno povezane strukture na kojima se nalazi Industrija 4.0 kritična je točka proizvodnje. Kako bi se postigao ovaj tok, horizontalna i vertikalna integracija moraju se odvijati ne samo u određenim točkama nego u svakoj (slika 13). Horizontalna integracija znači kontinuirani tijek između svakog koraka u procesu proizvodnje i planiranja, uključuje i nabavu sirovina do dizajna, marketinga i recikliranja.

Vertikalna integracija znači pružanje neprekidne komunikacije i protok tehnološke infrastrukture koja se koristi u svim procesima. Integracija senzora, ventila, motora, upravljačke ploče, upravljanje proizvodnim sustavom i softverom u proizvodnom području obuhvaćen je ovim opsegom. Uz horizontalnu i vertikalnu integraciju, Industrija 4.0 može brzo odgovoriti promjenama i problemima u proizvodnom procesu, olakšavanju privatne i personalizirane proizvodnje te optimizaciji globalnog opskrbnog lanca. Poduzeća postaju fleksibilnija jer su promjene omogućene jednostavnim ažuriranjem sučelja. [19]

Isto tako, izraz „horizontalna integracija“ je uobičajeno prepoznat kao optimizirani tok sirovine i informacija od različitih dobavljača u globalnom lancu vrijednosti prema krajnjim korisnicima. Povezani IT sustavi prate potrebe za sirovinama u svim koracima na globalnom nivou. Temeljem informacije mogu kreirati planove proizvodnje i na taj način proslijediti dobavljačima u realnom vremenu zahtjeve za komponentama i sirovinama za proizvodnju.



Slika 13. Prikaz horizontalne i vertikalne integracije u sustavu [12]

#### 2.4.6. Cloud computing

Pojam *cloud computing* (hrv. računalstvo u oblaku) definiramo kao isporuku računalnih usluga, uključujući poslužitelje, pohranu, baze podataka, povezivanje, softver i analitiku, preko interneta kako bi se ponudile brže inovacije, fleksibilni resursi i ekonomija razmjera. Umjesto da posjedujemo vlastite infrastrukture ili podatkovne centre, tvrtke mogu iznajmiti pristup svemu, od aplikacija do pohrane putem davatelja usluga u oblaku. Jedna od prednosti korištenja

usluga računalstva u oblaku je ta što tvrtke mogu izbjeći početne troškove i složenost posjedovanja i održavanja vlastite IT infrastrukture, te umjesto toga jednostavno plaćaju ono što koriste u potrebnom razdoblju. Zauzvrat, pružatelji usluga *cloud computing*-a (hrv. računalstvo u oblaku) mogu imati koristi od značajne ekonomije razmjera isporukom istih usluga širokom rasponu kupaca.

Usluge *cloud computing*-a (hrv. računalstvo u oblaku) pokrivaju širok raspon opcija, od osnova pohrane, povezivanja i procesorske snage, do obrade umjetne inteligencije i standardnih uredskih aplikacija. Gotovo svaka usluga koja ne zahtijeva da budete fizički blizu računalnog hardvera koji koristite sada se može isporučiti putem oblaka. Računalstvo u oblaku podupire ogroman broj usluga. To uključuje korisničke usluge poput Gmail-a ili sigurnosnu kopiju fotografija u oblaku na vašem pametnom telefonu, ali usluge koje velikim poduzećima omogućuje je da pohrane sve svoje podatke na oblaku i tamo ih i pokreću. Na primjer, Netflix se oslanja na usluge računalstva u oblaku kako bi pokrenuo svoju uslugu video-streaminga i svoje druge poslovne sustave. Računalstvo u oblaku postaje zadana opcija za mnoge aplikacije: dobavljači softvera sve više nude svoje aplikacije kao usluge putem interneta, a ne kao samostalne proizvode dok pokušavaju prijeći na model pretplate. Međutim, postoje potencijalni nedostaci računalstva u oblaku, jer također mogu dovesti do novih troškova i novih rizika za tvrtke koje ga koriste.

Prednosti će se razlikovati ovisno o vrsti usluge u oblaku koja se koristi, ali, u osnovi, korištenje usluga u oblaku znači da tvrtke ne moraju kupovati ili održavati vlastitu računalnu infrastrukturu. Nema više kupnje poslužitelja, ažuriranje aplikacija ili operativnih sustava, razgradnje i odlaganja hardvera ili softvera kada su zastarjeli, jer sve to preuzima dobavljač. Za aplikacije kao što je e-mail, ima smisla prijeći na pružatelja usluga u oblaku, umjesto da se oslanjate na interne vještine. Tvrtka koja je specijalizirana za upravljanje i osiguranje ovih usluga vjerojatno će imati bolje vještine i iskusnije osoblje nego što bi si mala tvrtka to mogla priuštiti, tako da usluge u oblaku pružaju sigurniju i učinkovitiju uslugu krajnjim korisnicima.

[23]

### **3. PETA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA (INDUSTRIJA 5.0)**

Masovna industrijska proizvodnja je najveći pojedinačni doprinos europskom gospodarstvu, osiguravajući radna mjesta i prosperitet na cijelom kontinentu. Između 2009. i 2019. godine industrija je doprinijela oko 20% BDP-a Europske Unije, a proizvodnja je posebno dodala oko 14,5% vrijednosti za gospodarstvo. Europska industrija je jaka, ali suočava se sa stalnim izazovima. Vrlo je konkurentna, ali djeluje u sve složenijoj globaliziranoj ekonomiji. Kako bi industrija nastavila donositi prosperitet Europi, mora se prilagoditi kontinuirano kako bi se uhvatila u koštac s izazovima koji se stalno mijenjaju. Takva tajna prilagodba moguća je samo kroz stalne inovacije. Konstantno inovirajući, europska industrija može još više poboljšati učinkovitost na različitim mjestima u lancu vrijednosti, povećati fleksibilnost svojih proizvodnih sustava kako bi zadovoljila zahtjeve koji je brzo mijenjaju. Umjetna inteligencija, big data (hrv. veliki podaci), razni tehnološki senzori, sve se više automatiziraju i međusobno povezuju, a te će se inovacije nastaviti ubrzavati.

Međutim, val promjena u industriji imat će značajne učinke koji će biti vidljivi dalje od same tehnološke promjene u tvornici. Industrija će imati transformirani utjecaj i na društvo. To prije svega vrijedi za radnike u industriji, koji mogu uočiti da je njihova uloga promijenjena ili čak ugrožena. Mijenjanje uloga i povećano oslanjanje na složene tehnologije zahtijevat će nove vještine. Dolazak ovih promjena i pitanja usko povezanih s tehnologijom inovacije će zahtijevati od industrije da preispita svoj položaj i ulogu u društvu. S druge strane, promjene i tranzicije na široj društvenoj pozornici imat će duboki utjecaj i na industriju. Kada se promatraju trenutni politički prioriteti na europskoj razini, njihov utjecaj na industriju nije za podcijeniti. Zeleni dogovor zahtijevat će prijelaz na kružno gospodarstvo, kao i veće oslanjanje na održive resurse uključujući energiju.

Oblikovanje Industrije 5.0 prilagođeno je europskom kontekstu. Naglasak je na perspektivi industrijskog radnika. Granice između različitih tipova industrijskog radnika su zamagljene, a europske vrijednosti i temeljna prava trebaju biti obvezujuća načela, uključujući poštovanje privatnosti, anatomije, ljudsko dostojanstvo i opća prava radnika. Važno je napomenuti da Industriju 5.0 ne treba shvatiti kao kronološki nastavak ili alternativa postojeće Industrije 4.0. To je rezultat vježbe usmjerene prema budućnosti, način na koji se uokviruje kako će industrija, novonastali društveni trendovi i potrebe postojati. Kao takva, Industrija 5.0 nadopunjuje i proširuje karakteristične značajke Industrije 4.0.

Naglašava aspekte koji će biti odlučujući u postavljanju industrije za buduće europsko društvo; ti čimbenici nisu samo ekonomske ili tehnološke prirode, već također imaju važne ekološke i društvene dimenzije.

O konceptu Industrije 5.0 raspravljalo se među sudionicima istraživanja i tehnološke organizacije kao i agencije za financiranje diljem Europe u dvije virtualne radionice. Fokus je uglavnom bio na omogućavanju tehnologija koje podržavaju Industriju 5.0. Postojao je konsenzus o potrebi bolje integracije europskih prioriteta društva i okoliša u tehnološke inovacije i pomaknuti fokus sa individualne tehnologije do sustavnog pristupa. Identificirano je šest kategorija, za svaki od kojih se smatra da razvija svoj potencijal u kombinaciji s drugima, kao dio tehnoloških okvira, a to su:

- Individualizirana interakcija čovjek-stroj
- Bio-inspirirane tehnologije i pametni materijali
- Podaci tehnologije prijenosa, pohrane i analize
- Umjetna inteligencija
- Digitalizacija i simulacija
- Tehnologije za energetske učinkovitost, obnovljive izvore energije, skladištenje i anatomiju [24]

### **3.1. Povezanost Industrije 4.0 i Industrije 5.0**

Industrija 5.0 ima svoje korijene u konceptu Industrije 4.0, koji je skovan u Njemačkoj 2011. godine, kao budući projekt i dio visokotehnološke strategije kako bi bio prihvaćen od strane poduzeća, znanosti i donositelja odluka. Izvorno je bilo povezano s time kako i u kojoj mjeri je zemlja uspješna tijekom prvog desetljeća 21. stoljeća te kako bi mogla biti što učinkovitija u nadolazećim desetljećima kako bi broj zaposlenih u proizvodnji bio uglavnom stabilan. Bilo je usredotočeno ne samo radi ispunjenja ekonomskih zahtjeva, već i posebnih ekoloških zahtjeva „zelene proizvodnje“, ugljično neutralne i energetske učinkovite industrije. Njemačka akademija inženjerskih znanosti, 2013. godine, predstavila je istraživanje koje opisuje utjecaj interneta stvari (IoT) na organizaciju proizvodnje zahvaljujući novoj interakciji između ljudi i strojeva te novi val digitalne primjene na proizvodnju. Profesor Klaus Schwab, osnivač i izvršni predsjednik Svjetskog ekonomskog foruma, objavio je dvije knjige u kojima opisuje kako Industrija 4.0 se bitno razlikuje od prethodnih industrijskih revolucija, koje karakterizira uglavnom napredak tehnologije.



Tijekom svojih desetak godina života, Industrija 4.0 se manje usredotočila na izvorna načela društvene pravednosti i održivosti, a više na digitalizaciji i tehnologiji umjetne inteligencije za povećanje učinkovitosti i fleksibilnosti proizvodnje. Koncept Industrije 5.0 pruža drugačiji fokus i naglašava važnost istraživanja i inovacija za podršku industriji u njenoj dugoročnoj službi čovječanstvu.

