

# Industrija 4.0 – novi strojarški izazov

## 10. STROJARSKI IZAZOV

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Slavonski Brod, 19. svibnja 2016.



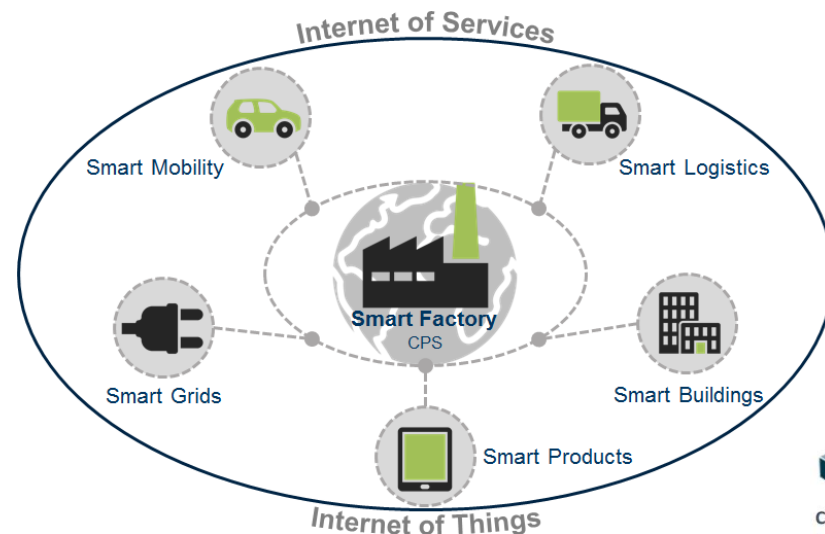
**Prof. dr.sc. Ivica Veža**

Sveučilište u Splitu

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje

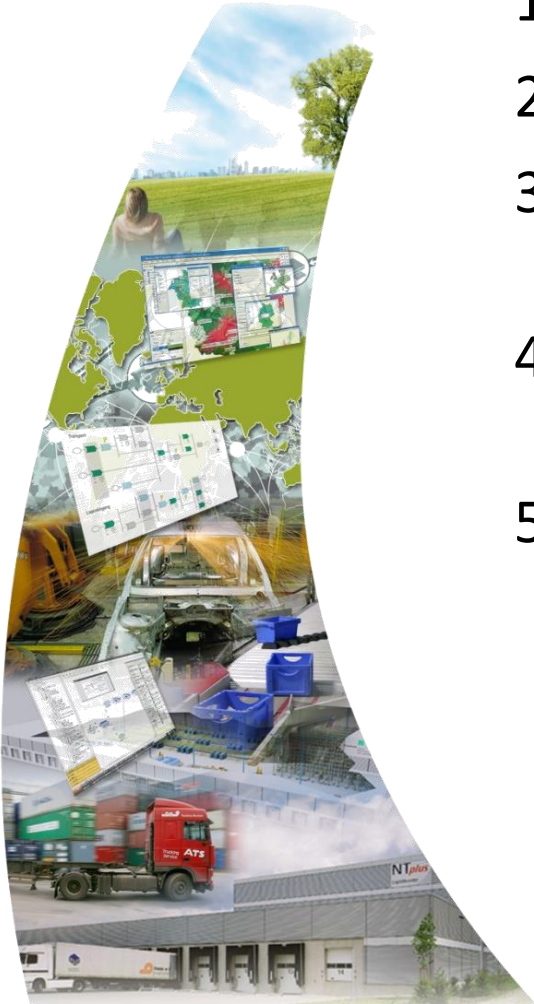
Zavod za proizvodno strojarstvo

Katedra za industrijsko inženjerstvo



# Industrija 4.0

Na putu prema Industriji 4.0



1. **Uvod**
2. Osnove Industrije 4.0
3. Industrija 4.0 - Postojeće stanje i praktični primjeri
4. Inovativno pametno poduzeće  
Aktivnosti Katedre za industrijsko inženjerstvo
5. Industrija 4.0 - Osoblje

# Uvod



Promjena mora doći  
iznutra i mora  
doći od svih!

Tko se nije spreman  
promjeniti, izgubit će  
i ono što je želio  
sačuvati!

## Kratak životopis

- Red. prof. iz područja Proizvodnog managementa, Proizvodnih sistema, Projektiranje tvornica i Logistike,
- Specijalizacija na Fraunhofer institutima – IPA Stuttgart, IPK Berlin, RTWH Aachen – tri godine
- Gost profesor na Nagoya University, TU Vienna, Malta idr.
- Objavio 8 knjiga, 40 radova u časopisima i preko 180 radova na domaćim i inozemnim simpozijima
- Rad u industriji: planer i tehnolog u Brodogradilištu Split (4 godine) i direktor razvoja u Jugoplastici Obuća (3 godine)
- Član European Academy of Industrial Management
- Savjetnik župana Splitsko-dalmatinske županije za gospodarstvo

# Fraunhofer - Društvo

Vodeća organizacija za primjenjena istraživanja u Europi

**68 instituta, 80 istraživačkih ustanova**  
**25.000 zaposlenika**  
**€ 2.2 milijardi EUR istraživački budžet**  
**2/3 prihoda od projekata s industrijom**  
**1/3 prihoda od javnih projekata**

**12.000 projekata**  
**(industrijskih i javnih)**  
**3.000 kupaca**

■ Istraživanje  
● Reprezentacijski uredi

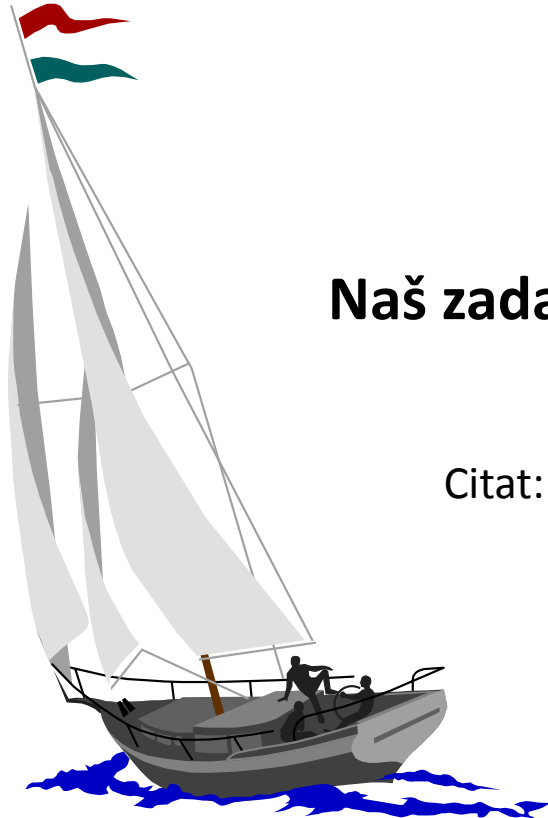


## 7 alijanci

- Mikroelektronika
- Proizvodnja
- Informacijska i komunikacijska tehnologija
- Materijali i komponente
- Life Sciences
- Tehnologija površina i fotonika
- Obrana i sigurnost





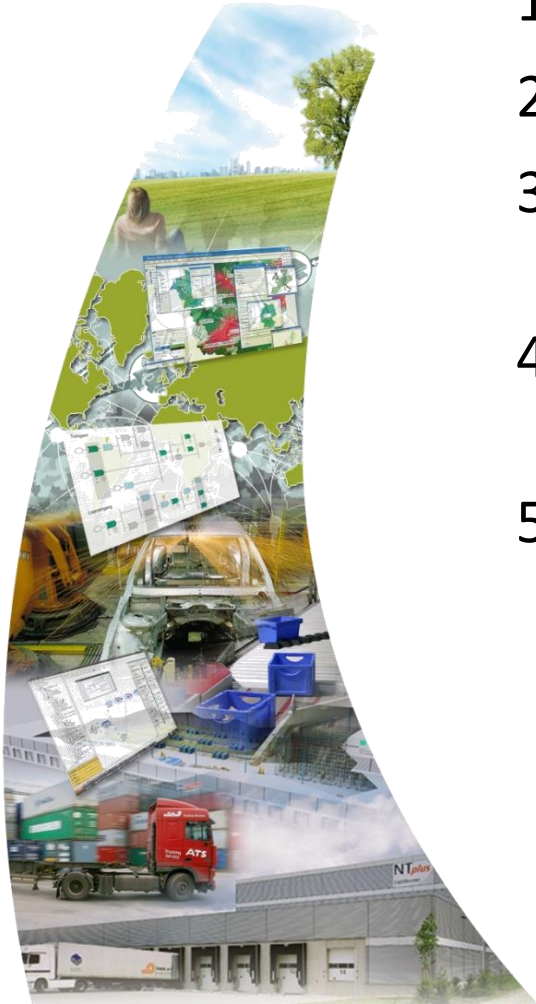


**Naš zadatak nije predviđanje budućnosti, već biti  
za nju dobro pripremljen!**

Citat: Periklo, grčki državnik (500-429 prije Krista)

# Industrija 4.0

Na putu prema Industriji 4.0



1. Uvod
2. **Osnove Industrije 4.0**
3. Industrija 4.0 - Postojeće stanje i praktični primjeri
4. Inovativno pametno poduzeće  
Aktivnosti Katedre za industrijsko inženjrstvo
5. Industrija 4.0 - Osoblje



# Sveprisutna dostupnost informacija

Na naš život snažno utječu mnoge nove tehnologije koje su dosegle dovoljnu razinu zrelosti!



WLAN, Bluetooth, UMTS, LTE...

SmartPhones, PDA's, SubNotebooks...

Interakcija govorom, upravljanje pokretima...

Od telefona prema VoIP...

**Internet stvari...**

VoIP - Voice over Internet Protocol

UMTS - Universal Mobile Telecommunications Service

LTE – Long Term Evolution

Informacije će biti dostupne

**bilo gdje, u bilo koje vrijeme, s bilo kojim sadržajem, za svakog korisnika koristeći bilo koji uređaj i bilo koji pristup**

# Krivulje rasta umreženih uređaja



Stacionarni PC  
(čovjek ide prema uređaju)



Mobilitet / BYOD  
(uređaj ide sa čovjekom)



Internet stvari  
(mobilni uređaji)



Internet of Everything  
(ljudi, procesi, podaci, stvari)