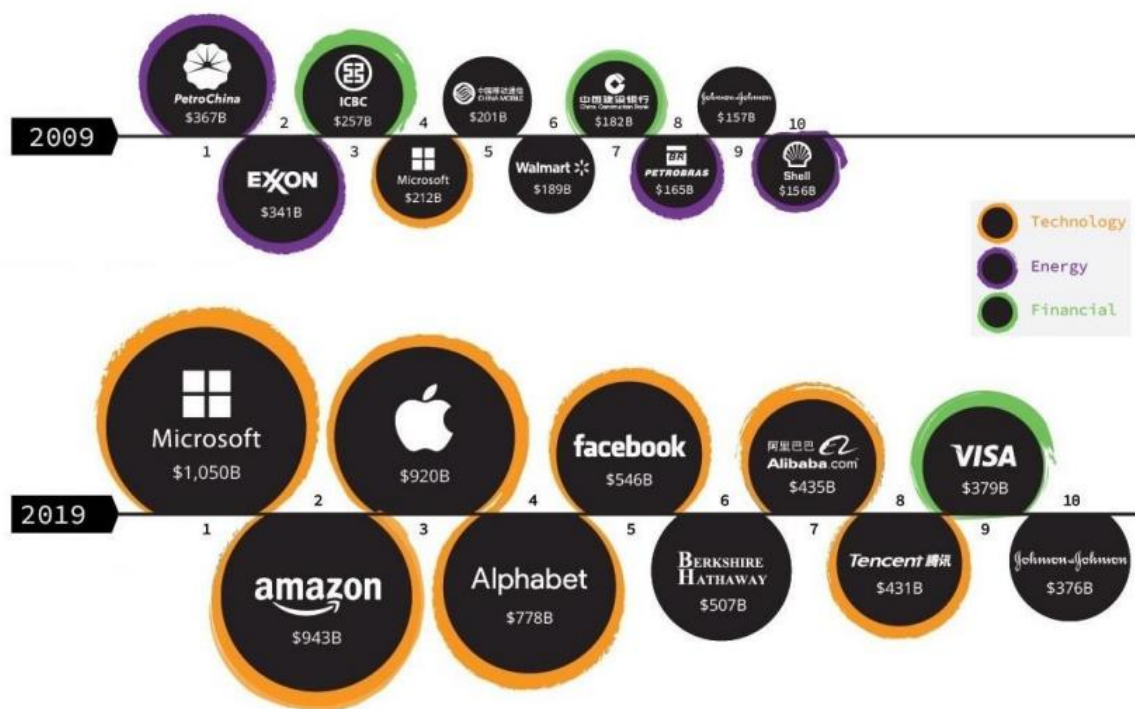
Nekoliko analiza Industrije 5.0 usredotočuje se na povećanu suradnju između čovjeka i pametnih sustava. Veza između njih spojiti će točnost velike brzine industrijske automatizacije s kognitivnim vještinama kritičkog mišljenja ljudi. Točnije, prepustiti monotone zadatke koji se ponavljaju mehaničkom djelu a otvaraju kreativnu stranu biološkom djelu procesa. To bi omogućilo osoblju preuzeti veću odgovornost i pojačan nadzor nad sustavima za podizanje kvalitete u cijelosti. Konzultantska kuća Accenture, 2016. godine provela je istraživanje s 512 proizvodnih rukovoditelja sa svih krajeva svijeta, otkrivajući da su neki od njih predviđali naprednu kolaborativnu produkciju linija između ljudi i robota u njihovim postrojenjima kako bi se povećala produktivnost, prilagođavanje, održivost i operativna učinkovitost. Komplementarna vizija opisuje Industriju 5.0 kao industriju više usmjerenu ljudima, korištenjem novih tehnologija. Predlaže se da se to dogodi naprednim sučeljem čovjek-stroj, poboljšanom integracijom, boljom automatizacijom kroz robote, a upareno sa snagom i kreativnošću ljudskog mozga.

Stručnjaci tvrde kako će slijedeća industrijska revolucija biti neophodna kako bi se zadovoljila velika potražnja potrošača individualiziranim proizvodima. Inspirirani su automobilskom industrijom u kojoj proizvođač daje sve više prostora ljudima u svojim proizvodnim pogonima kako bi povećali prilagodbu, donoseći važnu vrijednost za moderne potrošače. Drugi komplementarni pogled na Industriju 5.0 naglašava njezine ekološke učinke, ekonomski i društveni potencijal te potencijal za održivost kao sustavnu prevenciju onečišćenja i otpada, usredotočen na industriju ponovne upotrebe. Ekološka svijest i odgovornost smatraju se davanjem konkurentne prednosti, zahvaljujući podršci od vlade i međunarodnih organizacija, kao i od strane kupaca koja podržava ekološki prihvatljive poslovne modele. [24]

### **3.2. Istraživanja i inovacije**

U definiranju koncepta Industrije 5.0 pomaže nam literatura, ali i sami razvijamo vlastitu viziju temeljenu na nizu elemenata. Prvi takav je analiza brzih društvenih evolucija u Europi i

diljem svijeta. Napredna globalizacija podigla je globalni prosperitet, ali se i povećala lokalna nejednakost, što je dovelo do krhkih strateških lanaca vrijednosti za kritične opskrbe i infrastrukturu te pogoršalo našu prekomjernu upotrebu prirodnih resursa i onečišćenja okoliša. Tehnološki napredak važan je pokretač iza ovih promjena, koje bi bile nezamislive bez povećane automatizacije, digitalizacije i povezanosti. Za bolje razumijevanje naglog povećanja digitalne tehnologije govori činjenica da je 2009. godine je samo tehnološka tvrtka Microsoft se nalazila u top 10 tvrtki s najvećim tržišnim kapitalom, dok se u 2019. Godini cijeli top 5 sastojao od tehnoloških tvrtki, a to su Microsoft, Amazon, Apple, Alphabet i Facebook (slika 14). Pojava sve sofisticiranije umjetne inteligencije, privlače glavne ulagače diljem svijeta, samo će učvrstiti i ubrzati ovu evoluciju. Tehnološke inovacije donijele su mnogo dobrih stvari međutim društvo se suočava s lošim stranama i rizicima koje predstavljaju, uključujući prijetnje okolišu, europskim vrijednostima, demokraciju i temeljna prava.



Slika 14. Prikaz deset najprofitabilnijih tvrtki 2009. i 2019. godine [25]

Drugi element koji treba uzeti u obzir su trenutke politike na europskoj razini koje imaju cilj bolje uokviriti i usmjeriti ove tekuće evolucije u nastojanju da se maksimalno povećaju njihove koristi za europsko društvo, istovremeno ublažavajući rizike koje one predstavljaju. To se jasno odražava u prioritetima sadašnje Europske komisije: „Zeleni dogovor“ je sveobuhvatna strategija za postizanje klimatski neutralne Europe do 2050. Godine i „Europu

prilagođenu digitalnom dobu“ koja je usmjerena na povećanje tehnoloških inovacija u Europi, uz uvođenje novih i ažuriranih pravila za tehnologiju i digitalno gospodarstvo. Nedavno objavljena „European Data Strategy“ (hrv. europska podatkovna strategija) jasno ilustrira važnost koju Europska komisija pridaje društvenom utjecaju digitalnih tehnologija.

Treće, stopa usvajanja digitalnih tehnologija u stvarnom svijetu u europskoj industriji ima važan utjecaj na naš koncept. Unatoč tvrdnjama o razvoju digitalne tehnologije eksponencijalno, usvajanje digitalizacije u europskoj industriji čini se postupnije prirode. Iako određene nove tehnologije mogu omogućiti nove pristupe, velika infrastrukturna ulaganja za neke vrste industrije rezultira prihvaćanjem digitalnih tehnologija kao linearnu, a ne eksponencijalnu krivulju. Sve u svemu, tehnološka slika u europskoj industriji vrlo je raznolika i kreće se od najsuvremenijih visokotehnoloških proizvodnih linija do malih poduzeća koje provode evidenciju na komadu papira. S jedne strane, to je razlog za uzbunu, jer nedovoljno ulaganje u inovacije može ugroziti konkurentnost europske industrije. Iz tog razloga Europska komisija stavlja naglasak na ulaganja u nove tehnologije kao dio svojih prioriteta. Političke inicijative posebno su usmjerene na ubrzavanje širenja novih tehnologija, pazeći da su apsorbirane u gospodarstvo i šire društvo, diljem europskih regija, gradova i država članica. Industrija 5.0 želi se uhvatiti u koštac s obećanjima napredne digitalizacije, big data-om (hrv. veliki podaci), umjetnom inteligencijom, pri čemu se naglašava uloga koju ove tehnologije mogu igrati u industrijskom, društvenom i ekološkom krajoliku. To znači primjenu tehnologije koja se prilagođava radniku, a ne obrnuto.

Četvrti izvor za razvoj naše vizije za Industriju 5.0 je izvješće pod imenom „Radical innovation breakthrough inquirer“ (hrv. istraživač prodora radikalne inovacije) koje je identificiralo sto potencijalnih inovacija u području kao što su umjetna inteligencija, robotika i biomedicina, te je naznačeno kako se Europska Unija može pripremati za njih. Isto tako, seminar „Istraživanje i inovacija kao kompas za budućnost koju želimo“ organiziran je u svibnju 2019. Godine, pružio je važne uvide kako su istraživanja i inovacije glavna pokretačka snaga za prijelaz europskog društva u održivu budućnost.

Posljednji element je analiza ciljeva i rezultata istraživačkih projekta koji su podržani kroz europske okvirne programe za istraživanja i inovacije. Nekoliko financiranih programa dalo je daljnje smjernice o transformativnim elementima relevantnim za Industriju 5.0, čak i ako se izričito ne odnose na pojam kao takav. Za razliku od industrije 4.0, fokus ovih projekata nadilazi dobitke digitalizacije i daljnja automatizacija bi mogla pružiti tvrtkama profit i

učinkovitost. Razvija se rješenje koje proizvodnju čine održivom, otpornijom i konkurentnijom na dugoročnoj osnovi te se potrebno uhvatiti u koštac s izazovima povezanim s korisnom interakcijom čovjek-stroj i usklađivanjem vještina.

### 3.3. Definiranje Industrije 5.0

Iako je Industrija 5.0 relativno nov koncept, postoje neka rana akademska pisma koja opisuju značajke ovog pojma. Analiza literature Industrije 5.0 pokazuje puno neizvjesnosti o tome što će donijeti i kako će poremetiti poslovanje u detalje, kao i potencijalu rušenja prepreka između stvarnog i virtualnog svijeta.

Na temelju pregleda literature i analize usmjerene prema budućnosti, Industrija 5.0 bit će proširena, odnosno njena svrha predstavljat će više od same proizvodnje dobara i usluge za profit. Ta šira svrha sastoji se od tri ključna elementa (slika 15):

- Usmjerenost na čovjeka
- Održivost
- Otpornost



Slika 15. Shematski prikaz elemenata Industrije 5.0 [24]

- Usmjerenost na čovjeka polazište i ispitamo potencijal za povećanje učinkovitosti, ljudski pristup u industriji stavlja u jezgru ljudske potrebe i interese u proizvodnom procesu. Ne pitamo se što možemo učiniti s novom tehnologijom, već što nova tehnologija može učiniti za nas. Umjesto da se od radnika u industriji traži da prilagodi svoje vještine

potrebama tehnologije koja se brzo razvija, nastojimo koristiti tehnologiju za prilagodbu potrebama radnika u proizvodnom procesu. Isto tako moramo voditi računa da uporaba novih tehnologija ne zadire u temelje radničkih prava kao što su privatnost, autonomija i ljudska dostojanstvo.

- Održivost – da bi industrija poštovala planetarne granice, mora biti održiva. Potrebno je razvijati kružne procese koji se ponovo koriste, prenamjenjuju i recikliraju prirodne resurse, smanjiti otpad i utjecaj na okoliš. Održivost isto tako znači smanjenje potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova kako bi se izbjeglo iscrpljivanje i degradacija prirodnih resursa te kako bi se bez ugrožavanja zadovoljile potrebe današnjih, ali i budućih generacija. Tehnologije poput umjetne inteligencije i aditivne proizvodnje igraju veliku ulogu ovdje načinom na koji optimiziraju učinkovitost resursa te smanjenjem otpada.
- Otpornost – odnosi se na potrebu razvijanja višeg stupnja robusnosti u industrijskoj proizvodnji odnosno pravilo i pravovremeno reagirati protiv smetnji, pružajući kritičnoj infrastrukturi podršku u kriznim vremenima. Geopolitičke promjene i prirodne krize kao što je pandemija Covid-19, naglašavaju krhkost našeg trenutnog pristupa globalnoj proizvodnji. Potrebno ju je uravnotežiti razvojem dovoljno otpornih strateških lanaca, prilagoditi proizvodni kapacitet i fleksibilno poslovanje procesa, naročito tamo gdje lanci vrijednosti služe osnovnim ljudskim potrebama, kao što su zdravstvene zaštite ili sigurnosti.