50 Mrd.

10 Mrd.

200 Mil.

1995

2000

2013

2020

*BYOD - Bring your own device*

# Sve postaje pametno - smart

Smart telefoni



Smart kuće



Smart automobili



Smart tvornice



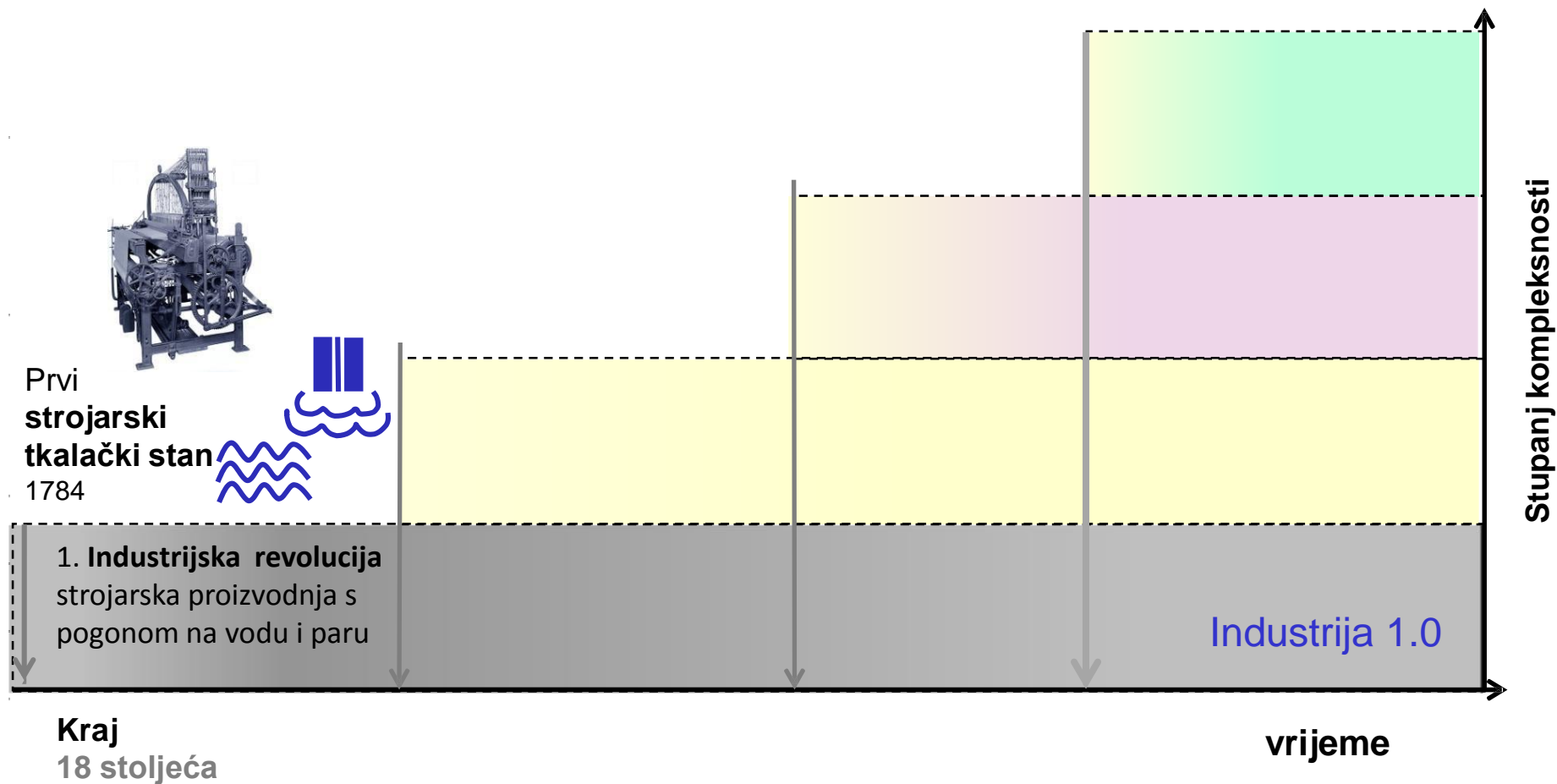
Market  
Pull



Technology  
Push

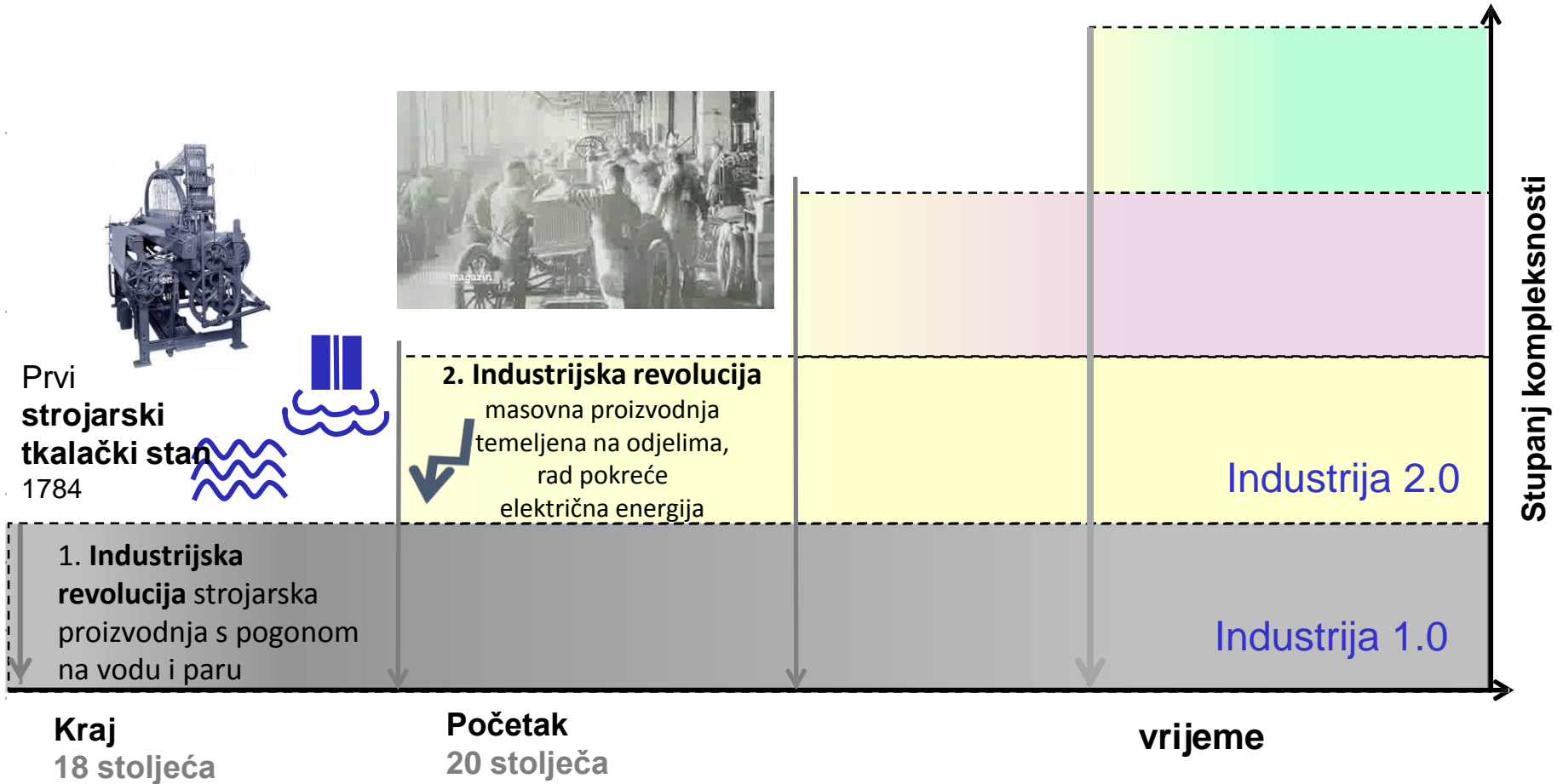
# Od Industrije 1.0 prema Industriji 4.0:

Prema četvrtoj industrijskoj revoluciji



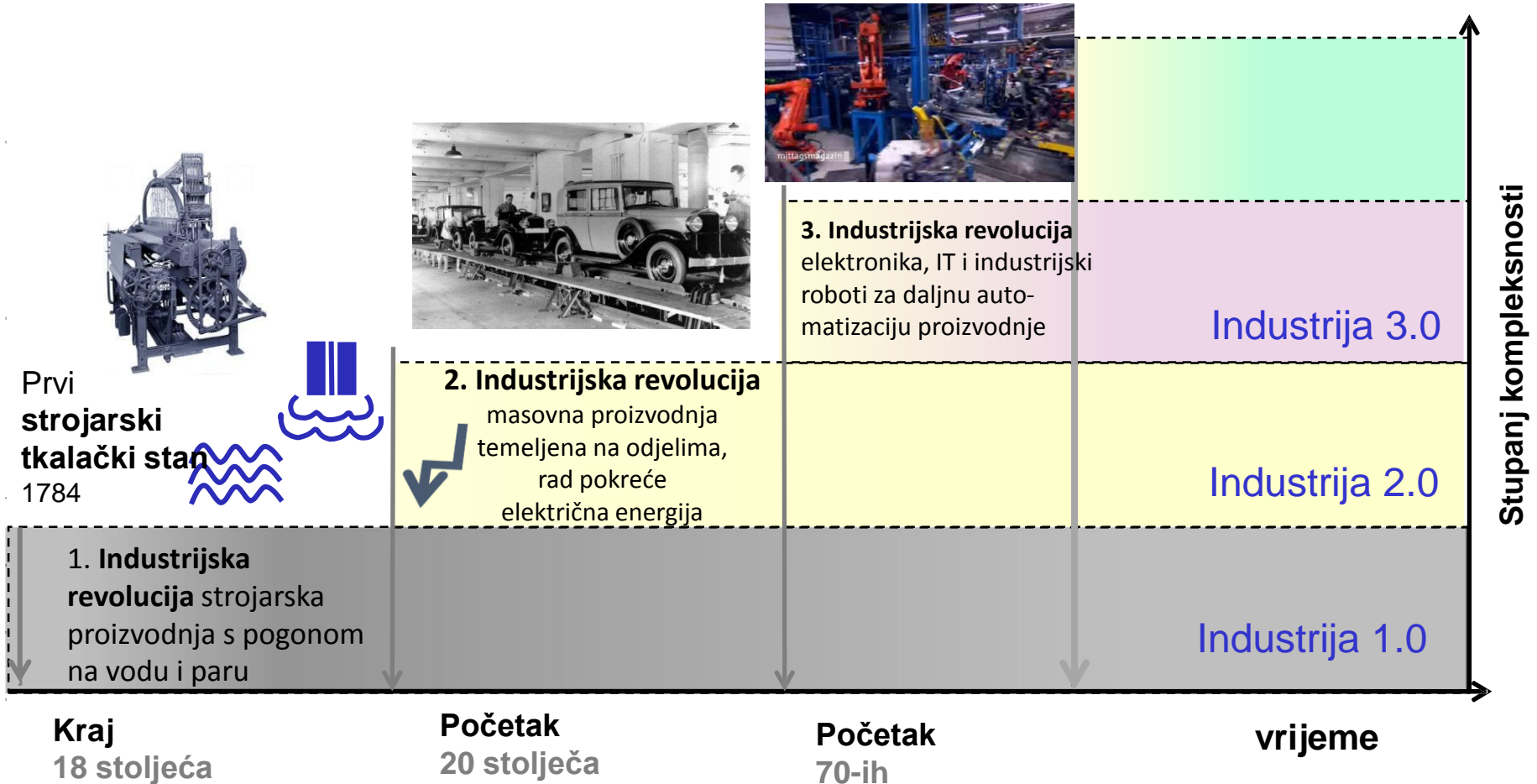
# Od Industrije 1.0 prema Industriji 4.0:

Prema četvrtoj industrijskoj revoluciji



# Od Industrije 1.0 prema Industrij 4.0:

Prema četvrtoj industrijskoj revoluciji





# Od Industrije 1.0 prema Industrij 4.0:

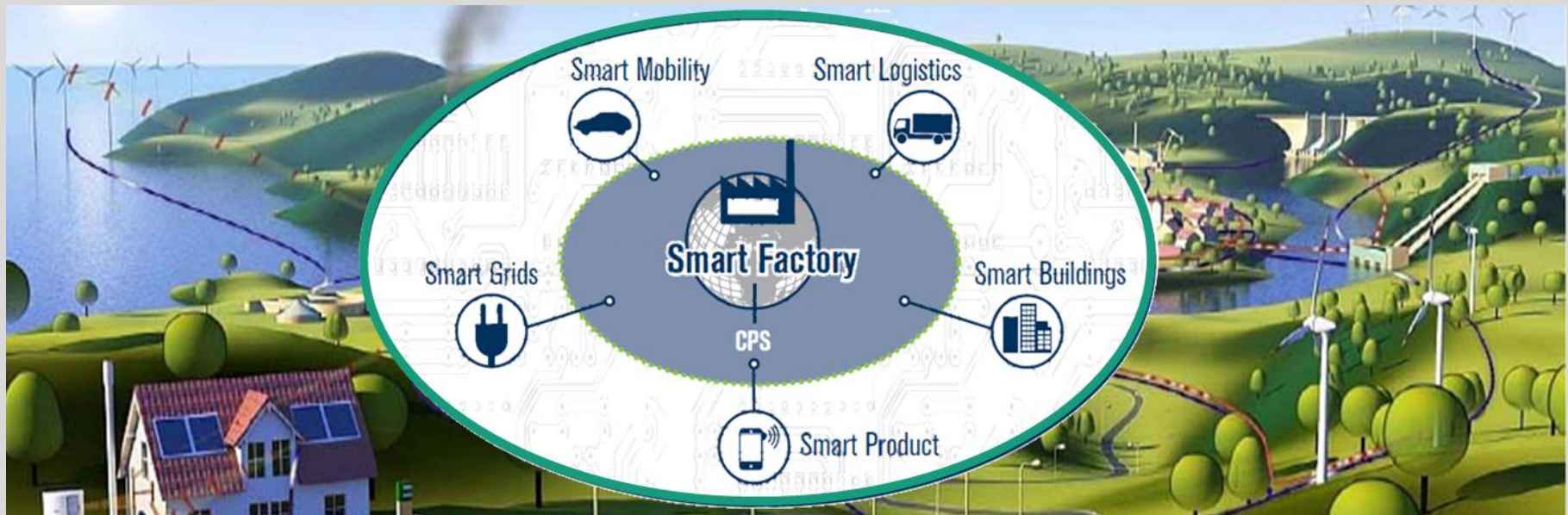
Prema četvrtoj industrijskoj revoluciji

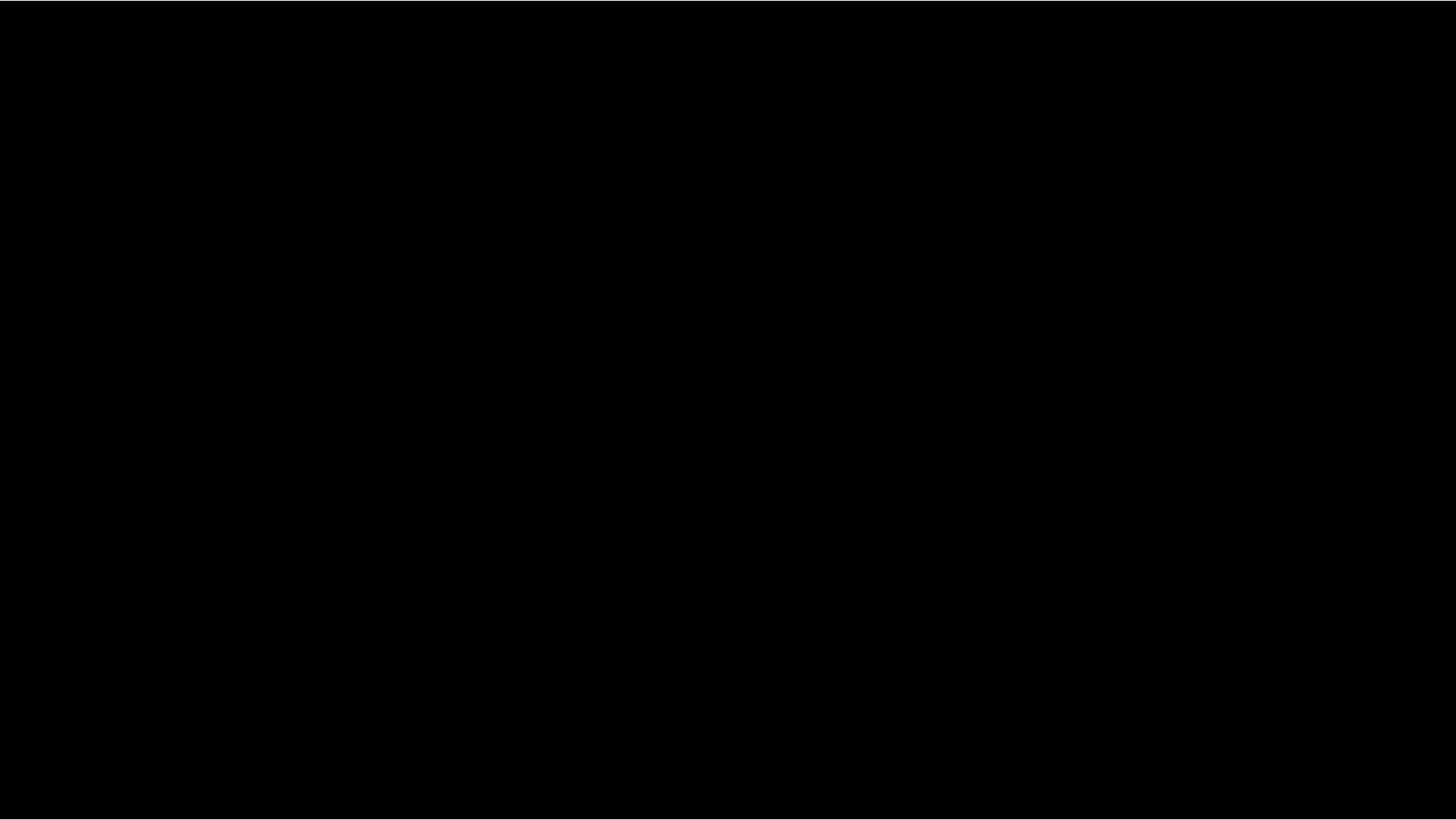


# Industrija 4.0 – O čemu se radi?

## Definicija Industrija 4.0

- "Industrija 4.0" obuhvaća **integraciju suvremenih informacijsko komunikacijskih tehnologija (ICT) s konvencionalnom fizičkom proizvodnjom i procesima**, što omogućuje razvoj novih tržišta i poslovnih modela.
- "Industrija 4.0" je time usmjerena na pitanje **kako ta integracija može pružiti individualnom kupcu korist**, koju je on spreman platiti.





# Industrija 4.0 – Na što bi trebalo obratiti pažnju?

Osnovni elementi u Kiberneticko-fizičkom proizvodnom sustavu  
(Cyber-Physical Production Systems)

Fokus: **Organizacija**



Fokus: **Osoblje**



Fokus: **Tehnologija**

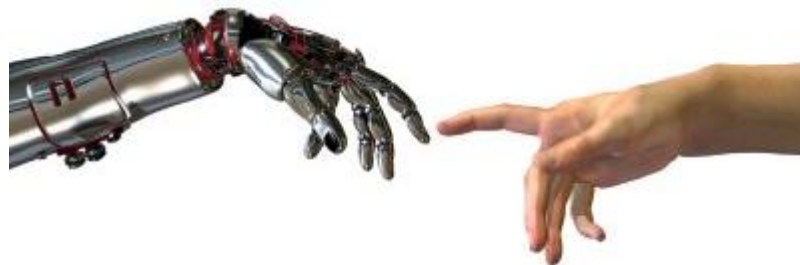


Implementacija osnovnih elemenata u Kiberneticko-fizičkom proizvodnom sustavu  
(Cyber-Physical Production Systems)

# Industrija 4.0 – Robot susreće čovjeka

## Povećanje stupnja automatizacije

Visoka razina - zaključivanje (npr. složene matematičke proračune) zahtijeva vrlo malo računanja



Niža razina ljudskih vještina (npr. hodanje) provode se nesvjesno od strane ljudi, a oni zahtijevaju ogromne računalne resurse ako ih obavljaju roboti

→ **Moracev - Paradoks**



Razvoj suradnje, društveno-tehnoloških sustava rezultira povećanje stupnja automatizacije i jedan je od glavnih pokretača Industrije 4.0

# Industrija 4.0 – Povezivanje na razini svijeta

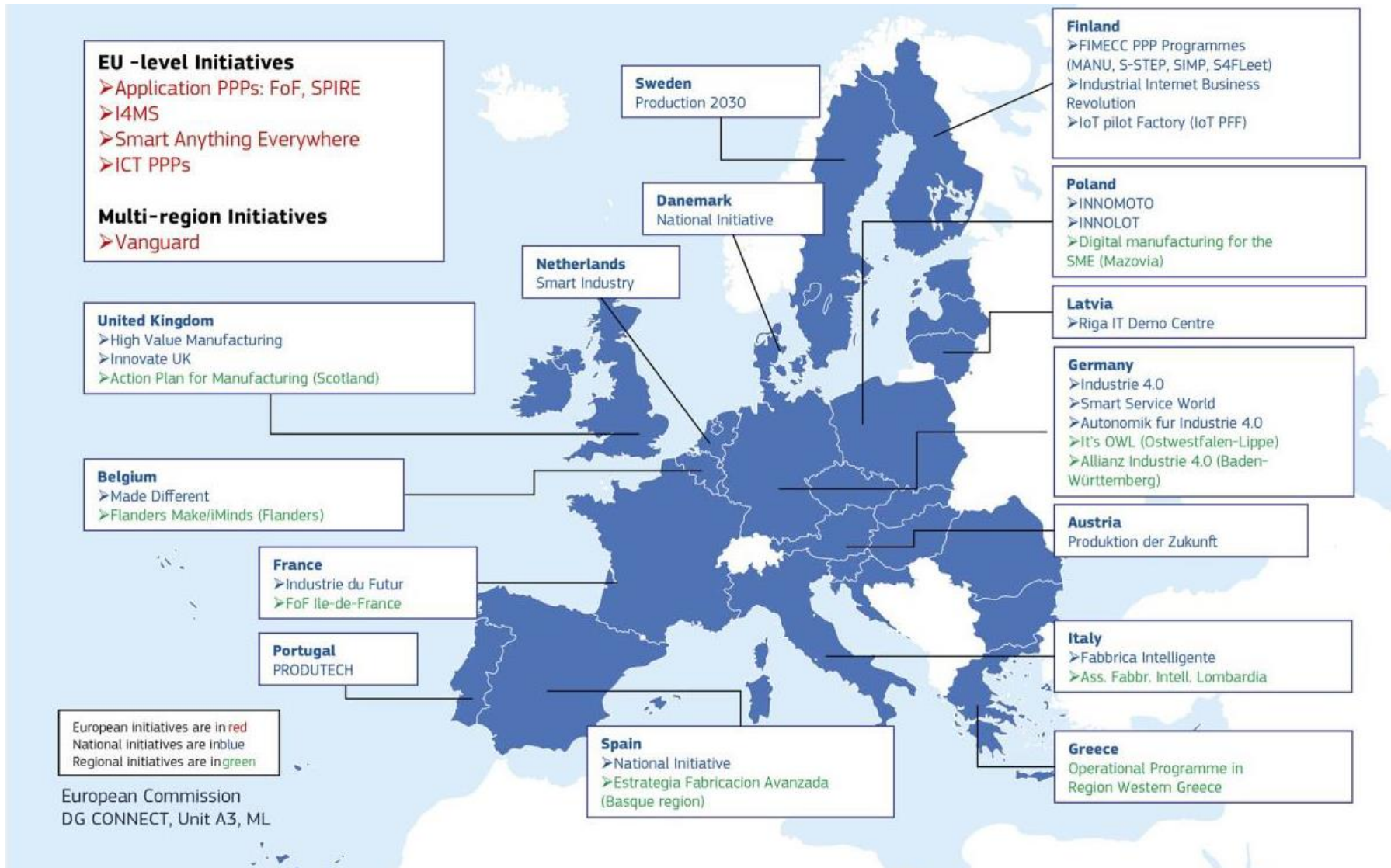
...već se događa





# Industrija 4.0

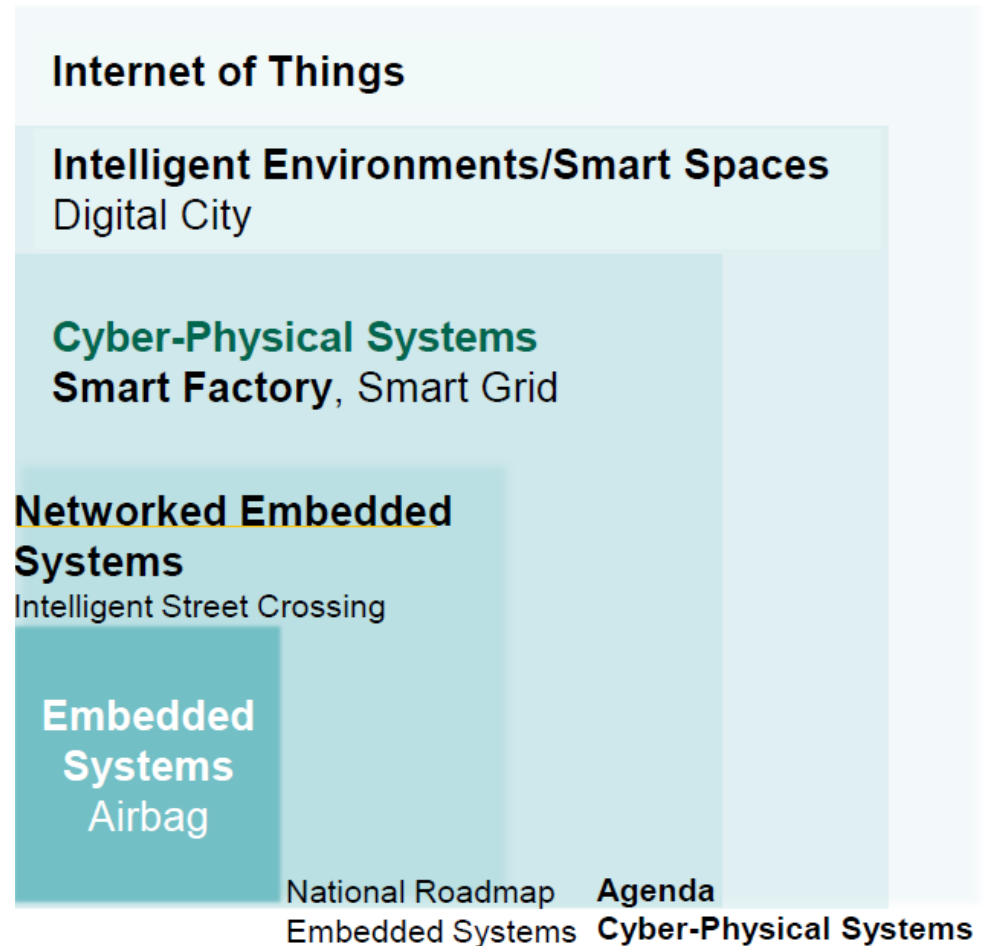
## Pregled inicijativa digitalne proizvodnje u Europi



# Budućnost projekta Industrija 4.0 od njemačke kancelarke dr. Angele Merkel

500 M€ za trogodišnji  
nacionalni program:  
250 M€ ulaže Ministarstvo  
istraživanja i Ministarstvo  
gospodarstva

**Evolucija** od  
ugradbenih sustava  
do kibernetско-fizičkih  
sustava



**Forschungsunion**  
Wirtschaft und Wissenschaft  
begleiten die Hightech-Strategie

**acatech**  
NATIONAL ACADEMY OF  
SCIENCE AND ENGINEERING

Securing the future of German manufacturing industry

# Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0

Final report of the Industrie 4.0 Working Group

April 2013

SPONSORED BY THE  
 Federal Ministry  
of Education  
and Research

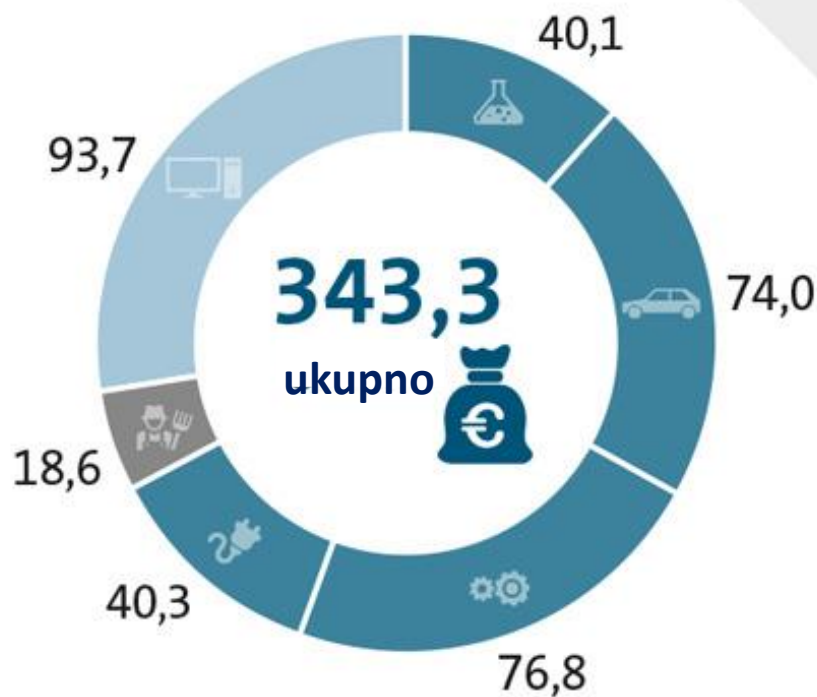
**Preuzmi s**

[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf)