Pristup vođen isključivo profitom postaje sve neodrživiji. U globaliziranom svijetu, uski fokus na profit ne uspijeva ispravno spojiti elemente okoliša, društvenih troškova i koristi. Da bi industrija postala izvor istinskog prosperiteta, definicija njegove prave svrhe mora uključivati socijalna, ekološka i društvena razmatranja. To uključuje odgovorne inovacije, ne samo ili prvenstveno usmjerene na povećanje troškovne učinkovitosti ili maksimiziranje profita, već i povećanje prosperiteta u koje spadaju investitori, radnici, potrošači, društvo i okoliš.

### **3.4. Pristup usmjeren na čovjeka**

Jedan od najvažnijih paradigmatičkih prijelaza koji obilježavaju Industriju 5.0 je pomak fokusa s napretka vođenog tehnologijom na pristup potpuno usmjeren na čovjeka. To znači da industrija treba uzeti u obzir društvena ograničenja ne ostavljajući nikoga iza sebe. Ovo ima

broje implikacije koje se odnose na sigurno i povoljno radno okruženje, poštivanje ljudskih prava i vještina radnika.

### **3.4.1. Nova uloga za radnika u industriji**

U Industriji 5.0 znatno se mijenjaju uloga i narativ radnika u industriji. Radnika ne treba smatrati troškom, već prije kao investicijski položaj za poduzeće, omogućavajući radniku i poduzeću razvoj. To implicira da je poslodavac zainteresiran za ulaganje u vještine, sposobnosti i dobrobit svojih radnika, kako bi postigli svoje ciljeve. Takav pristup se uvelike razlikuje od pukog balansiranja troškova radnika s financijskim prihodima. Kao što je već ranije spomenuto, važan preduvjet Industrije 5.0 jest da tehnologija služi ljudima, ne obratno. U industrijskom kontekstu to znači da se tehnologija, koja se koristi u proizvodnji, prilagođava potrebama radnika u industriji, umjesto da se radnik kontinuirano prilagođava tehnologiji koja se stalno razvija. Radnik je sve osnaženiji, a radno okruženje inkluzivnije. Da bi se to postiglo, radnici moraju biti blisko uključeni u projektiranje i uvođenje novih industrijskih tehnologija, uključujući robotiku i umjetnu inteligenciju.

Suradnja ljudi i strojeva razmatrana je u nekoliko financiranih projekata. Na primjer, projekt Factory2Fit (slika 16), ima za cilj osnaživanje i angažiranje radnika u povezanijem industrijskom okruženju. Radnicima su dani veći utjecaji, a time i veća odgovornost u oblikovanju procesa proizvodnje, putem virtualnih sredstava. Kao takva, izgrađena je virtualna tvornica za testiranje i daljnji razvoj ideja na sastancima zajedničkog dizajna s radnicima i ostalim članovima radne zajednice. Prvi rezultati ovog projekta ukazuju na pozitivni utjecaj na produktivnost i dobrobit radnika. Ovakve inicijative omogućavaju povezivanje sve veće automatizacije s ljudskom stručnošću, čime se jača pristup usmjeren na čovjeka.



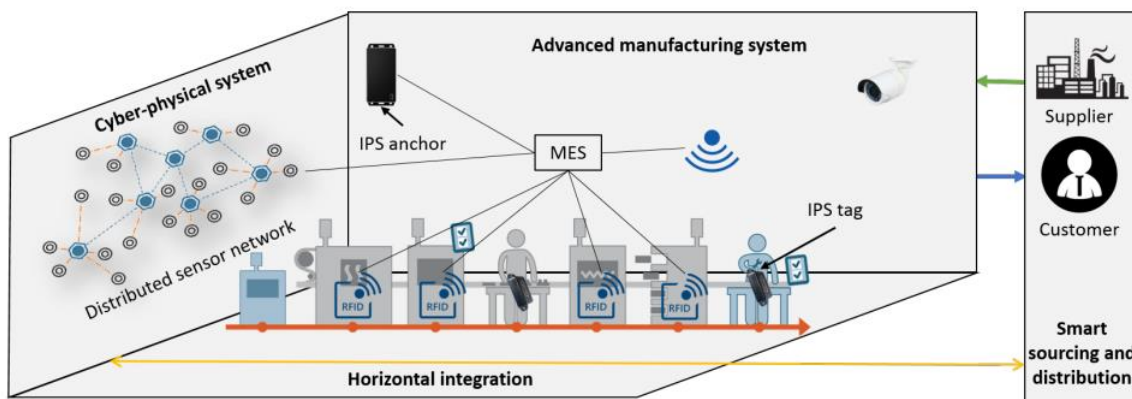
Slika 16. Pojednostavljeni prikaz Factory2Fit projekta [26]

Slika 15 opisuje kako uključivanjem radnika u osmišljavanje vlastitog rada, dijeljenjem znanja, unapređenjem tijeka rada i podržavanjem ostalih radnika u razvoju njihovih kompetencija, ostvarujemo razne benefite poput:

- ✓ Bolje radno blagostanje
- ✓ Poboľšana produktivnost i učinkovitost
- ✓ Kvalitetniji proizvodi

Kao drugi primjer navodimo koncept Operatora 4.0, koji uključuje cyber-fizičke sustave i inteligentne prostore (slika 17) te se raspravlja o vezama između ovih metodologija. Koncept ima za cilj proširiti mogućnosti radnika u industriji, inovativnim tehnološkim sredstvima, umjesto zamjene radnika robotima. Ova tipologija uključuje osam budućih projekcija proširenog operatera:

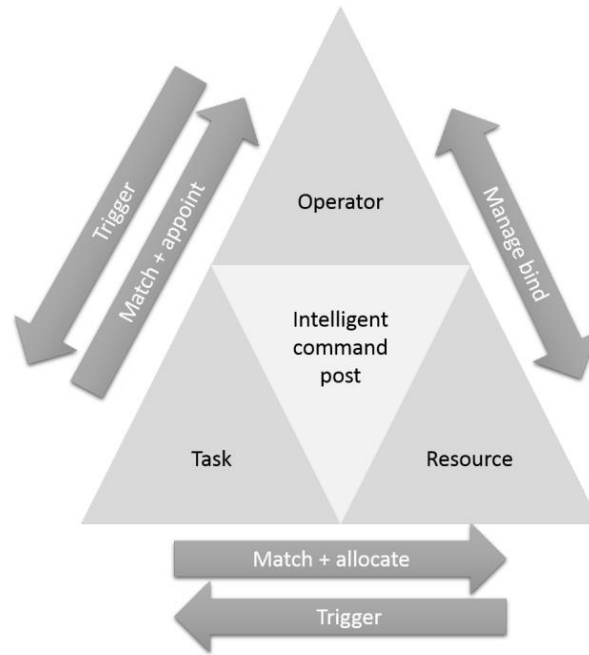
- 1) Operator + virtualna stvarnost
- 2) Operator + inteligentni osobni pomoćnik
- 3) Operator + društvene mreže
- 4) Operator + kolaborativni robot
- 5) Operator + proširena stvarnost
- 6) Operator + nosivi uređaj za praćenje
- 7) Operator + egzoskelet
- 8) Operator + analitika big data (hrv. veliki podaci)



Slika 17. Prikaz inteligentnog prostora [27]

Na slici 16 pojednostavljeni je prikaz inteligentnog prostora, pojma povezanog s koncepcijom Operator 4.0, u kojemu se kontinuirano prate događaji pomoću distribuiranih inteligentnih mrežnih uređaja. Ti uređaji sastoje se od raznih umreženih senzora, npr. sustava za unutarnje pozicioniranje i kamera za lokalizaciju. Oni tumače događaje u fizičkom prostoru i pružaju povratne informacije operaterima pomoću fizičkih uređaja, npr. mikrofona, zaslona itd. Prema horizontalnoj integraciji koncepta, predloženi inteligentni prostor također je povezan s dobavljačima i kupcima. Ovaj koncept ističe kako bi se inteligentni prostor trebao oslanjati na CloudThings (hrv. stvari u oblaku) arhitekturu koja integrira Internet Of Things (IoT) (hrv. internet stvari) i računalstvo u oblaku. Resursi, korisnici i zadaci tri su temeljna elementa inteligentnog prostora interakcije (slika 18). Model korisnik-resurs-zadatak podržava dizajn interakcije među ovim komponentama, čija interakcija treba upravljati načinom na koji resursi pokreću zadatke i kako se zadaci dodjeljuju operaterima na temelju njihove dostupnosti, učinka i sposobnosti.





Slika 18. Veza između resursa, korisnika i zadatka [27]

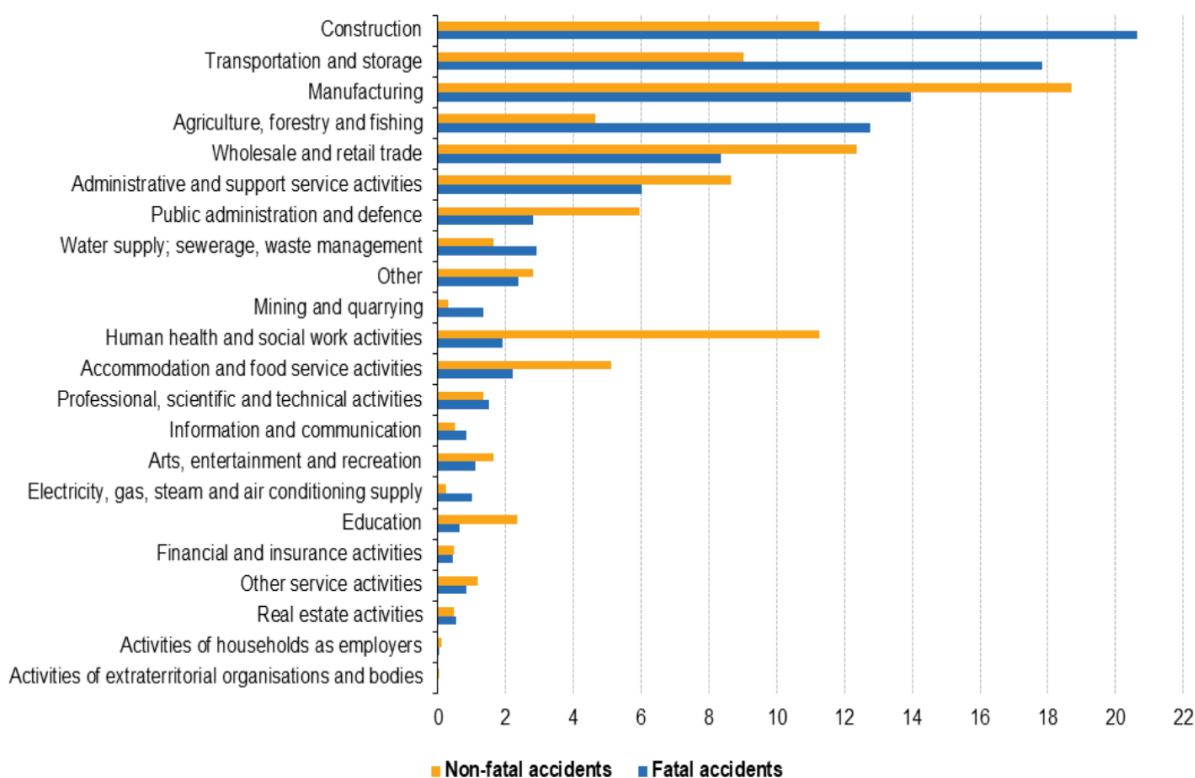
Inteligentni prostor treba odgovoriti na zahtjeve ljudi, tako da aktivnost operatera prepozna kamerama, unutarnjima sustavima za pozicioniranje ili na temelju glasovnih signala, a multisenzorni podaci bi se trebali odrađivati rješenjima umjetne inteligencije i strojnog učenja. Stečene informacije se prenose bežičnom mrežom i obrađuju namjenskim računalima, stoga se svaki događaj koji uključuje ili mijenja nadzirane parametre unutar prostora pažljivo analizira i obrađuje. Prema konceptu inteligentnog prostora, arhitektura mora biti modularna i integrirana, što rezultira niskim troškovima instalacije i održavanja te jednostavnom konfiguracijom. [27]