# Brutto dodana vrijednost izabranih branši u Njemačkoj (Mrd. €)

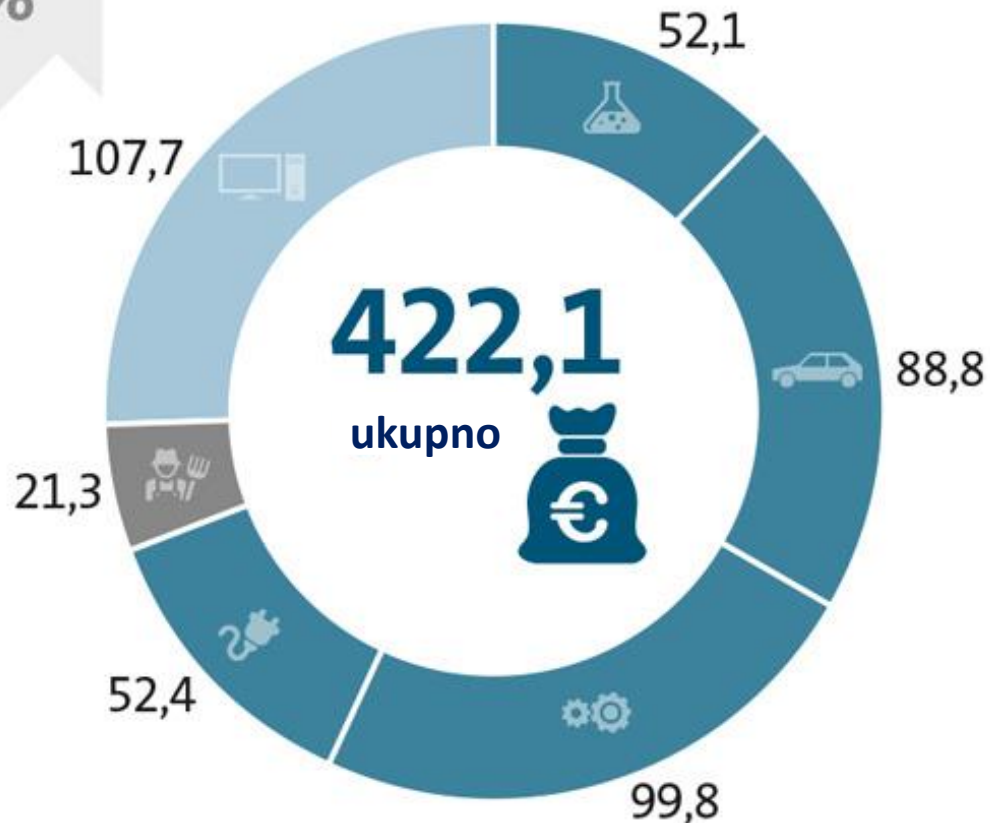
\* prognoza \*\* godišnji porast

2013



1,7%\*\*

2025\*



Kemijski proizvodi



Automobilska industrija



Strojarstvo



Električna oprema



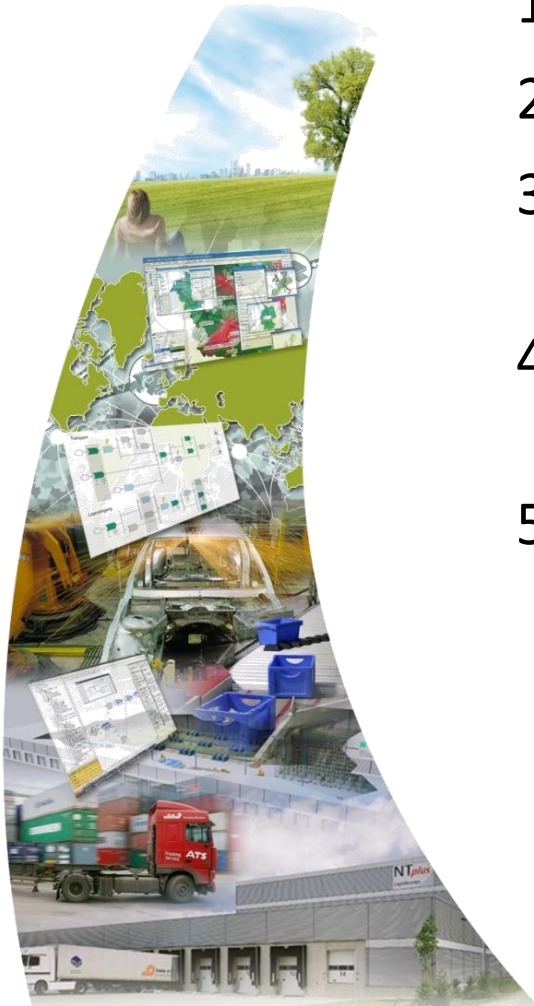
ICT



Poljoprivreda

# Industrija 4.0

Na putu prema Industriji 4.0

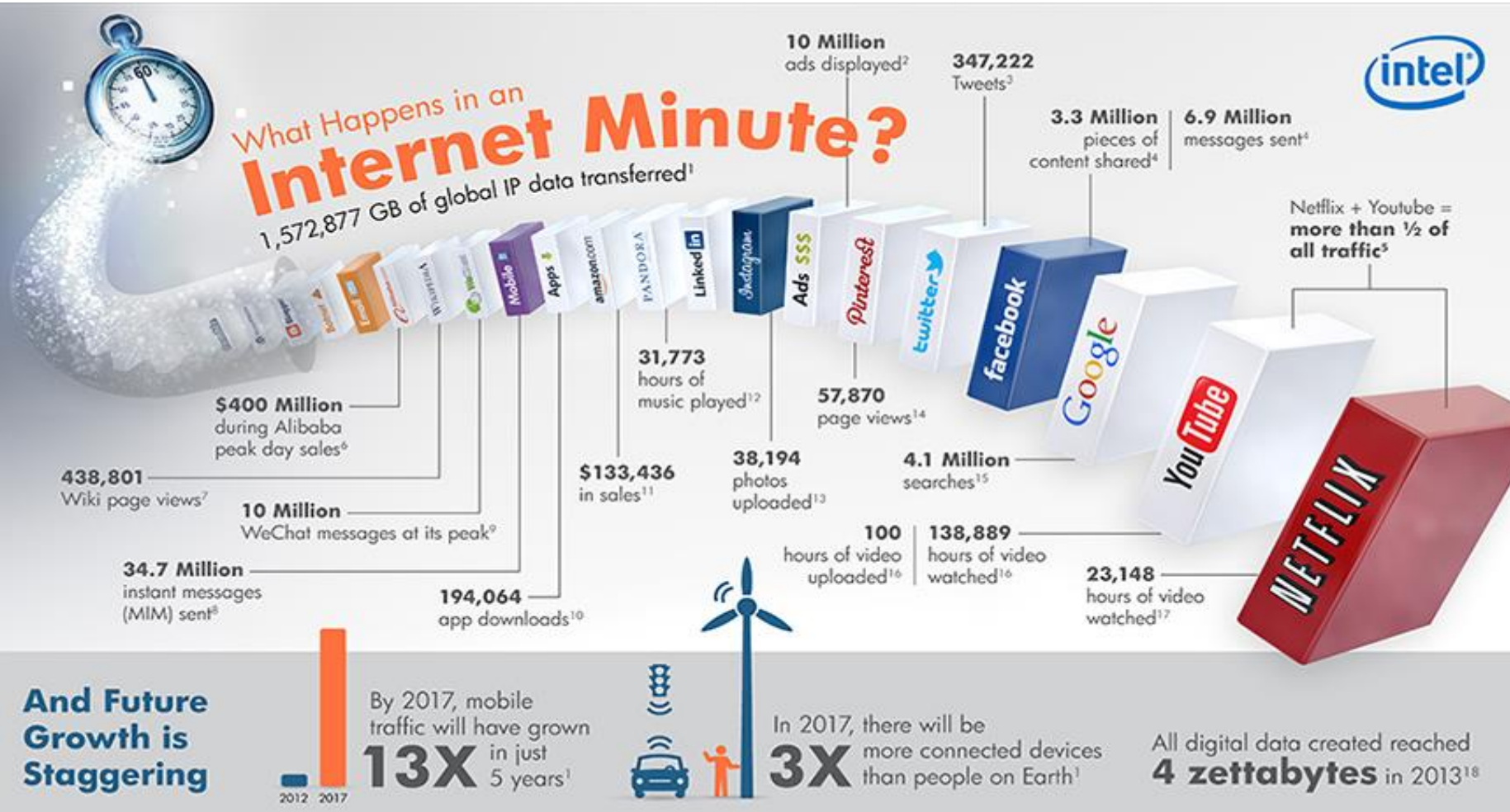


1. Uvod
2. Osnove Industrije 4.0
3. **Industrija 4.0 - Postojeće stanje i praktični primjeri**
4. Inovativno pametno poduzeće  
Aktivnosti Katedre za industrijsko inženjrstvo
5. Industrija 4.0 - Osoblje



# Industrija 4.0 – Povezivanje na razini svijeta

...već se događa





# Industrija 4.0

## Internet of Everything (IoE)

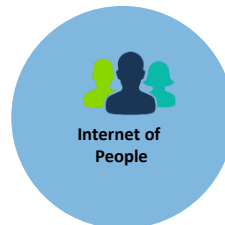
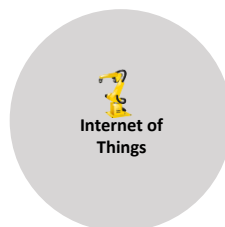
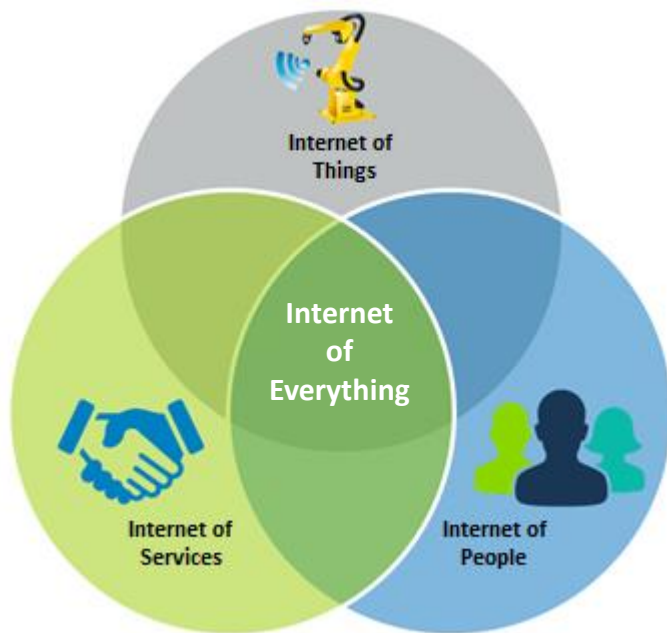
- Povezivanje **Things, Processes, Data, Services** i **People** pomoću Interneta

- “Internet of Everything” je “presjek” od:

- Internet of Things (IoT)

- Intern

- Intern



# Industrija 4.0

## Internet of Everything (IoE)

### • Internet of Things (IoT)

- Povezuje objekte i računala na Internetu
- Objekti su npr. strojevi, roboti, senzori, upravljačke jedinice itd.
- **U 2008** Internet je povezivao stvari čiji je broj bio veći od broja ljudi na Zemlji
- **2015 25 milijardi Things & 2020 50 milijardi Things** su povezani na Internet

Povezivanje objekata preko Interneta je osnova za Industry 4.0

### • Internet of Services (IoS)

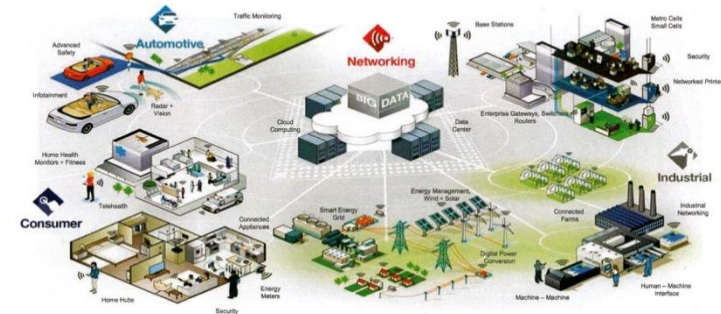
- **IoS** ide zajedno s konceptom "Cloud Computing"
- Softverske aplikacije kao što su npr. programiranje okoline, baze podataka, administracijski alati, server, kapacitet memorije, računalna snaga, itd
- Dinamičko povezivanje i integracija softverskih aplikacija
- Neizravno korištenje softverskih aplikacija na platformi - usluge u ponudi od dobavljača usluga

Usluga je dostupna na platformi → Slično se kupuje kao i proizvod

### • Internet of People (IoP)

- Ljudi će biti povezani na primjereniji i korisniji način jedni s drugima
- Person-to-Person komunikacija preko društvenih medija (Facebook, Twitter, etc.)
- Ljudi definiraju program i proces monitoringa
- Mi ćemo i dalje imati donošenja odluka prema ovlasti
- **IoP** također uključuje "Smart osobne uređaje": Smart odjeća, Smart satovi, Smart očale, itd.

Ljudi imaju središnju ulogu u "Internet of Everything"



# Industrija 4.0

Internet of Everything koristi npr. Microsoft HoloLens



- Microsoft HoloLens

- Naočale proširene stvarnosti (Augmented-Reality-Glasses) → Mješanje stvarnosti i fikcije
- Omogućuje korisniku prikaz interaktivnih 3D projekcije kao holograma u neposrednom okruženju
- Upravljanje preko geste, glasa, pokreta glave ili oka



# Industrija 4.0

Internet of Everything koristi npr. Microsoft HoloLens



## ■ Internet of Things

- Očale su izravno povezane s Internetom
- Očale mogu biti povezane s drugim uređajima i s njima komunicirati

## ■ Internet of Services

- Software kao usluga → Pružanje softverskih aplikacija od raznih dobavljača
  - Apps za osobno korištenje (vrijeme, igre, učenje, TV, itd.)
  - Korištenje softvera za posao (CAD, sastanci, upute za montažu, itd.)
- Infrastruktura kao usluga → npr. davanje skladišta u najam
- Interakcija i dinamično povezivanje različitih softverskih aplikacija

## ■ Internet of People

- Komunikacija čovjek-čovjek (društveni mediji, Skype, etc.)
- Komunikacija čovjek-stroj
- Smart za osobne uređaje (kombinacija HoloLens s npr. Smart satom)



# Industrija 4.0

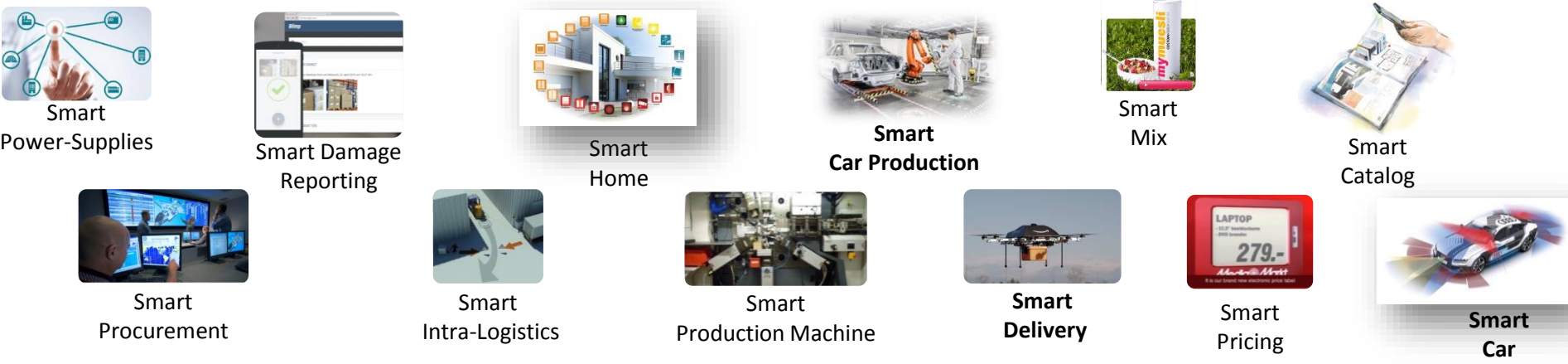
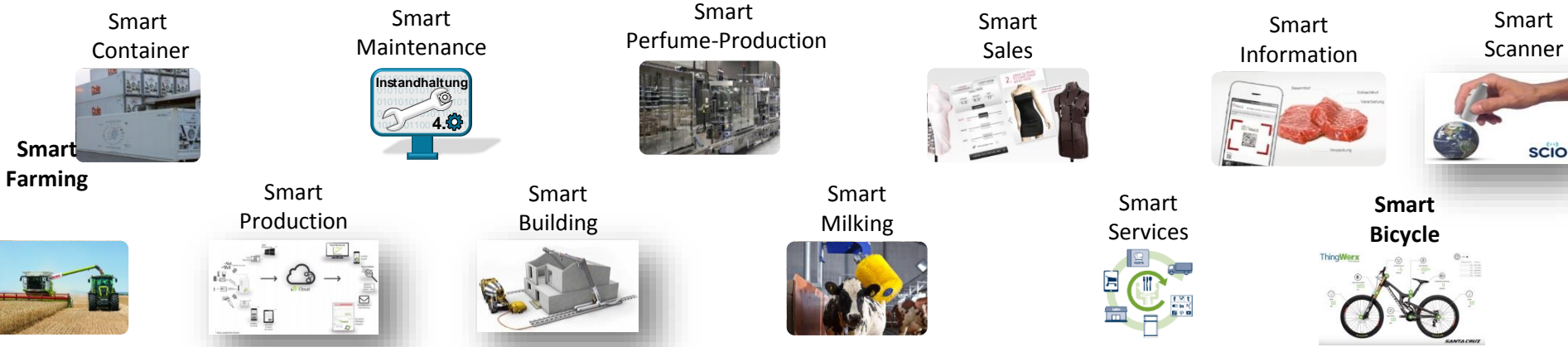
## Rezultati i potencijali s the „Internet of Everything“

- The “Internet of Everything” će kreirati gospodarski potencijal od **12,6 bilijuna Euro** od 2013. do 2023.
  - **2,2 bilijuna Euro** – Bolje korištenje postojeće infrastrukture
  - **2,2 bilijuna Euro** – Produktivnost i učinkovitost zaposlenika
  - **2,4 bilijuna Euro** – Poboljšanje lanca vrijednosti i logistike smanjenjem dodatnih gubitaka
  - **3,2 bilijuna Euro** – Povećanje vjernosti kupaca
  - **2,6 bilijuna Euro** – Kraće vrijeme zrelosti proizvoda
- Pokretači za nove poslovne modele
  - Inovativni poslovni modeli su posljedica novih informacijskih tehnologija
  - Poslovni modeli postaju digitalni → **“Tko se ne digitalizira sada ostavlja dodanu vrijednost drugima“**
- Pokretači novih servisnih modela
  - Npr.: Internet servisa, B2B-Web-Shop, bolja komunikacija s kupcima, servis poslije prodaje  
→ povećanje zadovoljstva kupaca → veći profit
- Pokretači u području kupaca
  - Npr.: pametni uređaji, pametna kupovina, pametne cijene, pametne kuće

Industrija 4.0 odvija se u svim područjima našeg života - ne samo u tvornicama.  
To je pokretač novih poslovnih modela i pokazuje nove potencijale za dodavanje vrijednosti.



# Industrija 4.0 | Obuhvaća cijeli lanac vrijednosti





# Industrija 4.0 – Smart Farming

## Automatizirani proces žetve

### Pregled:



### Opis:

- Machine – to - Machine komunikacija (LTE-Standard - Long Term Evolution)
- Automatsko mjerenje kontinuiteta punjenja kombajna i kvalitete usjeva
- Samostalna vožnja do istovara žetve
- Sakupljanje podataka preko tableta u kabini vozača
- Automatske preporuke za najbolju strategiju žetve temeljenom na mjerenjima (Big Data)

### Koristi/Prednosti:

- Skraćenje vremena istovara žetve (cca. jedan puni kombajn svakih 10 min.)
- Kombajn istovara na traktor samo kada je to potrebno (smanjenje potrebne opreme)
- Optimalna strategija žetve (s obzirom na vrijeme, razine punjenja drugih vozila itd.)