Nadovezajući se na tipologiju Operatera 4.0, knjiga „Human-centred factories: From theory to industrial practice“ (hrv. tvornice usmjerene na čovjeka: od teorije do industrijske prakse) predlaže grupiranje budućih vrsta operatera u pet kategorija:

- Prošireni i virtualni operater
- Super jaki operater
- Zdrav i sretan operater
- Društveni i suradnički operater
- Jedinstveni operater [24]

### 3.4.2. Sigurno radno okruženje

Jedan od strahova povezanih s uvođenjem novih tehnologija je gubitak radnih mjesta. Međutim, ako se pravilno primjenjuju, nove tehnologije imaju potencijal za povećanje radnih mjesta te pružaju sigurnija radna mjesta. Europski podaci o nesrećama na radu pokazuju da su tri glavna sektora, u kojima se obavljaju opasni i naporni zadaci, upravo oni sektori u kojima se relativno lako uvodi automatizacija, radikalno smanjujući stopu nesreća na radu, uključujući one sa smrtnim ishodom. Broj nesreća na radu 2017. godine bio je 3.3 milijuna nesreća bez smrtnih ishoda, a preko tri tisuće slučajeva sa smrtnim posljedicama (slika 19). Postoje varijacije između država članica, zbog radne kulture pa sve do sustava za prijavu nesreća. Stvarni iznos nesreća na radnom mjestu, posebice bez smrtnog ishoda, mnogo je veći zbog nedovoljnog prijavljivanja.



Slika 19. Grafički prikaz usporedbe nesreća sa i bez smrtnih posljedica prikazan u postocima [24]

Roboti bi mogli preuzeti niz ponavljajućih i jednostavnijih zadataka, stvarajući radna mjesta sigurnija za radnike. Potencijal robotske tehnologije daleko je od iscrpljenosti, pogotovo kada se upravlja umjetnom inteligencijom. Tehnologije temeljene na umjetnoj inteligenciji,

kao i alati virtualne i proširene stvarnosti, mogu se koristiti za usmjeravanje radnika da ispuni specijalizirane zadatke koje inače zahtijevaju posebnu stručnost i obuku. Ovo bi također moglo otvoriti mogućnosti uvođenja više osoba sa smanjenim mentalnim sposobnostima u radno okruženje. Slično tome, mobilni roboti i egzoskeleti (slika 20) imaju potencijal učiniti određene zadatke fizički manje zahtjevnima. To može omogućiti ženama da preuzmu poslove koji su prije bili rezervirani za muškarce zbog potrebne fizičke snage. Širok raspon daljnjih mogućnosti pojavit će se daljnjom digitalizacijom. Digitalizacija industrijskih procesa omogućuje rad na daljinu, omogućujući onima koji žive u udaljenim regijama ulazak na tržište rada te otpornost same proizvodnje. Nedavna kriza Covid-19, tijekom koje funkcioniranje mnogih poduzeća je dovedeno u opasnost zbog mjera fizičkog distanciranja, ilustrirao je potencijal digitalnog daljinskog rada.



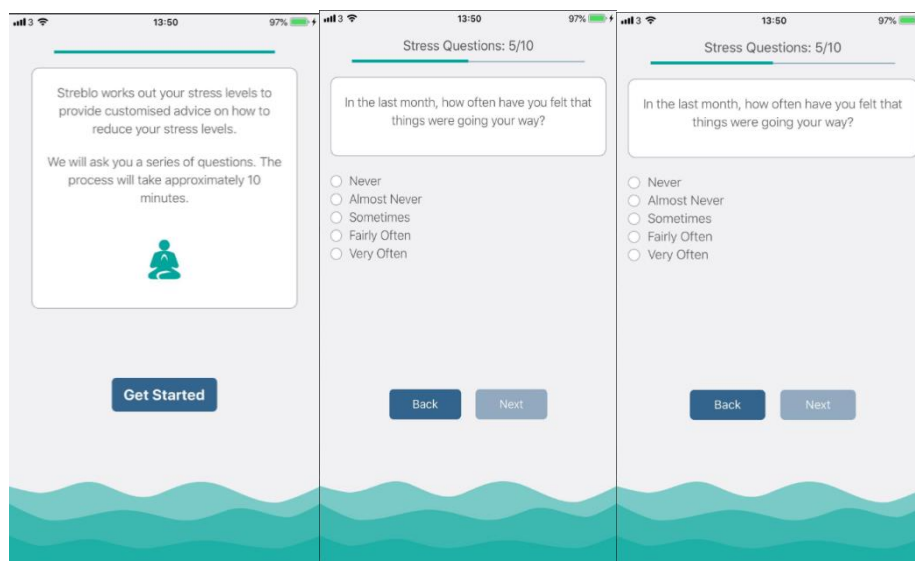
Slika 20. Primjer egzoskeleta u industriji [28]

Sigurnost i dobrobit radnika ne svodi se samo na osiguranje i podršku na njihovo fizičko zdravlje na radnom mjestu. Moraju se u obzir uzeti mentalno zdravlje i dobrobit na ravnopravnoj osnovi pri projektiranju digitaliziranih radnih mjesta. Dok postoje novi rizici povezani s digitaliziranim načinom rada, kao što je rizik od sagorijevanja radnika zbog radne

kulture u kojoj je uvijek dostupan, digitalne tehnologije mogle bi biti od koristi radnicima u boljem nadzoru i upravljanju rizicima u radnom okruženju za njegovo mentalno zdravlje i dobrobit.

Digitalna rješenja i nosivi uređaji mogli bi otvoriti nove kanale za obavještanje radnika o kritičnim zdravstvenim stanjima, fizičkim i mentalnim, kao i podrška radnicima u usvajanju zdravog i pravilnog ponašanja na radnom mjestu. Uz pomoć novih tehnologija i digitalnih rješenja, tvrtke i druge organizacije mogle bi njegovati mentalno zdravlje i kulturu dobrobiti kao sastavni dio njihove korporativne politike. Štoviše, to će vjerojatno donijeti ekonomske koristi i uštede na povećanje produktivnosti i izbjegavanje dugotrajnijih bolesti i odsutnosti.

Na primjer, projekt INSTINCT razvio je aplikaciju *Streblo* (slika 21), koja pomaže građevinskim radnicima da se nose sa stresom. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, psihički zdravstveni problemi, kao što su depresija i anksioznost, imaju procijenjenu cijenu u ekonomskom svijetu od 1 trilijuna dolara godišnje u izgubljenoj produktivnosti. Također se procjenjuje da svaki dolar uloženi u liječenje uobičajenih mentalnih poremećaja povratiti četiri dolara u poboljšanom udruvlju i produktivnosti.



Slika 21. Prikaz aplikacije Streblo [29]

Međutim, gore navedena poboljšanja radnih uvjeta nije moguće postići ukoliko nisu u okvirima temeljnih prava radnika. Radnička autonomija, ljudsko dostojanstvo, privatnost, tjelesno i mentalno zdravlje ne smiju biti dovedeni u opasnost u bilo kojoj fazi prilagođavanja

tehnološkom napretku. Osnovna načela, sadržana u Europskoj povelji o temeljnim pravima, moraju poslužiti kao nepobitna smjernica kada se osmišljava novo radno okruženje.

Važan element koji treba uzeti u obzir kada se projektira pametno radno mjesto su potencijalne predrasude koje treba ublažiti razvojem novih tehnologija koje pokreće umjetna inteligencija. Kada industrijski radnici blisko surađuju s inteligentnim strojevima, ključno je osigurati da alati ne potkopavaju dostojanstvo radnika, bez obzira na njihovu rasu, spol ili dob. [24]

### **3.4.3. Vještine, usavršavanje i prekvalificiranje**

Područje vještina još je jedan važan skup razmatranja za Industriju 5.0. Potrebe vještina razvijaju se jednako brzo kao i tehnologije. Europske se industrije bore s nedostatkom vještina, a obrazovne institucije i institucije za osposobljavanje ne mogu odgovoriti na njihov zahtjev. To se odnosi i na stručnu razinu i na opće zahtjeve za digitalnim vještinama. Na strani ponude, mladi se ne osjećaju dovoljno opremljeni potrebnim vještinama za buduće tržište rada. Razna studija zaključuju da 70% mladih vjeruju da imaju samo neke od vještina koje će biti potrebne za uspješnu budućnost.

Mogući izlaz iz neusklađenosti vještina bio bi novi pristup razvoju tehnologije. Ona bi se mogla izvesti intuitivnijom i lakšom za korištenje, tako da radnicima ne bi bile potrebne vještine za korištenje. Nadalje, obuka bi mogla biti razvijena istodobno s ovom tehnologijom, čime se osigurava dostupnost skupa vještina koji bolje odgovara zahtjevima vještina u industriji.

Važno je napomenuti da je nemoguće osigurati usavršavanje svakog pojedinačnog industrijskog radnika. Uz povećanu automatizaciju, neke će vještine neizbježno postati zastarjele stoga ih je teško dalje razvijati. Zato je važno olakšati promjenu kvalifikacija nekih radnika, tj. prekvalificirati ih. Taj izraz često se koristi za digitalne vještine, koje u to vrijeme možda nisu bile u nastavnom planu i programu kada su radnici završili školovanje ili osposobljavanje. Što se tiče digitalnih vještina, one bitne osigurati određenu osnovnu razinu znanja i razumijevanja za svakoga. Posebno se to odnosi na umjetnu inteligenciju. Bitno je da ljudi imaju osnovno razumijevanje načina na koji umjetna inteligencija funkcionira i poznavanje mogućih prednosti i ograničenja ove tehnologije. Prvi uvjet je da ljudi zadrže kontrolu na tom moćnom tehnologijom.

Digitalne vještine nisu jedine vještine koje će biti relevantne za radnika u industriji tvornice budućnosti. Svjetski proizvođački forum (WMF) identificirao je top-10 vještina koje će biti potrebne u budućnoj proizvodnji. Samo njih četiri se odnosi na digitalne vještine, a to su:

- Digitalna pismenost, umjetna inteligencija i analitika podataka
- Pažljivost na podatke
- Kibersigurnost
- Rad s novim tehnologijama

Preostale vještine su više povezane s kreativnošću, poduzetnošću, fleksibilnošću i otvorenim umom za razmišljanje (slika 22).



Slika 22. Top-10 vještina za buduću proizvodnju [24]

Dok su istraživanja i inovacije ključni pokretači produktivnosti i konkurentnosti, gospodarstva i poduzeća mogu imati koristi od uvoza i usvajanja inovacija proizvedenih drugdje. Difuzija tehnologije prvenstveno ovisi o kapacitetu apsorpcije, koji se može ugraditi internim ulaganjem u vještine i ljudski kapital. Tvrtke bi mogle, i trebale, igrati važniju ulogu u obrazovanju i edukaciji radne snage jer imaju stručnost, znanje u najnovijoj tehnologiji. Oni znaju koje vještine nedostaju, a koje će biti potrebne u budućnosti. Radnike bi u međuvremenu trebalo poticati da sudjeluju u projektiranju obuke, kako bi bili sigurni da su obuke relevantne i prilagođene njihovoj struci. [24]

### **3.5. Prednosti za industriju**

Industrija 5.0 koristi radnicima koliko i tvrtkama. Prednosti za industriju su širok raspon, privlačenje i zadržavanje talenata, ušteda energije, povećana opća otpornosti. Ukupna korist za europsku industriju je dugoročna: kontinuirana konkurentnost i relevantnost uspješnom prilagodbom na svijet koji se mijenja i nova tržišta. U kraćem roku, potrebna ulaganja bi mogla izložiti europsku industriju u odnosu na one koje još ne ulažu u Industriju 5.0. Bit će ključno temeljito odrediti vrijeme i koordinirati ulaganja, kako bi se ublažio ovaj rizik.

#### **3.5.1. Privlačenje i zadržavanje talenata**

Sve veći izazov za tvrtke je privlačenje i zadržavanje kvalificirane radne snage. Čini se da popunjavanje radnih mjesta zahtijeva digitalne i multidisciplinarnе vještine. Najmlađi dio radne snage najvjerojatnije će posjedovati potrebni skup vještina: generacije „Y“ i „Z“ odrasle su u doba digitalizacije. Procjenjuje se da 75% radne snage sastojat će se od takozvanih milenijalaca – ljudi rođeni između 1985 i 1995. godine. U smislu etničke i rasne pripadnosti, milenijalci su najrazličitija generacija koja postoji do sada, a stupila je na tržište rada. Postoje čvrsti dokazi koji ukazuju da se njihova sklonost, orijentacija i motivacija, bitno razlikuju od prethodnih generacija. Oni su češće vođeni društvenim vrijednostima, a ne stabilnijim pozicijama i višim plaćama kao prethodne generacije.

Još jedna značajka mlade generacije radne snage je ta da su više posvećeni postizanju ciljeva održivog razvoja, uključujući jednakost, klimatske promjene, mir, pravdu, iskorjenjenje siromaštva i prosperitet.

Kao takvi, milenijalci radije rade u tvrtkama koje su ekološki prihvatljive. Istraživanje tvrtke Swytch otkrilo je, da od tisuću ispitanika koji su pristupili upitniku, tri četvrtine se

izjasnilo da će vrlo vjerojatno raditi za tvrtku sa zelenim otiskom, dok se 40% ispitanika izjasnilo da će prihvatiti radije posao iz tvrtke koja je posvećena održivosti. Većina ispitanika se izjasnila da je održivost razlog koji utječe na njihovu odluku da ostanu u tvrtki na duge staze.

Kako bi ostale konkurentne na tržištu, tvrtke moraju prihvatiti preferirane vrijednosti potencijalnih zaposlenika. Ovo posebno vrijedi za industrije koje uvode digitalna rješenja u svoje lance vrijednosti.

### **3.5.2. Učinkovitost resursa za održivost i konkurentnost**

Kapitalizacija, prodor na tržište, prihod, profit i svi konvencionalni ekonomski indeksi ne odražavaju niti točno trenutno stanje niti cjelokupnu perspektivu konkurentnosti industrije. Na primjer, profitabilnost se može graditi na korištenju neobnovljivih izvora, na već postojećem jakom nazivu robne marke ili na prolaznim uvjetima tržišta. Koncept Industrije 5.0 promiče ekonomiju performansi industrije uz poštivanje potreba i interesa radnika, kao i osiguravanje održivosti okoliša. To ga čini privlačnim ne samo poduzetnicima, ali i potencijalnim investitorima i potrošačima koji bi mogli imati koristi od dostupnosti konkurentnijih proizvoda.

Energetski intenzivne industrije ugrađene su u mnoge strateške lance vrijednosti, koji čine više od polovice potrošnje energije industrije EU i odgovorne su za oko 8% emisija u EU. Stoga, željena klimatska neutralnost i neizbježne fluktuacije cijena energije nerazmjerno utječu na njihove troškove. Energetske tehnologije za otpornost i smanjenje troškova, kao i potrebni moderni politički okvir, nužni su da bi se upravljalo energetsom tranzicijom.

Operateri informacijske i komunikacijske tehnologije koriste oko 1% globalne električne energije, što odgovara 0,34% ukupnih globalnih emisija stakleničkih plinova. Dakle, udio nije trivijalan u smislu ekološke održivosti. Tijekom posljednjih pola desetljeća, unatoč sve većoj potražnji za podacima, potrošnja električne energije u informacijskoj i komunikacijskoj tehnologiji ostaje gotovo nepromijenjena. Međutim, mnoge citirane prognoze sugeriraju da će potražnja za električnom energijom iz podatkovnih centara narasti u ovom desetljeću. Uloga informacijskih i komunikacijskih tehnologija u ublažavanju klimatskih promjena je dvostruka.

Prvo, može naznačiti sektorske emisije i smanjenje troškova kroz energetska učinkovitost i prihvaćanje obnovljivih izvora energije. Drugo, ima potencijal smanjenja emisija u širem gospodarstvu.



Učinkovitost resursa je postizanje „boljeg s manje“, optimizirati odnos između outputa proizvoda i inputa resursa. To znači uzeti u obzir perspektivu životnog ciklusa i razmatranja kraja životnog vijeka. OECD RE-CIRCLE projekt pruža smjernice politike za učinkovitost resursa i prijelaz na kružno gospodarstvo, koje neće biti korisno samo materijalnoj sigurnosti, već će također poboljšati ekološke i ekonomske rezultate. Usvajanje inovativnih resursa je nacrt za novo gospodarstvo, usko povezano s UN-ovim programom 2030. i njegov 9. i 12. cilj održivog razvoja za „Industriju, inovaciju i infrastrukturu“ te „Odgovornu potrošnju i proizvodnju“ (slika 23). [24]



Slika 23. UN-ov program održivog razvoja [30]

### 3.5.3. Povećana otpornost

Otpornost se odnosi na sposobnost fleksibilnog suočavanja s promjenama. Globalizirani lanci vrijednosti i tržišta sve su sklonija razornim promjenama poput onih uzorkovanih političkim promjenama (Brexit, trgovinski ratovi itd.) i prirodne katastrofe (pandemije, utjecaji klimatskih promjena itd.).

Industrija budućnosti treba biti opremljena za brzu prilagodbu u promjenjivim okolnostima za ključne lance vrijednosti, kako bi osigurala svoju ulogu održivog pokretača prosperiteta. Otporna industrija može se nositi s ranjivostima koje se mogu pojaviti na mnogim razinama.

Istraživanje industrijske otpornosti može pomoći u razumijevanju globalnih, lokalnih i tehničkih rizika s kojima se industrija sve više suočava. Može razviti i implementirati strategije ublažavanja koje mogu biti kamen temeljac optimalnog i otpornog funkcioniranja industrije u budućnosti. Inovativne tehnike, uključujući više modularnih proizvodnih linija, daljinski upravljane tvornice, korištenje novih materijala može pomoći industriji da postigne potrebnu otpornost. Posebnu ulogu imat će digitalne tehnologije. Dok će digitalna interkonekcija omogućiti mnoštvo otpornih tehnologija (prikupljanje podataka, automatizirani rizik analiza, automatizirane mjere ublažavanja), povećana ovisnost o digitalnim tehnologijama izlaže industriju tehničkim poremećajima poput kvarova i cyber napada. Istraživanje i inovacije igrat će ključnu ulogu u razvoju kibernetičke sigurnosti potrebne za otpornost industrije budućnosti.

[24]

## 4. OSTVARIVANJE INDUSTRIJE 5.0

Održivost, usmjerenost na čovjeka i otpornost glavne su značajke Industrije 5.0. Ne smatramo ih samo poželjnima, već nužnima, kako bi europska industrija ostala relevantna, konkurentna i sposobna za budućnost. Stoga, kada se pitamo kako možemo ostvariti Industriju 5.0, pitamo se kako europska politika može pružiti poticajne uvjete za industriju da se pripremi te inovira za budućnost. Ta budućnost je možda bliža nego što se često pretpostavlja. U nekim aspektima, može je već ovdje. Digitalna revolucija u punom je zamahu i ne pokazuje znakove usporavanja.

Klimatske promjene su stvarnost koja se sve više očituje. Pandemija Covid-19 imala je snažan utjecaj na proizvodnju u raznim industrijskim sektorima. Promjene u političkom svijetu dovode u pitanje uspostavljene globalne lance vrijednosti. Poteškoće u pronalaženju novog osoblja s odgovarajućim vještinama, kao i zadržavanje u tvrtki, trajni su problem u mnogim industrijskim sektorima.

Snažan odgovor europske politike koja se bavi mnogim od ovih pitanja već je poznat: Europska komisija ide naprijed s potporom kao i reguliranjem novih digitalnih tehnologija, uključujući umjetnu inteligenciju. Njihov ambiciozni *Green Deal* (hrv. zeleni dogovor) (slika 24) prihvatile su sve države članice. Paket za oporavak sadrži čvrste odredbe da oporavak nakon pandemije Covid-19 bude snažan i otporan na budućnost.

Upravo su te ključne promjene odgovori na politiku koja pokreće koncept Industrije 5.0 naprijed. Paradigmu Industrije 4.0 prvenstveno je pokretao potencijal novih tehnologija za poboljšanje učinkovitosti i produktivnosti, dok Industriju 5.0 pokreću nadolazeće društvene promjene i realnost. Ona se fokusira na tehnologiju i inovacije kao neophodne komponente za novu industrijsku paradigmu, u kojoj je europska industrija otpornija i prilagođava se novoj društvenoj stvarnosti gdje se u centar proizvodnog procesa stavlja poštivanje granica našeg planeta te dobrobit radnika u industriji.



Slika 24. Pojednostavljeni prikaz Green Deal-a [31]

#### 4.1. Radnik u središtu procesa

Europska Unija već je usvojila čovjekocentričan pristup u svojim nekoliko ključnih politika. Neki od njih su:

- Opća uredba o zaštiti podataka (GDPR) štiti prava pojedinaca na zaštitu njihovih osobnih podataka u korištenju korporativnih i državnih usluga
- White Paper o umjetnoj inteligenciji postavlja načela za eventualnu regulaciju umjetne inteligencije koja pruža mjere zaštite za korisnike određenih kategorija tehnologije umjetne inteligencije

Dok su obje političke inicijative dobile kritike iz korporativnog svijeta, potvrdilo se da je europsko opredjeljenje za zaštitu ljudskih i temeljnih prava prioritet. Europa prednjači kao primjer u svijetu kada je riječ o vrijednosnim politikama.