# Industrija 4.0 – Smart Farming

## Automatizirani proces žetve



Izvor: [www.ikt.nrw.de](http://www.ikt.nrw.de)

Video izvor: <http://www.autonomik.de/de/marion.php>

**Volkswagen**

# Industrija 4.0 – Smart Car Production

## Budućnost proizvodnje automobila

### Pregled:



### Opis:

- Tradicionalna proizvodnja automobila koja uključuje montažu stotine identičnih vozila u liniji više ne postoji
- Opcije dostupne kupcima su sada tako velike da svaki automobil postaje unikatan i individualan proizvod
- Digitalizacija svih elemenata proizvodnje je bitna za novo područje u industrijalizaciji → Rezultat je "Internet of Things"
- 3D printer u izradi alata: Prese više ne oblikuju alate na mukotrpan način → Umjesto toga alati mogu biti izrađeni od granulata čelika u 3D printeru
- Kooperacija čovjek-robot: Radnici i roboti će sve više raditi zajedno → Roboti će preuzeti monotone i aktivnosti opasne po zdravlje
- Big Data monitor: Omogućena je brza vizualni obrada podataka od dobavljača

### Koristi/Prednosti:

- 3D-printeri stvaraju potpuno nove mogućnosti za dizajn s visokim stupnjem preciznosti, što je do sada bilo nepoznato
- Kooperacija čovjek-stroj doprinosi oblikovanju više ergonomskim radnim mjestima u proizvodnji
- Big Data monitor pokazuje potencijalna uska grla, najveće potrebe za djelovanjem, te vizualizira informacije u realnom vremenu
- Učinkovita i jeftinija proizvodnja kao i sasvim nove prilike za zaposlenike



**Volkswagen**

# Industrija 4.0 – Smart Car Production

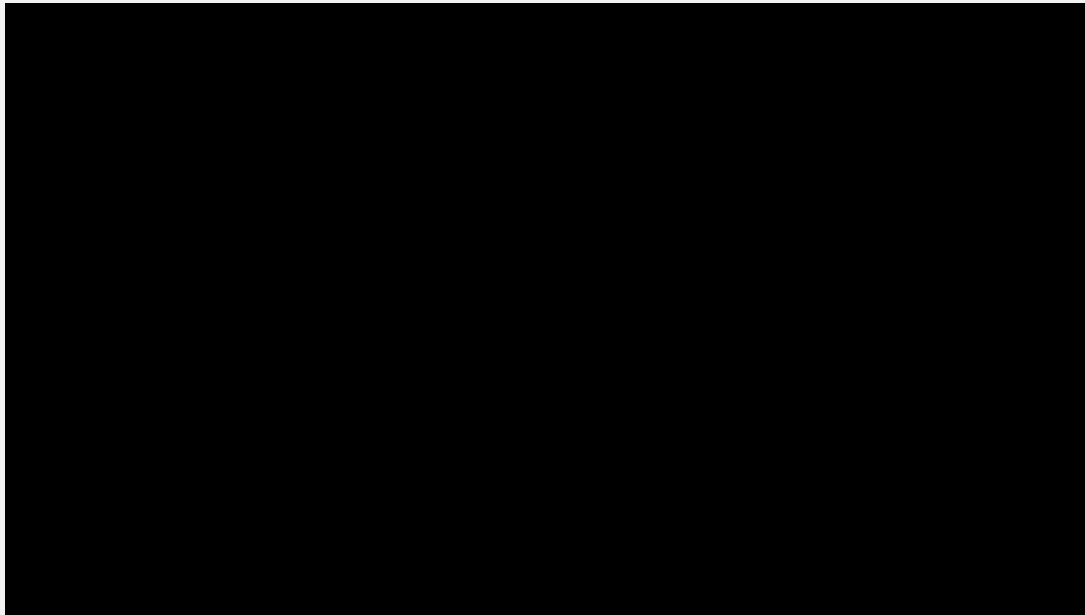
Budućnost proizvodnje automobila



# Industrija 4.0 – Smart Delivery

## Isporuka paketa pomoću civilnih dronova

### Pregled:



### Opis:

- Projekt “PrimeAir”, amazon testira isporuke paketa s malim samostalnim dronovima
- Prvi projektni cilj: isporuka paketa do 2,3 kg unutar radijusa od 16 km – vrijeme isporuke kraće od 30 min
- Težina do 2,3 kg sadrži isporuke od 86% svih dobara isporučenih od amazona
- Dozvola za testiranje dronova unutar civilnog zračnog prostora u SAD je dana u ožujku 2015.
- Njemački DHL testira također isporuku pomoću dronova pod nazivom “PackageCopter”

### Koristi/Prednosti:

- Isporuka paketa je povoljna s obzirom na zaštitu okoline i smanjuje buke
- Isporuka na udaljena područja kao što su planine ili otoci, posebno u slučajevima kada se zahtjevatna dostava (npr. lijekovi)
- Uključivanje kupca u aktivnosti tvrtke, kupac pokreće proces automatske isporuke

Izvor: <http://www.amazon.de/>

Izvor video: <https://www.youtube.com/watch?v=dyT9FgSf1XI>



# Industrija 4.0 – Smart Bicycle

## Umreženi bicikli

ThingWorx PTC®

### Pregled:



### Opis:

- Bicikl je opremljen sa 7 senzora
- Senzori mjere, na primjer: brzinu, ubrzanje, kut upravljača, visinu sjedišta, silu na pedali, ovjes, itd
- Smartphone vozača šalje podatke proizvođaču
- Podaci se analiziraju i vozač preko smartphone dobiva povratne informacije - u realnom vremenu
- Također je moguće da se izmjerene varijable prezentiraju u aplikacije proširene stvarnosti

### Koristi/Prednosti:

- Sve informacije su vozaču dostupne u realnom vremenu
- Podešavanje konfiguracije bicikle prema povratnim informacijama proizvođača (npr. idealna visina sjedišta, ovisno o visini vozača, te konfiguraciji zemljišta)
- Korištenje podataka od proizvođača (optimizacija bicikle)
- Povećanje vjernosti kupca (After-Sales-Services)



# Industrija 4.0 – Smart Bicycle

Umreženi bicikli

ThingWorx PTC®

TRANSFORM YOUR BUSINESS. ... CAN A COMPETITIVE EDGE. ...

STORIES OF TRANSFORMATION

ENDLESS OPPORTUNITIES TO CONNECT

DEFINE THE FUTURE OF IOT

THE INTERNET OF THINGS. ... HAPPENING NOW.

GROUNDBREAKING TECHNOLOGY DEMONSTRATIONS

UNITE INDUSTRY PROBLEMS AND REVOLUTIONARY IDEAS

KEYNOTES FROM INDUSTRY EXPERTS

LIVE WORX 7.5™

IT'S ON!

PTC®

ThingWorx  
A PTC Business

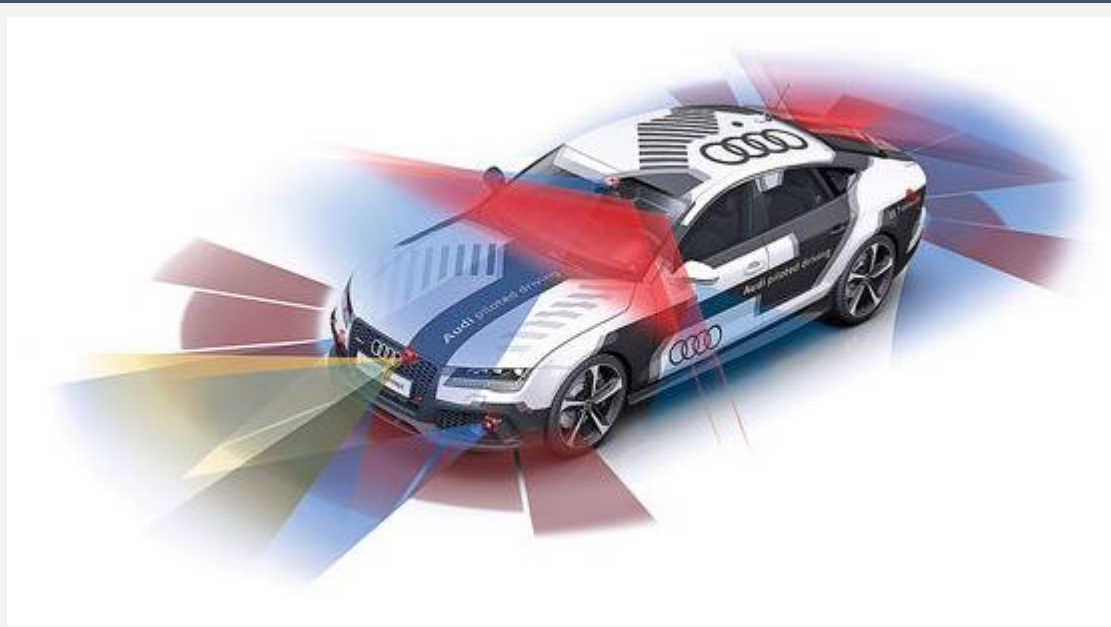
**Audi**

Vorsprung durch Technik

# Industrija 4.0 – Smart Car

## Autonomni automobil

### Pregled:



### Opis:

- Autonomni automobil (koji sam vozi)
- Do 12 ultrazvučnih senzora skenira blisku okolinu vozila
- Prednji radari detektiraju objekte udaljenosti do 250 metara ispred auta
- Stražnji radarski senzori nadziru promet iza sebe
- Gornja kamera radi zajedno s ultrazvučnim sensorima i prepoznaje oznaka na cesti, kao i pješake i objekte
- Središnja pomoć vozaču je kontroler zFAS – sakuplja i obrađuje sve podatke u jednu cjelinu
- Automobil lako može manevrirati u garaži ili na uskom parkirnom mjestu (pametni telefon)

### Koristi/Prednosti:

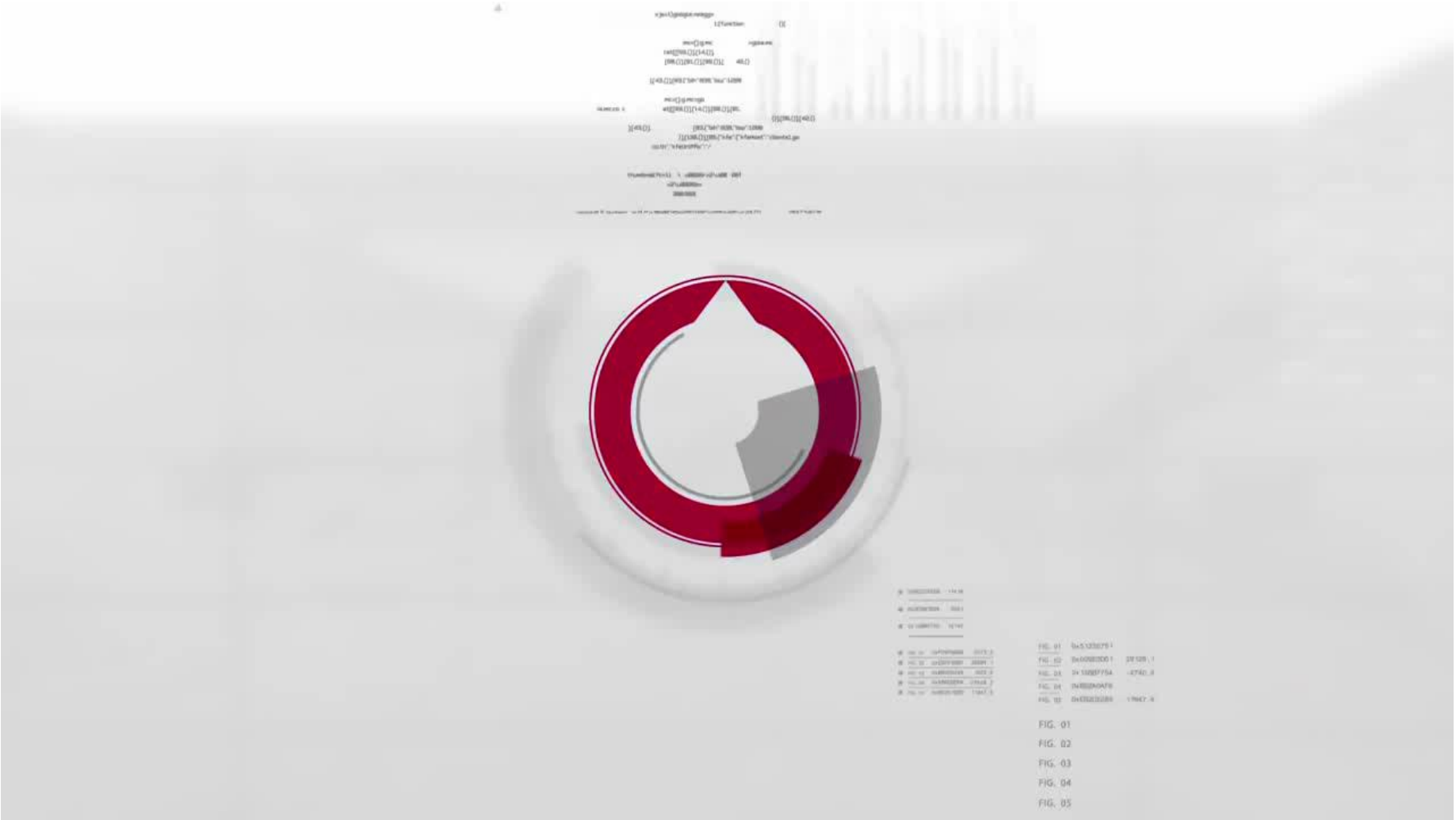
- Audi A7 550 milja je samostalno vozio: od Silicon Valley do Las Vegas
- Predajete odgovornost, zajedno sa stresom svakodnevnog prometa, na sustav koji radi savršeno
- Sustav nikad nije umoran, rastresen i nije mu dosadno, te uvijek donosi pravu odluku
- Povećava sigurnost u cestovnom prometu i rješava probleme prometne infrastrukture
- Međusobno povezana vozila osiguravaju promet bez zastoja → izbjegavanje gužve i manji utjecaj na okolinu