U industrijskom kontekstu, još uvijek ima mjesta za napredak u pogledu pristupa usmjerenosti za čovjeka. Kako bismo osigurali da i tvrtke i radnici imaju koristi od digitalnih tranzicija, potrebno je ponovno promišljanje i redizajniranje poslovnih modela. Radnici trebaju biti uključeni u svaki korak ovog tranzicijskog procesa. Kako bismo imali koristi od relativne snage tehnologije i radnika, tvrtke trebaju ulagati u oboje. Potrebna je jača suradnja između poduzeća s jedne strane, te ustanove za obrazovanje i osposobljavanje s druge strane. Takve ustanove su u dobroj poziciji da utvrde nedostatke vještina i prognoziraju potrebne vještine za blisku budućnost. Obrazovanje, obuka, prekvalifikacija i usavršavanje zasigurno su među najhitnijim pitanjima kojima se treba pozabaviti pri prilagođavanju digitalne tranzicije u industrijama. Nažalost, mora se priznati da neće svi imati pravo na prekvalifikaciju, s obzirom da nekim radnicima nedostaju čak i najosnovnije digitalne vještine potrebne za daljnje obrazovanje i obuku.

U programu vještina Europske Unije već je predviđen niz političkih inicijativa. Naime, ažurirani Akcijski plan za digitalno obrazovanje (2021. – 2027.) ocrtava viziju Europske komisije za visokokvalitetno i dostupno obrazovanje i sustave obuke prikladne za digitalno doba. Njihova dva prioriteta odnose se na potrebu da se potiče razvoj visokoučinkovitog digitalnog obrazovnog ekosustava te poticanje digitalne vještine i kompetencije za digitalnu transformaciju. To će možda biti popraćeno značajnim reformama u socijalnoj politici kao što su sustavi socijalne i zdravstvene zaštite. Ponovno razmišljanje o vezama između plaćenog rada i socijalnih beneficija, kao i revizija postojećih dodatnih sustava, mogu biti potrebni.

S obzirom da neće svi radnici moći pronaći svoje novo mjesto u transformiranoj industriji, društvena je odgovornost pomoći im da ostanu relevantni i zaštićeni članovi društva.

## **4.2. Održivost**

Održivi razvoj je već dugo u središtu europske politike, čvrsto ukorijenjen u europskim ugovorima. Nekoliko moćnih instrumenata koji pomažu EU da ostvari svoje ugljično neutralne ambicije su identificirani. Inovacije u zelenoj tehnologiji, u kombinaciji s inicijativama EU usmjerene na digitalizaciju europske industrije, koja uključuje upotrebu velikih podataka i umjetne inteligencije, su stvarnost i industrija ih sve više prihvaća.

Suočeni s rastućom javnom zabrinutošću za okoliš i društvo, tvrtke uključuju održivost u svoje poslovne modele. Kada u potpunosti shvatimo prednosti poboljšanog korporativnog

imidža i uštede na troškovima energije i materijala, industrija će prihvatiti učinkovitost resursa kao prirodan izbor. Istraživanja bi trebala posvetiti više pažnje na način na koji tvrtke mogu obnoviti svoj poslovni model i bolje se obračunati s održivošću okoliša na organizacijskoj razini u svojim poslovnim ekosustavima.

Povećanje industrijske proizvodnje obično zahtijeva više energije i povećava štetne emisije. Inovacije mogu preokrenuti ovaj trend pametnim planiranjem proizvodnje i korištenjem energetski učinkovitijih tehnologija. Između 1990. i 2016. godine, energetska učinkovitost sektora krajnje upotrebe u EU poboljšana je za 30% po prosječnoj godišnjoj stopi od 1,4%. Iznimno je važno razmotriti vezu između potrošnje energije i gospodarskog rasta na sektorskoj razini, posebno za energetski intenzivne industrije. Takva sektorska analiza može nam pomoći da identificiramo probleme specifične za određenu industriju.

Trenutačni postotak dovezenih sekundarnih sirovina i resursa nazad u gospodarstvo iznosi 12%, te se jasno može poboljšati. Koncept kružnog gospodarstva nacrt je za novo gospodarstvo u skladu s dvanaest ciljeva UN-a održivog razvoja, generira brzu i trajnu ekonomsku korist i dobiva široku podršku javnosti. Pruža pozitivan, koherentan izazov inovacija, kroz koji mladi ljudi vide relevantnost i prilike u smislu ponovnog promišljanja i redizajniranja svoje budućnosti. Optimizacija postojećih ekonomskih rješenja svakako nije dovoljna. Industrija mora nastaviti s novim rješenjima koji mijenjaju igru, primijeniti ih u praksi i razumijeti implikacije prerade svojih poslovnih modela.

Neki se materijali prilično lako uklapaju u koncept kružnog gospodarstva, dok drugi, poput kompozitnih materijala, ojačana vlakna plastike, metalurški otpad itd., predstavljaju puno teži izazov i zahtijevaju daljnje istraživanje. Mnogo europskih tvrtki već prepoznaju da industrijska ekologija i industrijska simbioza (dijeljenje i prenamjena sekundarnih resursa i nusproizvoda) su dobar pokazatelj, ne samo za okoliš, već i pomažu industrijama da se natječu na globalom tržištu i zadržavaju dugoročnu konkurentnost.

### **4.3. Elastičnost**

Izbijanje pandemije koronavirusa izazvalo je otpornost našeg društva i gospodarstva. Budući da je otporna sama po sebi, industrija može uvelike doprinijeti otpornosti društva, osiguravajući da se proizvodnja podržava i radnici mogu nastaviti s radom. Umjesto povratka na staro, ponovna izgradnja mnogo otpornijeg i u budućnosti spremnijeg europskog gospodarstva i industrije, omogućila je prevladavanje krize Covid19. Ovo se uvjerenje ogleda u vrlo značajnom odgovoru na europskoj razini u ekonomskoj krizi izazvanoj pandemijom,

potaknuvši neke od ključnih značajki Industrije 5.0 u prvi plan, kao uvjet za uspješan prijelaz na „novo normalno“. Europska Unija reformskim naporima želi podržati njene članice koji osiguravaju održivi oporavak. Provođenjem reformi i ulaganjem u prioritete zelene, digitalne i socijalne otpornosti, pomoći će u stvaranju radnih mjesta i održivom rastu. Pogon za oporavak i otpornost bit će financiran putem europskog instrumenta oporavka, u iznosu od 750 milijardi eura. Za pristup objektu, države članice moraju pripremiti planove oporavka i otpornosti, utvrđujući njihovu reformu i ulaganja.

U kontekstu instrumenata za oporavak i otpornost, europska komisija također poduzima korake za jačanje strateške autonomije u nizu specifičnih područja. Također predlaže izradu novog strateškog investicijskog instrumenta za ulaganje u ključne vrijednosne lance za buduću otpornost Europe i stratešku autonomiju u kontekstu zelene i digitalne tranzicije. Jasno je da će industrija imati ključnu ulogu u prijelazu na održivo i otpornije društvo usmjereno na čovjeka.

Kako što je naglašeno u cijelom radu, kako bi industrija ispunila i nastavila ispunjavati svoju ulogu pokretača prosperiteta za naše društvo, treba inovirati i prilagoditi se kako bi mogla prijeći u novu socijalnu i ekološku paradigmu. Bliska koordinacija i suradnja između industrije i država članica na europskoj razini, zahtijeva da se uspješno izađe iz krize Covid-19. Iako su izazovna vremena pred nama, ona pružaju jedinstvenu priliku za ulaganje u „novu normalu“, Industriju 5.0.

#### **4.4. Idući koraci za Industriju 5.0**

Kao što je već prikazano u radu, tranzicija prema Industriji 5.0 je započela. Razni tekući projekti već pridonose razvoju ovog koncepta. Sljedeće glavne radnje, predviđeni kao sljedeći koraci, dio su našeg alata za ostvarenje Industrije 5.0:

- Povećanje svijesti u industriji, ali i kod socijalnih partnera. To će omogućiti promicanje i konsolidaciju koncepta Industrije 5.0
- Implementacija tehnologije potrebnih za Industriju 5.0
- Identificirati postojeće akcije i mogućnosti za razvoj Industrije 5.0, uključujući akcije za poticanje inkluzivne tehnologije diljem Europe
- Slijedeći načelo inovacije, provjera regulatornih prepreka inovacijama relevantne za Industriju 5.0

- Istraživanje otvorenih inovacija i testiranje novih oblika dijeljenja istraživanja i rezultata inovacija
- Promicanje značajki Industrije 5.0 kao vodeća načela za razvoj zajedničkih tehnoloških planova
- Doseg u druga područja politike. Prijelaz u Industriju 5.0 zahtijevat će broj političkih akcija u područjima kao što su socijalna politika, obrazovanje, oporezivanje, energetika, industrijska politika itd.

#### **4.5. Industrija 4.0 i Industrija 5.0 u Republici Hrvatskoj**

Nova usmjerenost industrijske politike otvara i potrebu propitivanja spremnosti Hrvatske, kao zemlje u članstvu Europske unije, na promjene koje donosi industrijska revolucija. Naime, zemlje moraju odlučiti kako najbolje odgovoriti u odnosu na njihove nacionalne strategije, što zahtijeva od država da najprije definiraju čimbenike i uvjete koji imaju najveći utjecaj na transformaciju njihovih proizvodnih sustava, a slijedom toga mogu poduzeti odgovarajuće mjere za uklanjanje potencijalnih nedostataka vezanih uz njihovu spremnost za budućnost proizvodnje. Nadalje, World Economic Forum (hrv. svjetski ekonomski forum) 2018. naglašava kako ne postoji pristup „one-size-fits-all“ (hrv. jedna veličina odgovara svima), te bi zemlje morale namjerno odlučiti da budu drugačije i tako oblikuju i provedbu svoje vlastite strategije, a odluke o proizvodnji trebale bi donositi u kontekstu svoje nacionalne gospodarske strategije.

Zemlje će također trebati odlučiti o sektorima i lancima vrijednosti unutar proizvodnje kako bi odredile prioritete na temelju usporedivih prednosti. U tom je kontekstu Svjetski gospodarski forum, u suradnji s A.T. Kearneyem, razvio novi referentni okvir (Readiness for the Future of Production Report 2018.), odnosno dijagnostički alat koji analizira trenutnu razinu spremnosti zemalja za budućnost proizvodnje, kao i odgovarajuće mogućnosti i izazove. Konkretnije, Svjetski gospodarski forum analizirao je procjenu spremnosti za budućnost proizvodnje kroz dvije različite komponente: strukturu proizvodnje (koju čine pokazatelji ekonomske složenosti i dodane vrijednosti proizvodnje) i „pokretače“ proizvodnje (koji identificiraju šest glavnih potkategorija: tehnologija i inovacije, ljudski kapital, globalna trgovina i ulaganja, održivi resursi, institucionalni okvir, te potražnja, pri čemu svaki od njih ima odgovarajuće podvrste i pokazatelje koji mjere ključne pojmove).