# Industrija 4.0 – Smart Car

## Autonomni automobil

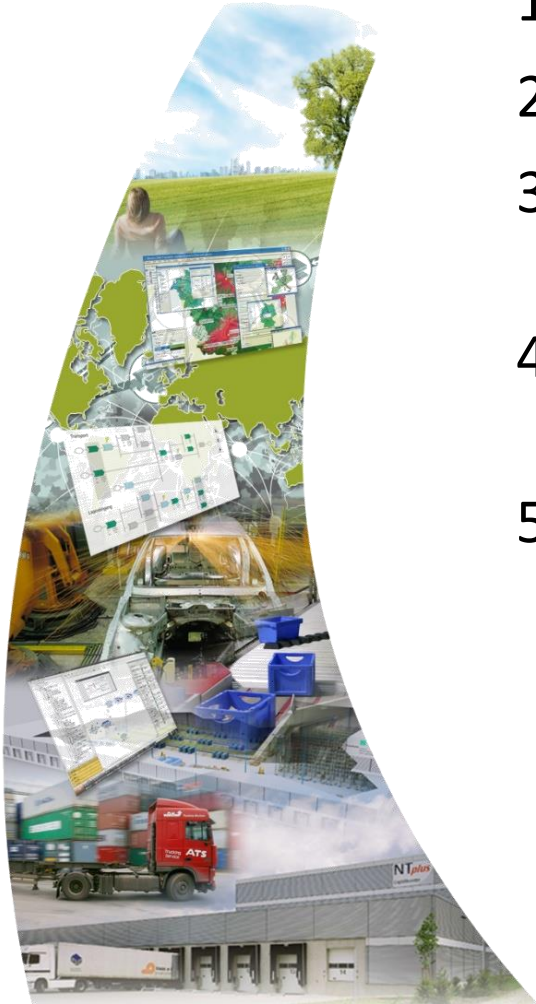


**Audi**  
Vorsprung durch Technik



# Industrija 4.0

Na putu prema Industriji 4.0

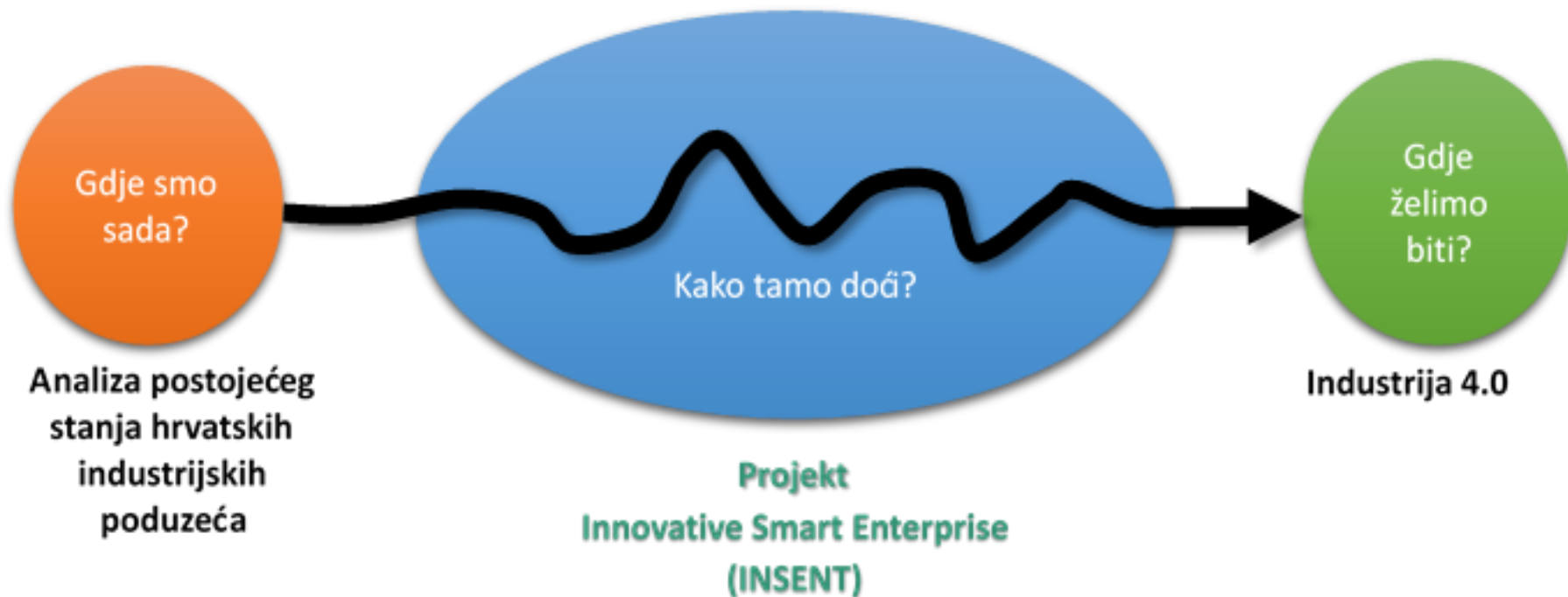


1. Uvod
2. Osnove Industrije 4.0
3. Industrija 4.0 - Postojeće stanje i praktični primjeri
4. **Inovativno pametno poduzeće**  
**Aktivnosti Katedre za industrijsko inženjerstvo**
5. Industrija 4.0 - Osoblje

## Ciljevi projekta INSENT

- Glavni cilj ovog projekta je razviti Hrvatski model Inovativnog pametnog poduzeća (HR-ISE model).
- Cilj je napraviti regionalnu prilagodbu modela, tj. uskladiti model Inovativnog pametnog poduzeća sa specifičnim regionalnim načinom razmišljanja, proizvodnom i organizacijskom tradicijom, te specifičnom edukacijom. HR-ISE model može pomoći hrvatskim poduzećima premostiti razliku između njihovih kompetencija i kompetencija i mogućnosti EU poduzeća.

# Glavni cilj projekta INSENT





# Radni paketi

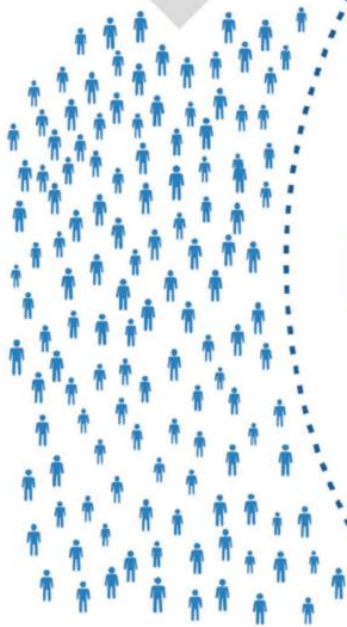
**Radni paket 1:** Analiza postojećeg stanja hrvatskih industrijskih poduzeća

**Radni paket 2:** Razvoj Hrvatskog modela inovativne, pametne tvornice (HR-ISE model)

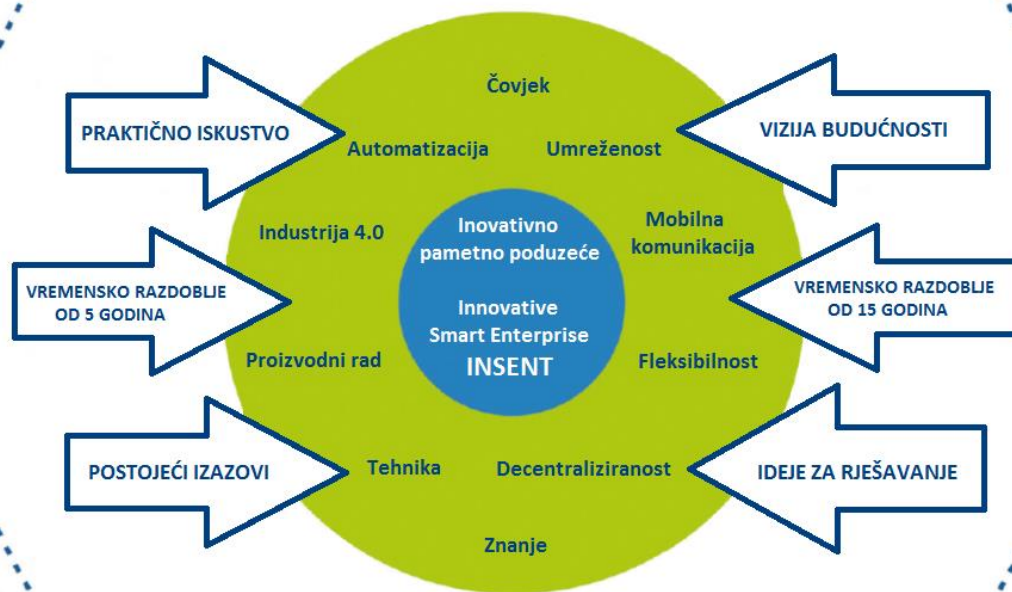
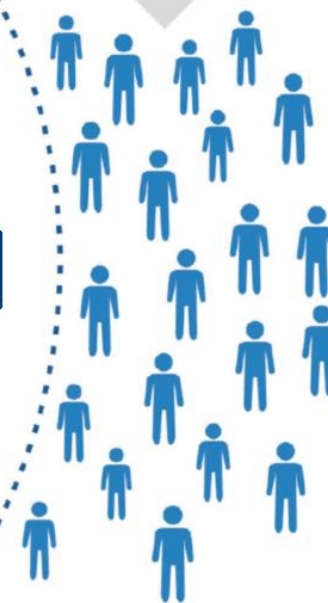
**Radni paket 3:** Eksperimentalno testiranje HR-ISE modela na Tvornici koja uči (Learning Factory) → Transfer pametne tvornice u poduzeća

**Radni paket 4:** Desiminacija

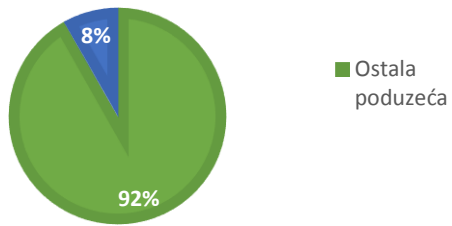
159 odgovora tvrtki



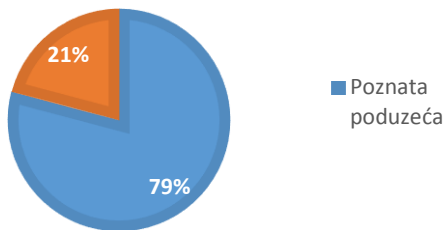
8 eksperata iz znanosti



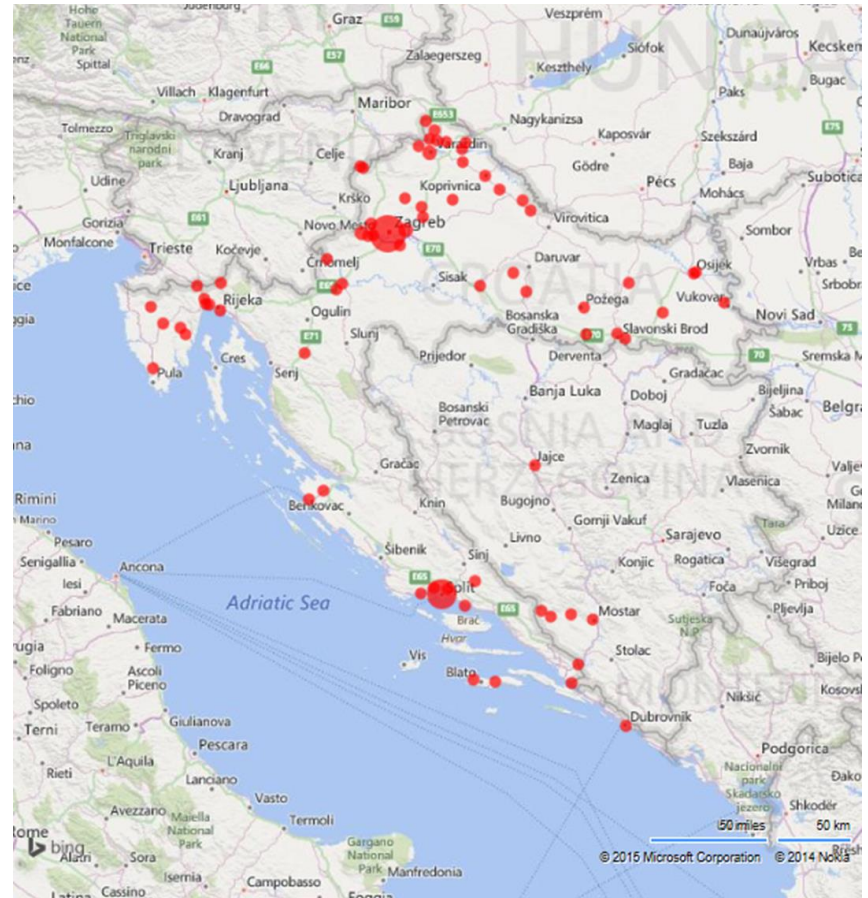
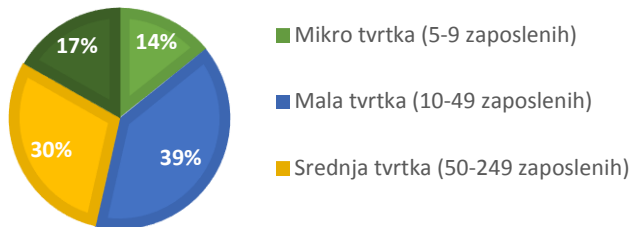
### VELIČINA UZORKA



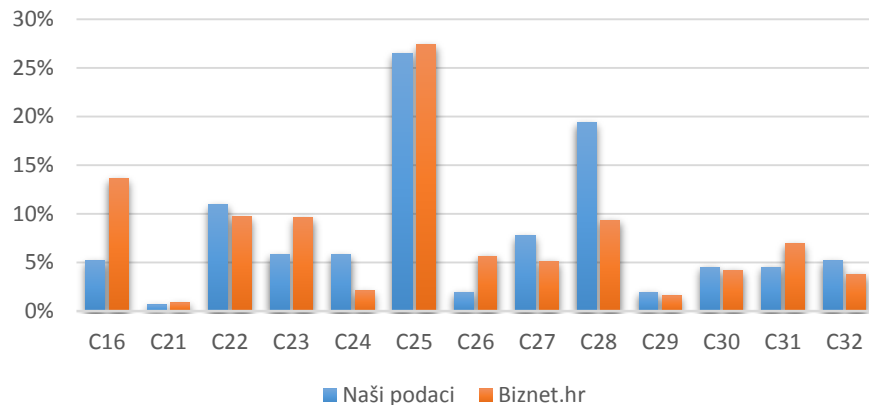
### ANONIMNOST ODGOVORA



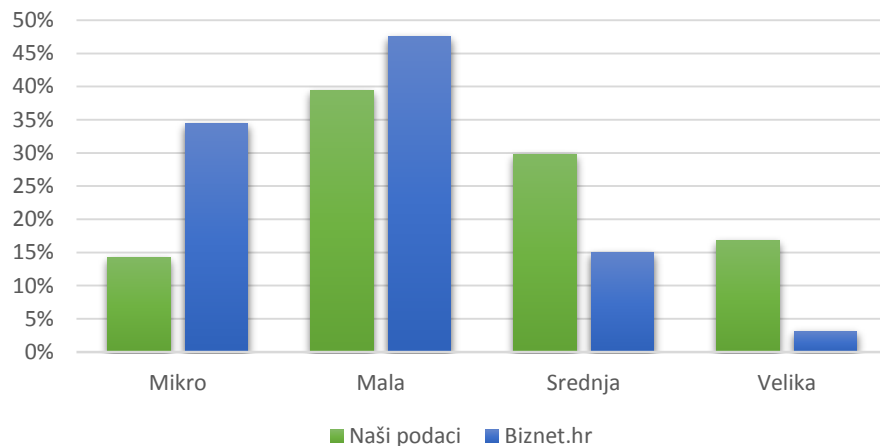
### VELIČINA TVRTKE



## REPREZENTATIVNOST UZORKA



- C16 - Prerada drva i proizvoda od drva i pluta, osim namještaja; proizvodnja proizvoda od slame i pletarskih materijala
- C21 - Proizvodnja osnovnih farmaceutskih proizvoda i farmaceutskih pripravaka
- C22 - Proizvodnja proizvoda od gume i plastike
- C23 - Proizvodnja ostalih nemetalnih mineralnih proizvoda
- C24 - Proizvodnja metala
- C25 - Proizvodnja gotovih metalnih proizvoda, osim strojeva i opreme
- C26 - Proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih uređaja
- C27 - Proizvodnja električne opreme
- C28 - Proizvodnja strojeva i uređaja
- C29 - Proizvodnja motornih vozila, prikolica i poluprikolica
- C30 - Proizvodnja ostalih prijevoznih sredstava
- C31 - Proizvodnja namještaja
- C32 - Ostala prerađivačka industrija