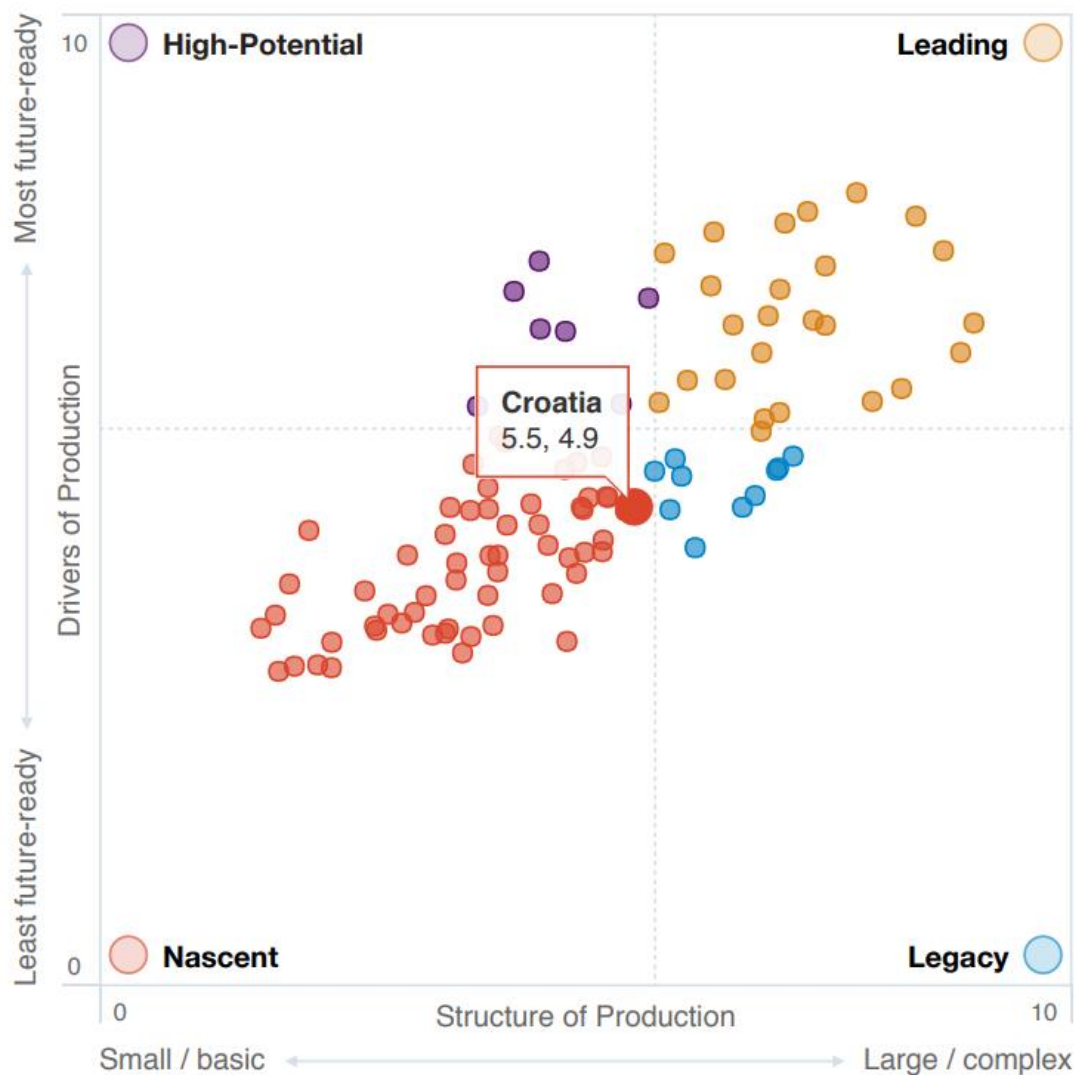
Pri tome, procjena uključuje 59 pokazatelja i obuhvaća 100 zemalja koja pokrivaju sve regije svijeta na ljestvici od 0 (najlošiji rezultat) do 10 (najbolji rezultat). Zemlje su podijeljene u četiri kategorije:

- Vodeće - zemlje s jakom proizvodnom bazom koje danas pokazuju visoku razinu spremnosti za budućnost kroz snažan učinak na razini svih pokretača proizvodnje
- „Lagacy“ odnosno zemlje s naslijeđem - zemlje koje danas imaju jaku proizvodnu bazu, ali su u opasnosti za budućnost zbog slabijeg učinka u komponenti „pokretača proizvodnje“
- Zemlje s visokim potencijalom - koje ukazuju na postojanje kapaciteta za povećanje proizvodnje u budućnosti, ovisno o prioritetima unutar nacionalnog gospodarstva
- „Nascent“, odnosno zemlje s ograničenom proizvodnom bazom - e pokazuju nisku razinu spremnosti za budućnost kroz slabe performanse u svim proizvodnim komponentama.

Prema istraživanju, posljednja skupina „nascent“ odgovorna je za manje od 10% globalne proizvodne dodane vrijednosti danas, a sadrži najveći broj zemalja (njih 58), među kojima je i Hrvatska.

Prema procjeni, to je najveća grupa zemalja u kojoj sve zemlje pokazuju nisku razinu spremnosti za budućnost proizvodnje, što se očituje slabijom izvedbom „pokretača“ proizvodnje, kao i ograničenom strukturom proizvodnje. [24]

Hrvatska se prema analizi „pokretača proizvodnje“ nalazi na 37. (s vrijednošću 4,9), a prema analizi „strukture proizvodnje“ na 51. mjestu, s vrijednošću 5,5 (slika 25). Uz Hrvatsku, u ovoj se skupini zemalja (od članica EU-a) nalaze Bugarska, Cipar, Grčka i Latvija. Nasuprot tome, u „vodećoj“ skupini nalazi se 16 zemalja članica Europske unije, s Austrijom i Belgijom na prvom odnosno drugom mjestu.



Slika 25. Globalna karta rezultata procjene spremnosti zemalja za izazove buduće proizvodnje [32]

Zaključujemo da Hrvatska još svoju strategiju priprema, kao i Nacionalnu razvojnu strategiju Republike Hrvatske do 2030. godine. Bitno je istaknuti kako se Hrvatska prema istraživanjima (Indeksa digitalnog gospodarstva i društva i srodnih indeksa, potom I-Com indeksa razine pripravnosti za Industriju 4.0 te Indeksa umrežene pripravnosti ne nalazi na samom dnu ljestvica pripravnosti za promjene koje nosi četvrta industrijska revolucija, ali se nalazi među posljednjim članicama EU-e. Ipak možemo primijetiti da je položaj Hrvatske na ljestvici poretka bolji iz godine u godinu, što sugerira da Hrvatska u području digitalne transformacije industrije i poduzeća napreduje sporije u odnosu na ostale članice Unije, kod kojih se taj proces odvija bržim tempom.

## 4.6. Projekti vezani za Industriju 5.0

U nastavku su nabrojani projekti vezani uz Industriju 5.0, od kojih su neki završeni, a neki su u tijeku.

### 1. EMPOWER

- Europska platforma za promicanje dobrobiti i zdravlja na radnom mjestu (1. siječnja 2020. – 31. prosinca 2023) – EMPOWER je multidisciplinarni istraživački i inovacijski napor usmjeren na razvoj, implementaciju, ocjenjivanje i širenje učinkovitosti i isplativosti modularne eZdravstvo platforme koja promiče zdravlje i dobrobit, smanjenje psihološke nevolje, sprječava uobičajene mentalne probleme i smanjuje njihov utjecaj na radnom mjestu. U suradnji s dionicama, prilagodit će postojeće učinkovite intervencije usmjerene na različite komponente (svijest i stigma, uvjeti na radnom mjestu i psihosocijalni čimbenici, stres, životni stil) za stvaranje kombinirane online modularne platforme izvedive na radnom mjestu kulturološkom prilagodbom. Kroz povećanje već postojećih učinkovitih intervencija, EMPOWER je usmjeren na rješavanje sveobuhvatnih izazova iz različitih perspektiva, uključujući individualnu i organizacijsku razinu. Glavni rezultati nastojanja pomoći će zaposlenicima, poslodavcima i donositeljima zakona u procesima odlučivanja o novom zakonskom i ugovornom okviru na razini EU.

### 2. H-WORK

- Višerazinske intervencije za promicanje mentalnog zdravlja u malim i srednjim poduzećima i na javnim radnim mjestima (1. siječnja 2020. – 30. lipnja 2023.) – Opći cilj projekta H-WORK je dizajn, implementacija i validacija učinkovitog višerazinskog rada s alatima za procjenu i intervenciju koji nude nove proizvode i usluge za promicanje mentalnog zdravlja javnih organizacija i malih i srednjih poduzeća.

Isto tako, ocjenjuju pojedinačne i organizacijske ishode usvojenih mjera te daju preporuke poslodavcima i stručnjacima medicine rada. Svrha projekta je dizajnirati, implementirati i iskoristiti integrirani alat H-TOOLS koji će omogućiti

menadžerima i izvršnim direktorima učinkovitu procjenu organizacijskog psihosocijalnog rizika, implementirati najprikladnije intervencije i procijeniti pojedinačne i organizacijske ishode usvojenih mjera.

### 3. INSTINCT

- Suzbijanje stresa u građevinskoj industriji ( 3. siječnja 2017. – 5. srpnja 2019.) – Predlaže se intervencija za suzbijanje pojave stresa: Blokator stresa (Streblo). Kognitivna psihologija identificira pet glavnih osobnosti: susretljivost, savjesnost, otvorenost, neuroticizam i ekstravertnost. Kako se ovih pet glavnih osobnosti razlikuju u dinamici stresa nije istraženo, osobito u graditeljstvu gdje također prevladava stres. Stoga je prvi dio studije empirijsko istraživanje utjecaja stresora na radnike i njihova različita ponašanja u suočavanju s istima. Podaci od najmanje 1500 britanskih građevinskih radnika su prikupljeni i analizirani pomoću više statističkih tehnika. Pomoću prikazanih rezultata, započeo je razvoj Streblo, informatičkog alata temeljenog na oblaku za učinkovito prepoznavanje i odvrćanje od stresa. Streblo je jednostavna, brza i besplatna informatička aplikacija koja je dostupna na mobilnim uređajima, računalima i prijenosnim računalima. On iskorištava napredne tehnologije za sprječavanje stresa u različitim profilima građevinskih poslova kao i drugim sektorima gospodarstva.

### 4. KYKLOS 4.0

- Napredni kružni i agilni proizvodni ekosustav temeljen na brzom rekonfiguraciji procesa proizvodnje i individualne preferencije potrošača ( 1. siječnja 2020. – 31. prosinca 2023.) – U kružnoj proizvodnji proizvođači pronalaze načine za uklanjanje otpada ponovnom upotrebnom i recikliranjem materijala i robe. Projekt Kyklos 4.0 koji financira EU ima za cilj pokazati kako cyber-fizički sustavi, umjetna inteligencija i proširena stvarnost mogu transformirati kružnu proizvodnju. To će postići putem sedam velikih pilot projekata koji će pokazati poboljšanja u operativnoj učinkovitosti i isporučiti rješenja za ponovnu upotrebu resursa. To će dodatno osigurati skalabilnost nove kružne proizvodne tehnologije, uključiti više od sto europskih industrijskih aktera te prenijeti znanje, iskustvo i mobilizirati dodatna ulaganja u sektor. Napredni ekosustav projekta može preoblikovati tvorničke procese i usluge tako da koriste proizvodnju cijele Europe.