# Pitanja u upitniku u odnosu na razine industrije

	Pitanje 1	Pitanje 2	Pitanje 3	Pitanje 4	Pitanje 5	Pitanje 6	Pitanje 7	Pitanje 8	Pitanje 9
Industrija 1	Razvoj proizvoda odvija se pomoću CAD sustava	Ručna (bravarska) obrada i/ili ručna montaža	Usmena komunikacija čovjek – čovjek (rukovoditelj objašnjava radni nalog radnicima)	Nema evidencije o prolasku proizvoda kroz proizvodni proces	Na temelju dostupnih podataka možete donekle procijeniti koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno imate u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	Na temelju dostupnih podataka možete donekle procijeniti koliko gotovih proizvoda trenutno imate u izlaznom skladištu	Kontrola proizvoda na kraju proizvodnog procesa	Prisutna je podjela u odjele prema funkcijama (PC i softveri se nalaze u pojedinim odjelima (CAD, CAM, CAD, PPC))	Ne koristi se ni TPS ni GALP principi
Industrija 2	Razvoj proizvoda odvija se pomoću CAD sustava	CNC obradni strojevi i/ili automatizirana proizvodna linija	Pismena komunikacija čovjek – čovjek (rukovoditelj predaje pisani radni nalog radniku)	Proizvod ili transportni sanduk ima pričvršćen papir na koji se zapisuje kada i što je rađeno	Na temelju dostupnih podataka možete donekle procijeniti koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno imate u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	Na temelju dostupnih podataka možete donekle procijeniti koliko gotovih proizvoda trenutno imate u izlaznom skladištu	Međufazna kontrola (samokontrola) tijekom cjelokupnog procesa	Prisutna je podjela u odjele prema funkcijama (PC i softveri se nalaze u pojedinim odjelima (CAD, CAM, CAD, PPC))	Ne koristi se ni TPS ni GALP principi
Industrija 3	Upotreba Digitalne tvornice (Digital Factory) i simulacije pri razvoju proizvoda	CNC obradni strojevi i/ili automatizirana proizvodna linija	Komunikacija čovjek – stroj (radnik upravlja CNC obradnim strojevima) ili proizvodnom linijom Komunikacija stroj – stroj (machine to machine - M2M)	Proizvod ili transportni sanduk ima zalijepljen barkod koji se ručno očitava na svakom radnom mjestu	U bazi podataka na računalnom serveru možete očitati koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno imate u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	U bazi podataka na računalnom serveru možete očitati koliko gotovih proizvoda trenutno imate u izlaznom skladištu	Upravljanje kvalitetom prema konceptu Cjelokupnog upravljanja kvalitetom (Total Quality Management – TQM) Upravljanje kvalitetom prema sustavu norma ISO 9000	Pojedni odjeli su povezani preko Računalom integrirane proizvodnje (Computer Integrated Manufacturing – CIM)	Koriste se pojedini elementi TPS i GALP (npr. Kaizen, 5S, Just-in-Time - Upravo na vrijeme, Value Stream Mapping - Dijagram toka vrijednosti, Jidoka i dr.)
Industrija 4	Pri razvoju proizvoda koriste se Virtualna stvarnost (Virtual Reality), 3D skeniranje i Brzi razvoj prototipova (Rapid Prototyping)	Moderni obradni centri s automatiziranim transportom i/ili robotske stanice na automatiziranoj proizvodnoj liniji	Intranet komunikacija (putem vlastite računalne mreže)	Proizvod ili transportni sanduk ima RFID-tag koji se automatski očitava na svakom radnom mjestu	U aplikaciji na svom smartphone ili tablet uređaju možete očitati koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno imate u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	U aplikaciji na svom smartphone ili tablet uređaju možete očitati koliko gotovih proizvoda trenutno imate u izlaznom skladištu	Upravljanje kvalitetom prema konceptu Six Sigma	Integracija PLM, Planiranje resursa poduzeća (Enterprise Resource Planning – ERP) i (Management Execution System – MES) preko Informacijske okosnice (Information Backbone) i Oblaka (Cloud)	TPS i GALP principi uvedeni su kroz cjelokupan poslovni proces – tzv. Lean Management 2.0 (npr. softverska aplikacija za Kaizen preko smart mobitela)

# Rangiranje odgovora

Odaberite odgovor koji najbolje opisuje **upravljanje radnim nalogima** koje dominira u Vašem proizvodnom sustavu:

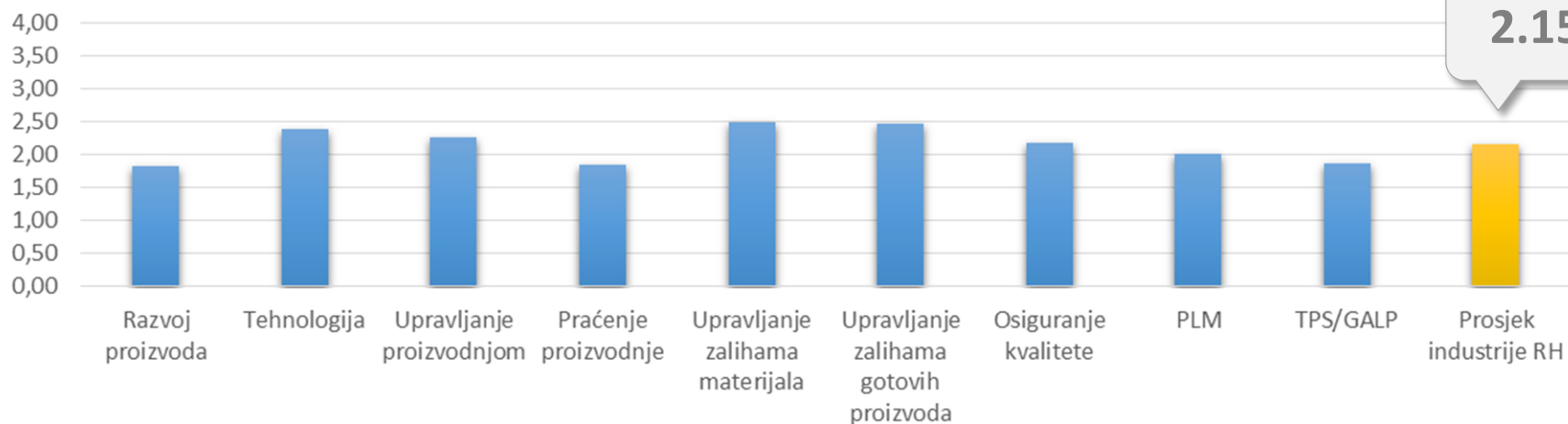
**Industrijska generacija**

- Usmena komunikacija čovjek - čovjek (rukovoditelj objašnjava radni nalog radnicima)
- Pismena komunikacija čovjek - čovjek (rukovoditelj predaje pisani radni nalog radniku)
- Komunikacija čovjek – stroj (radnik upravlja CNC strojevima ili linijom)
- Komunikacija stroj – stroj (M2M)
- Intranet komunikacija (Cloud)

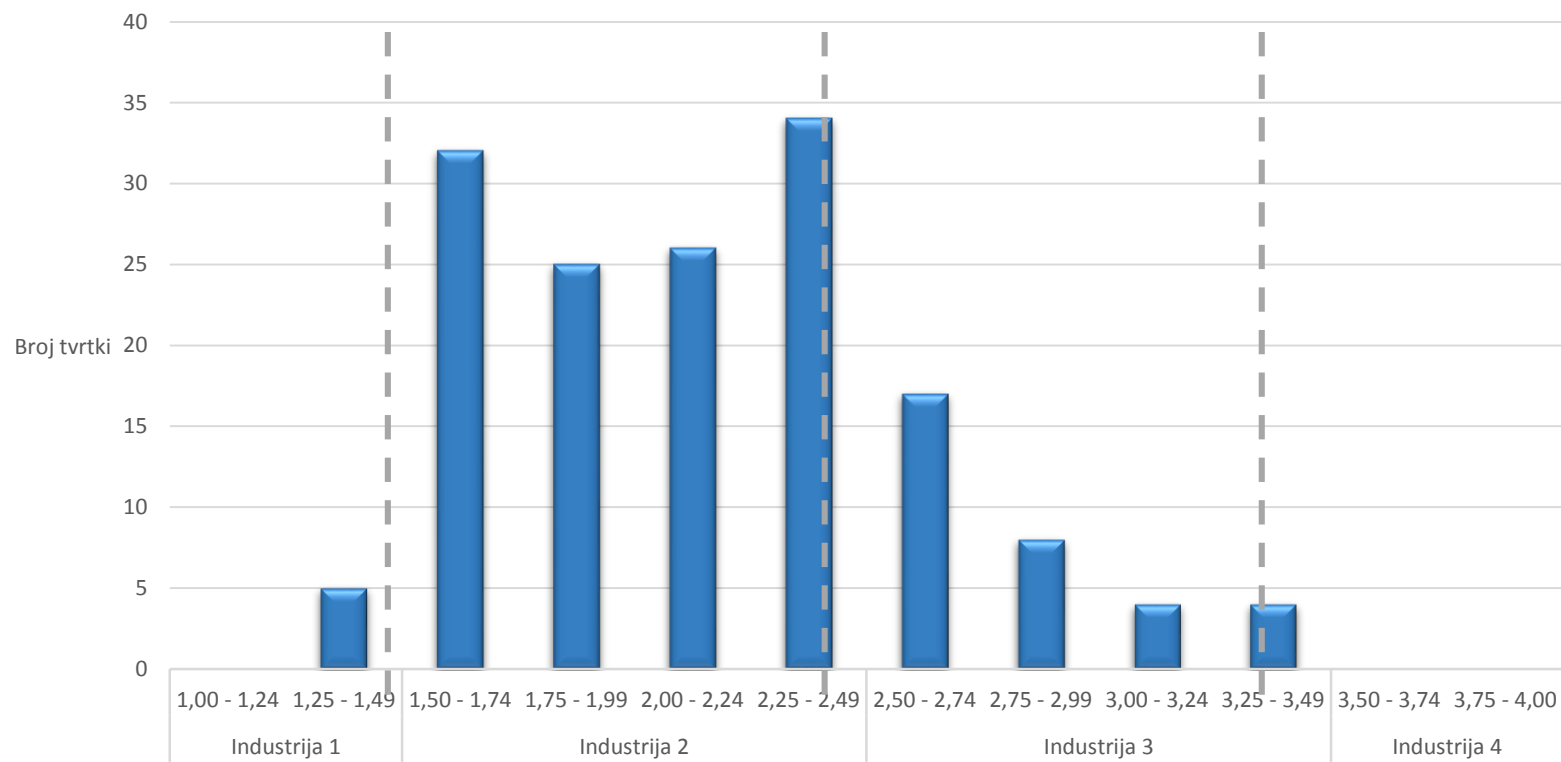
**Bodovi: 2.5**



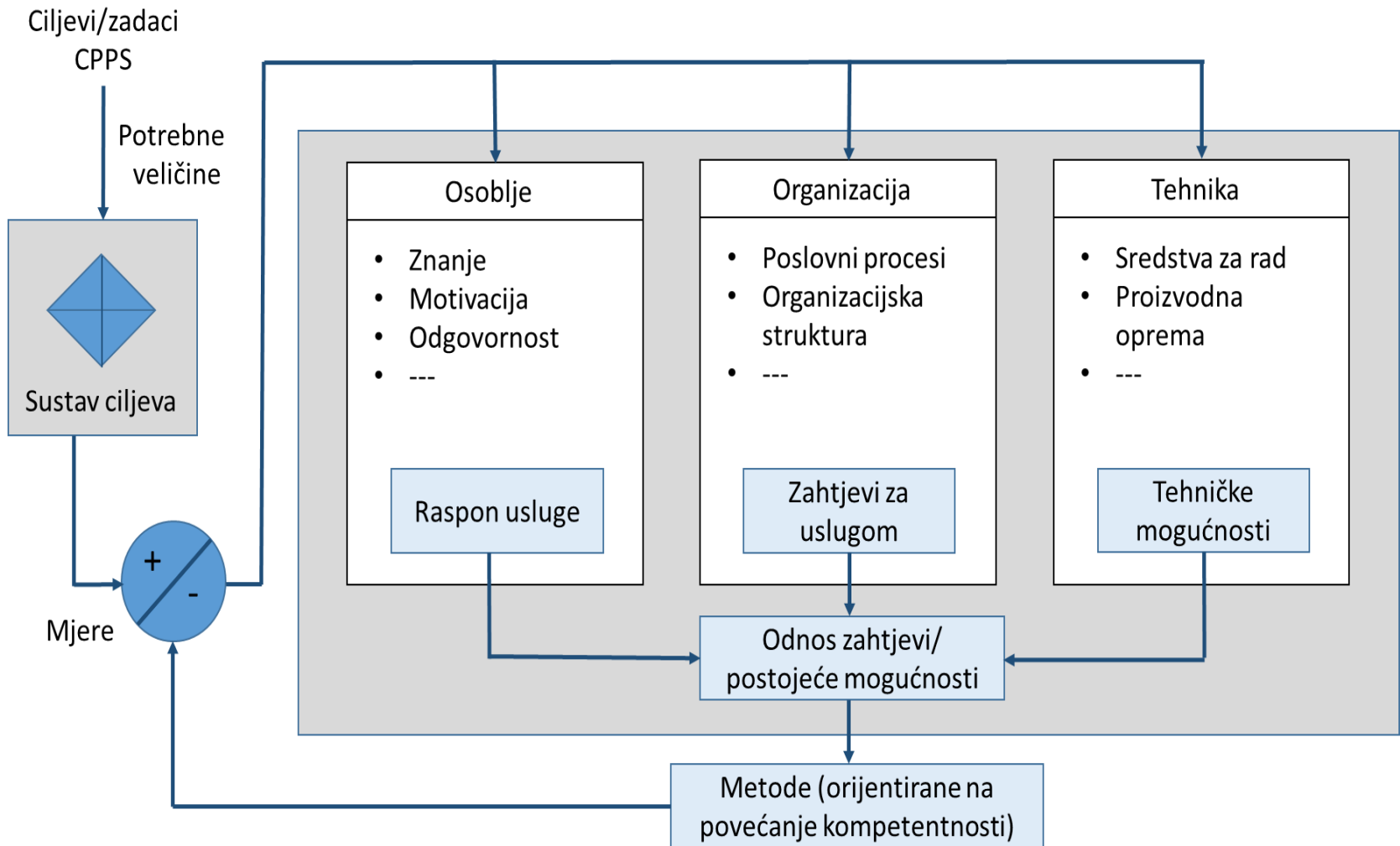
RAZINA INDUSTRIJSKE ZRELOSTI ZA ODREĐENE SEGMENTE PROIZVODNJE I  
PROSJEK CJELOKUPNE INDUSTRIJE RH