### 5. PRODUCTIVE 4.0

- Elektronika i informacijska i komunikacijska tehnologija kao pokretači digitalne industrije (1. svibnja 2017. – 30. lipnja 2020.) – Glavni cilj Productive 4.0 projekta je postići poboljšanje digitalizacije europske industrije putem elektronike i informacijske i komunikacijske tehnologije. Ono što projekt čini jedinstvenim je pristup holističkog sustava dosljednog fokusiranja na tri glavnih čimbenika: digitalna automatizacija, mreže opskrbnog lanca i upravljanje životnim ciklusom proizvoda. Svi su oni međusobno povezani i utječu jedni na druge. U konačnici, svrha projekta je prikladnost za svakodnevnu primjenu u svim područjima industrijskih sektora. Ovo je dio novog koncepta uvođenja besprijeorne automatizacije, mrežna rješenja za povećanje transparentnosti podataka, njihove dosljednosti i ukupne učinkovitosti. [24]

## 5. ZAKLJUČAK

Koncept Industrije 4.0, plasiran 2011. godine, zasnovan je na „pametnoj tvornici“ u kojoj su svi procesi automatizirani, od komunikacija do procesa proizvodnje s ciljem ostvarivanja maksimalnog profita. Značajno se smanjuje broj radnika, a mijenja se i struktura zaposlenika, traže se nova znanja, prije svega iz područja informatike. Ta koncepcija je uglavnom namijenjena proizvodnim pogonima koji proizvode velike količine proizvoda, koji mogu biti različiti, personalizirani, ali koriste istu vrstu tehnologije rada. Tvornice koje proizvode visokoserijske proizvode postaju tvornice masovnih proizvoda, jer na konačni proizvod sve više ima utjecaj kupac sa svojim zahtjevima. S druge strane, Industrije 5.0, plasirana 2015., usmjerena je na interakciju između ljudi i strojeva. Taj zajednički rad ljudi i robota spaja ljudsku kreativnost i vještinu s preciznošću, brzinom i produktivnošću robota u cilju stvaranja novih komercijalnih i društvenih vrijednosti. Industrija 5.0 je humanija, vraća „ljudski dodir“ odnosno ljude u proizvodnju. Taj koncept rada prikladan je primarno za srednje i male tvrtke gdje potpuna automatizacija nije moguća ili nije isplativa, a zahtjev tržišta sve više traži proizvode po mjeri i želji kupca. I u velikim proizvodnim poduzećima ima tehnoloških operacija koje nisu isplative da se automatiziraju, ili je automatizacija vrlo kompleksna, pa je ovaj oblik suradničkog rada robota i radnika najisplativiji. Postoji veliki potencijal suradničkog rada i u području održavanja postrojenja. Dio kritičara i teoretičara smatra da Industrija 5.0 nije niti neka nova značajna nadogradnja na Industriju 4.0, a kamo li nova industrijska revolucija. No, uspoređujući ove dvije koncepcije možemo zaključiti da se radi o znatnom proizvodnom i organizacijskom zaokretu, koji mijenja odnose u društvu i gospodarstvu te postavlja čovjeka-radnika u središte, uz poštivanje njegove privatnosti, autonomije i ljudskog dostojanstva. Zar nisu to ključna obilježja industrijske revolucije?

## 6. LITERATURA

- [1] History - „Industrial revolution“, 2009., dostupno na: <https://www.history.com/topics/industrial-revolution/industrial-revolution>; pristupljeno 1.6.2022
- [2] Kingston P. - „James Watt“, 2022., biografija, dostupno na: <https://www.britannica.com/biography/James-Watt/Later-years>; pristupljeno 2.6.2022
- [3] Todd P.J. – „The original plans for the Sailing Ship Columbia“, 2016., dostupno na: <http://www.disneyhistoryinstitute.com/2016/01/original-plans-for-sailing-ship.html>; pristupljeno 2.6
- [4] „Prva parna lokomotiva puštena u pogon (1804.)“, 2022., dostupno na: <https://povijest.hr/nadanasnjidan/prva-prava-parna-lokomotiva-na-svijetu-pustena-u-pogon-u-walesu-1804/>; pristupljeno 2.6.2022.
- [5] Courtney P. – „The second industrial revolution“, dostupno na: <https://industrialdevelopment.weebly.com/> ; pristupljeno 3.6.2022.
- [6] „Telefon“, 2021., dostupno na: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Telefon> ; pristupljeno 5.6.2022
- [7] „Povijest stvaranja motora s unutarnjim izgaranjem. Kratka povijest razvoja ICE-a. Povijest motora s unutarnjim izgaranjem početkom 20. stoljeća“, 2022., dostupno na: <https://nashipoezda.ru/hr/spec--purpose/istoriya-sozdaniya-dvigateli-vnutrennego-sgoraniya-kratkaya-istoriya-razvitiya-dvs.html> ; pristupljeno 7.6.2022.
- [8] Yacht Charter Croatia - „Tesla alternating current polyphase system“, dostupno na: [http://www.yacht-chartercroatia.com/about\\_croatia/tesla/tesla-ac-system.htm](http://www.yacht-chartercroatia.com/about_croatia/tesla/tesla-ac-system.htm); pristupljeno 3.6.2022.
- [9] Tesla universe - „My inventions III – My later endeavors“, dostupno na: <https://teslauniverse.com/nikola-tesla/articles/my-inventions-iii-my-later-endeavors>; pristupljeno 4.6.2022.
- [10] Lončar J., Stiperski Z.: „Industrijska geografija“, 2019., Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, ISBN: 978-953-239-228-9, pristupljeno 5.6.2022.

- [11] Rukavina M. – „Sustav proizvodnje Just in Time na primjeru Toyote“, 2018., Sveučilište u Zadru, Zadar, dostupno na: <https://repozitorij.unizd.hr/islandora/object/unizd%3A2669> ; pristupljeno 4.6.2022
- [12] Hrvatska gospodarska komora - “Industrija 4.0“, dostupno na: <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf>; pristupljeno 5.6.2022
- [13] Mattern F., Floerkemeier C. – „From the Internet of Computers to the Internet of Things“, dostupno na: <http://vs.inf.ethz.ch/publ/papers/Internet-of-things.pdf>; pristupljeno 9.6.2022.
- [14] Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. – „Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0“, 2013., dostupno na: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>; pristupljeno 10.6.2022.
- [15] Kreating M. – „Is Industry 4.0 driving Digital Transformation?“, 2022., dostupno na: <https://actionpointtech.co.uk/is-industry-4-0-driving-digital-transformation/>; pristupljeno 10.6.2022.
- [16] Mailxaminer - „Know about need of digital forensics in the emerging iot world“, 2020., dostupno na: <https://www.mailxaminer.com/blog/need-of-digital-forensics/>; pristupljeno 11.6.2022.
- [17] Statista research department - „Size of the Internet of Things market worldwide in 2014 and 2020“, 2015., dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/512673/worldwide-internet-of-things-market/>; pristupljeno 10.6.2022.
- [18] Owen-Hill A. – „Yes, virtual reality now works with offline programming“, 2019., dostupno na: <https://robodk.com/blog/virtual-reality-offline-programming/>; pristupljeno 15.6.2022.
- [19] Bayraktar O., Atac C. – „The effects of Industry 4.0 on human resources management“, 2018., dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/329706763\\_The\\_Effects\\_of\\_Industry\\_40\\_on\\_Human\\_Resources\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/329706763_The_Effects_of_Industry_40_on_Human_Resources_Management); pristupljeno 12.6.2022.



- [20] Robicomp - „How big data works and its role in companies“, 2019. Dostupno na: <https://www.robicomp.com/cara-kerja-big-data-dan-perannya-dalam-perusahaan.html>; pristupljeno 16.6.2022.
- [21] SAP Sapphire - „What is smart factory“, 2022., dostupno na: <https://www.sap.com/insights/what-is-a-smart-factory.html>; pristupljeno 16.6.2022.
- [22] Amyx S. – „Toyota’s production philosophy combines human effort with automation“, 2017., dostupno na: <https://medium.com/@ScottAmyx/toyotas-production-philosophy-combines-human-effort-with-automation-a9df78c64ee1>; pristupljeno 18.6.2022.
- [23] Ranger S. – „What is cloud computing? Everything you need to know about the cloud explained“, 2022., dostupno na: <https://www.zdnet.com/article/what-is-cloud-computing-everything-you-need-to-know-about-the-cloud/>; pristupljeno 18.6.2022.
- [24] Breque M., De Nul L., Petridis A. – „Industry 5.0 towards a sustainable, human-centric and resilient European industry“, 2021., ISBN 978-92-76-25308-2, dostupno na: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1/>; pristupljeno 20.6.2022.
- [25] Desjardins J. – „A visual history of the largest companies by market cap (1999-today)“, 2019., dostupno na: <https://www.visualcapitalist.com/a-visual-history-of-the-largest-companies-by-market-cap-1999-today/>; pristupljeno 1.7.2022.
- [26] Slideshare - „Design and evaluation framework of solutions that support work well-being“, 2018., Factory2Fit, dostupno na: <https://www.slideshare.net/Factory2FitEU/factory2fit-presentation-design-and-evaluation-framework-of-solutions-that-support-work-wellbeing>; pristupljeno 1.7.2022
- [27] Ruppet T., Jasko S., Holczinger T., Abonyi J. – „Enabling technologies for operator 4.0: A survey“, 2018., dostupno na: <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/9/1650>; pristupljeno 2.7.2022.
- [28] Kamping-Carder L. – „Industrial exoskeletons give workers a lift“, 2019., dostupno na: <https://www.wsj.com/articles/industrial-exoskeletons-give-workers-a-lift-11547730001>; pristupljeno 3.7.2022

[29] „Streblo“, 2019., aplikacija, dostupno na: <https://apkpure.com/streblo/com.streblo>; pristupljeno 3.7.2022.

[30] United Nations - „Sustainable development goals“, 2018., Ujedinjeni Narodi, dostupno na: <https://www.un.org/en/sustainable-development-goals>; pristupljeno 5.7.2022

[31] EU-ASEAN - „EU Green deal“, 2022., dostupno na: <https://euinasean.eu/eu-green-deal/>; pristupljeno 5.7.2022

[32] „Readiness for the future of production report 2018“, 2018., World economic forum, dostupno na: [https://www3.weforum.org/docs/FOP\\_Readiness\\_Report\\_2018.pdf](https://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf); pristupljeno 6.7.2022.

## 7. PRILOZI

### 7.1. Popis slika

Slika 1. Crtež iz 1774. godine prikazuje parni stroj [2] .....	4
Slika 2. Prvi parobrod Roberta Fultona [3].....	3
Slika 3. Prikaz prve parne lokomotive [4] .....	4
Slika 4. Prvi telefon Alexandra Grahama Bella [6].....	4
Slika 5. Prvi benzinski Otto motor [7] .....	5
Slika 6. Prikaz Teslinog indukcijskog motora [9].....	6
Slika 7. Povezanost radnika i strojeva [15].....	12
Slika 8. Shema IoT-a [16] .....	13
Slika 9. Razlika IoT na tržištu 2014. i 2020. Godine [17] .....	14
Slika 10. Prikaz virtualne stvarnosti [18].....	16
Slika 11. Shematski prikaz big data [20] .....	17
Slika 12. Prikaz pametne tvornice Toyote [22].....	19
Slika 13. Prikaz horizontalne i vertikalne integracije u sustavu [12].....	20
Slika 14. Prikaz deset najprofitabilnijih tvrtki 2009. i 2019. Godine [25].....	25
Slika 15. Shematski prikaz elemenata Industrije 5.0 [24].....	27
Slika 16. Pojednostavljeni prikaz Factory2Fit projekta [26] .....	30
Slika 17. Prikaz inteligentnog prostora [27] .....	31
Slika 18. Veza između resursa, korisnika i zadatka [27] .....	32
Slika 19. Grafički prikaz usporedbe nesreća sa i bez smrtnih posljedica prikazan u postocima [24]..	33
Slika 20. Primjer egzoskeleta u industriji [28].....	34
Slika 21. Prikaz aplikacije Streblo [29] .....	35
Slika 22. Top-10 vještina za buduću proizvodnju [24] .....	37
Slika 23. UN-ov program održivog razvoja [30] .....	40
Slika 24. Pojednostavljeni prikaz Green Deal-a [31].....	43
Slika 25. Globalna karta rezultata procjene spremnosti zemalja za izazove buduće proizvodnje [32].	49

## 7.2. Popis tablica

Tablica 1. Prednosti i nedostaci četvrte industrijske revolucije [12].....	10
--	----