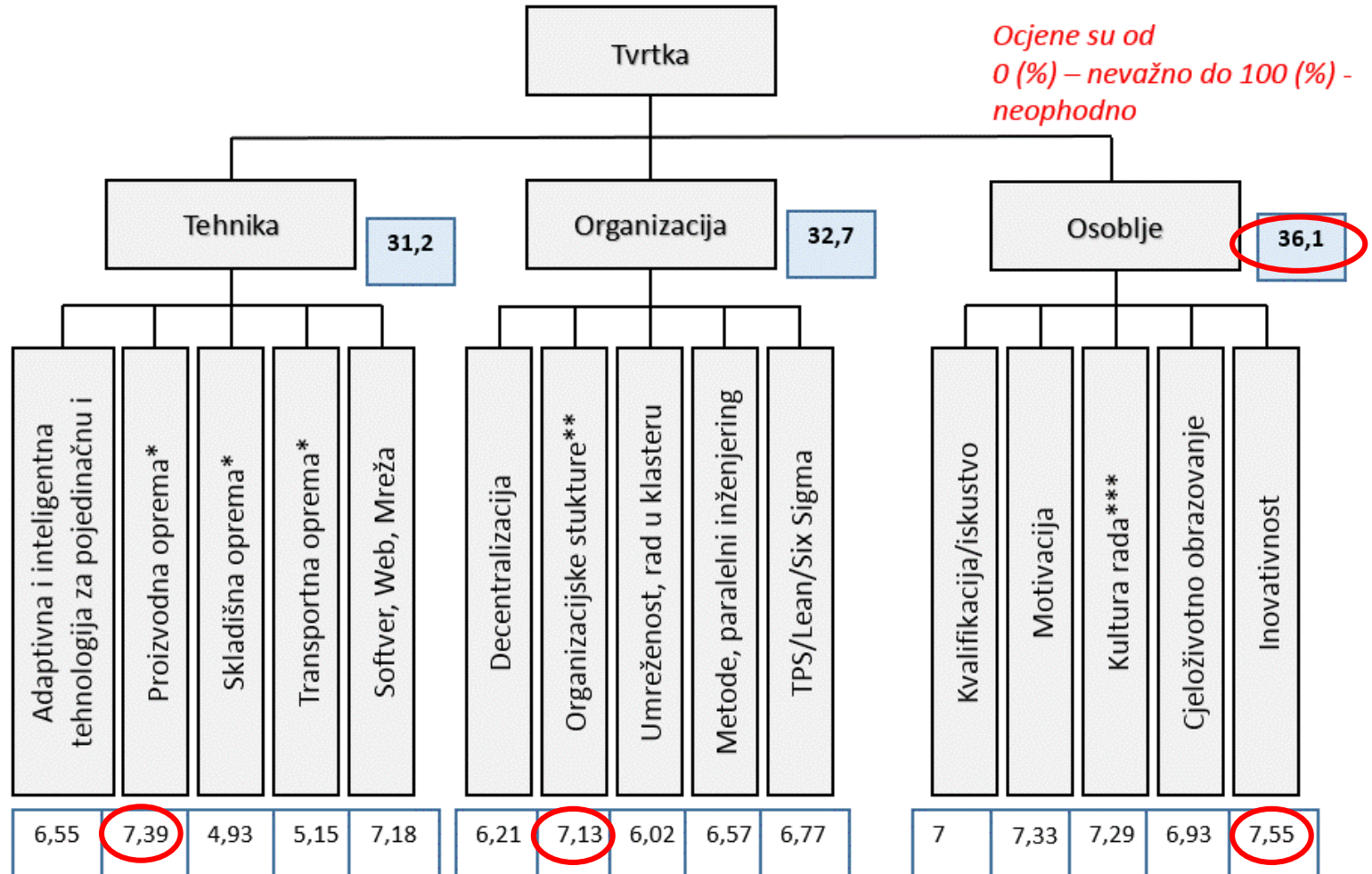
## INDUSTRIJSKA ZRELOST TVRTKI



# Upravljanje Kibernetetsko-fizikalnim proizvodnim sustavom (CPPS)



# Rezultati ocjene tehnike, organizacije i osoblja u postocima



\* Modularnost, fleksibilnost, inteligentne komponente, automatizacija

\*\* Funkcionalna vs. procesna, projektna, fraktali, profitni centri

\*\*\* Holistički, interdisciplinarni pristup, timski rad

# Analiza osoblja i organizacije (1)

**1. Dobna struktura.** Poduzeća ulažu znatne napore na dovođenje mladih radnika sa fakulteta ili iz škole koji su u mogućnosti pratiti suvremene promjene i napredak tehnologije. Dobna skupina koja dominira u takvim poduzećima je 30-ak godina. Ipak u nekim poduzećima još uvijek postoji i određeni postotak starijih zaposlenika s velikim iskustvom i znanjem (50-60 godina).

## 2. Razina kvalifikacije

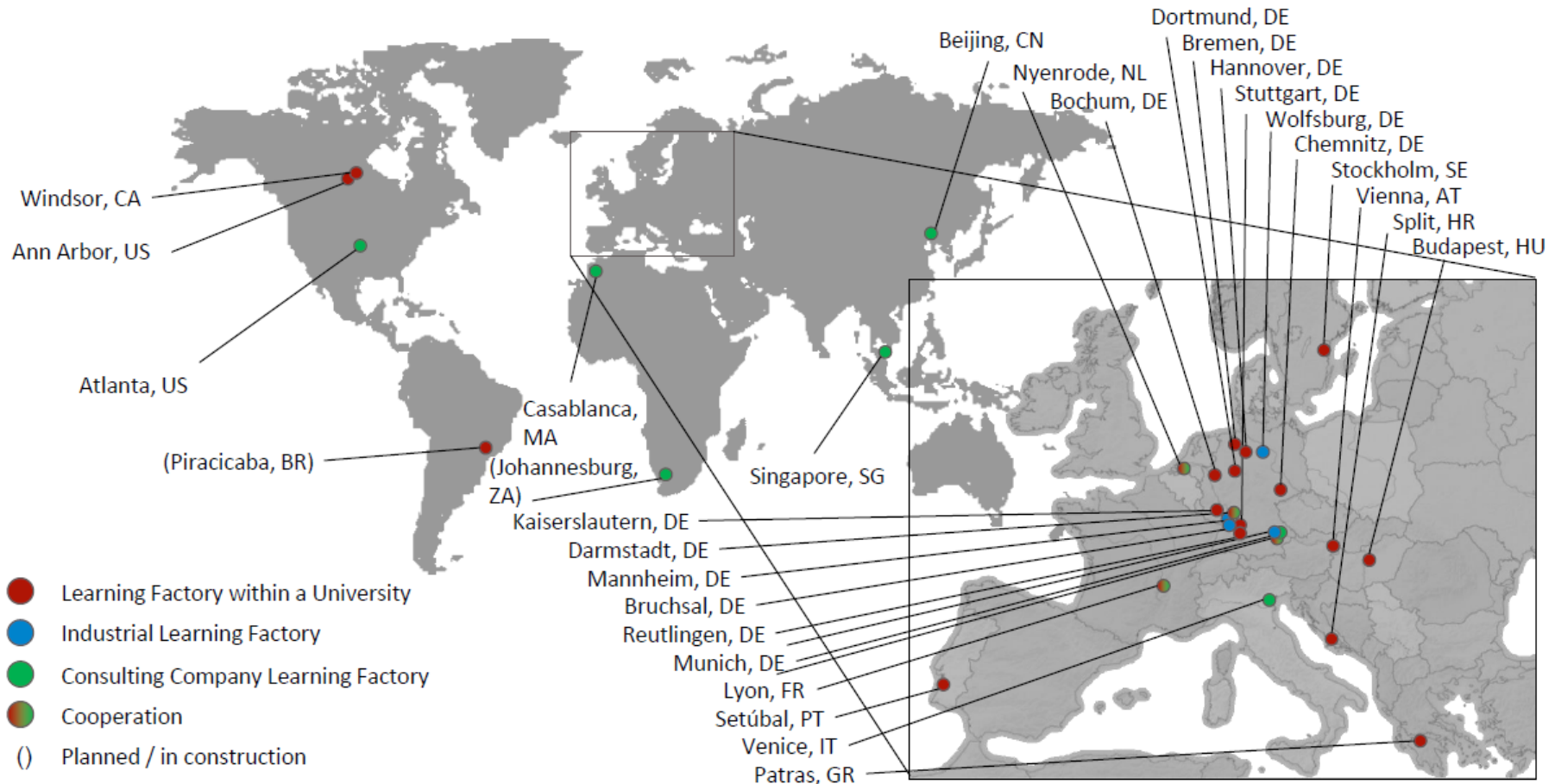
- Od 5-10% radnika zaposlenih u poduzeću posjeduje VSS, magisterij ili doktorat. Uglavnom se radi o poduzećima s većim brojem zaposlenika (>100). Dio tih zaposlenika se bavi i istraživanjem i razvojem. Starija poduzeća s dugom tradicijom i obiteljska poduzeća uopće nemaju odjel istraživanja i razvoja.
- Poduzeća se također žale i na nedostatak određenih znanja i kompetencija. Pored nedostatka kvalitetnih inženjera i visokoobrazovanih stručnjaka prisutna je isto tako i oskudica učenika koji završavaju neku od srednjih strukovnih tehničkih škola.
- Samo rijetka poduzeća stipendiraju učenike i studente za vrijeme srednje škole i fakulteta i na taj način barem djelomično pokušavaju zadovoljiti svoje potrebe za kvalitetnim zaposlenicima.

## Analiza osoblja i organizacije (2)

- 3. Motivacija.** Poduzeća često ne nude nikakav oblik motivacije svojim zaposlenicima. Neka poduzeća smatraju da je dovoljna motivacija i sama plaća koja je redovita. Rijetka poduzeća pored takvih standardnih oblika motivacije nude i određene nagrade svojim radnicima.
- 4. Inovativnost.** Poduzeća uglavnom nemaju razrađen sustav praćenja inovativnosti zaposlenika. Iznimke su ona poduzeća koja imaju službu koja prati inovativnost i prijedloge za poboljšanjima od strane zaposlenika te takve prijedloge nagrađuje i honorira. Uglavnom se radi o poduzećima koja u velikoj mjeri surađuju s inozemnim kompanijama i visoki udio svoje proizvodnje izvoze.
- 5. Cjeloživotno učenje (Life-Long Learning).** Poduzeća su ocijenila da su važna područja za cjeloživotno obrazovanje: **poznavanje stranih jezika, poznavanje zakonske regulative, menadžerske vještine, poznavanje ISO normi i standarda osiguranja kvalitete proizvoda, računalom podržano konstruiranje i proizvodnja, dizajn, poznavanje konkretnih računalnih programa i alata, poznavanje novih tehnologija, rukovanje opremom i strojevima itd.** Rijetka su poduzeća čiji zaposlenici provedu više od 5 dana godišnje na usavršavanju. Također 95% poduzeća nema sustavno riješenu prekvalifikaciju zaposlenika niti omogućuje svojim zaposlenicima stjecanje odgovarajućih znanja i vještina.

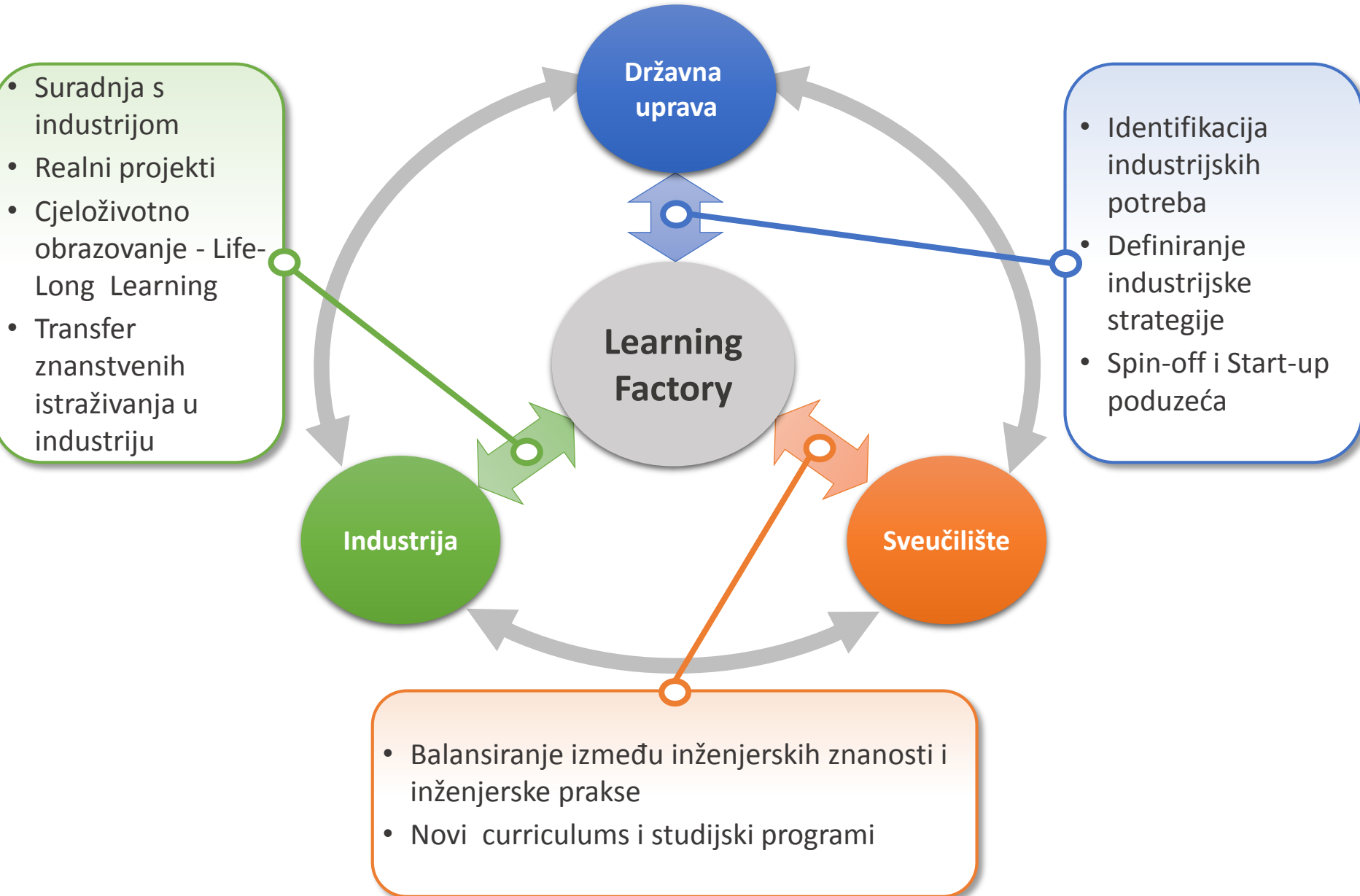


# Learning Factories are built up all over the globe



Sources: Abele et al. (2009) – Process-learning factories in industry and universities – Different approaches for excellent education and training  
 Wagner et al. (2012) – The State-of-the-Art and Prospects of Learning Factories  
 Tisch et al. (2013) – A systematic approach on developing action-oriented, competency-based Learning Factories  
 Abele et al. (2013) – Welcoming Speech and Presentation of the Initiative on Learning Factories

# Learning Factory povezuje sudionike Triple helix modela



# LEAN LEARNING FACTORY

## R&D

CAD  
NX  
Siemens

3D  
\*3D printer  
\*3D Scanner  
\*3D TV

Digital  
factory  
\*Technomatix  
\*Promodel  
\*visTABLE

## LEAN Methods

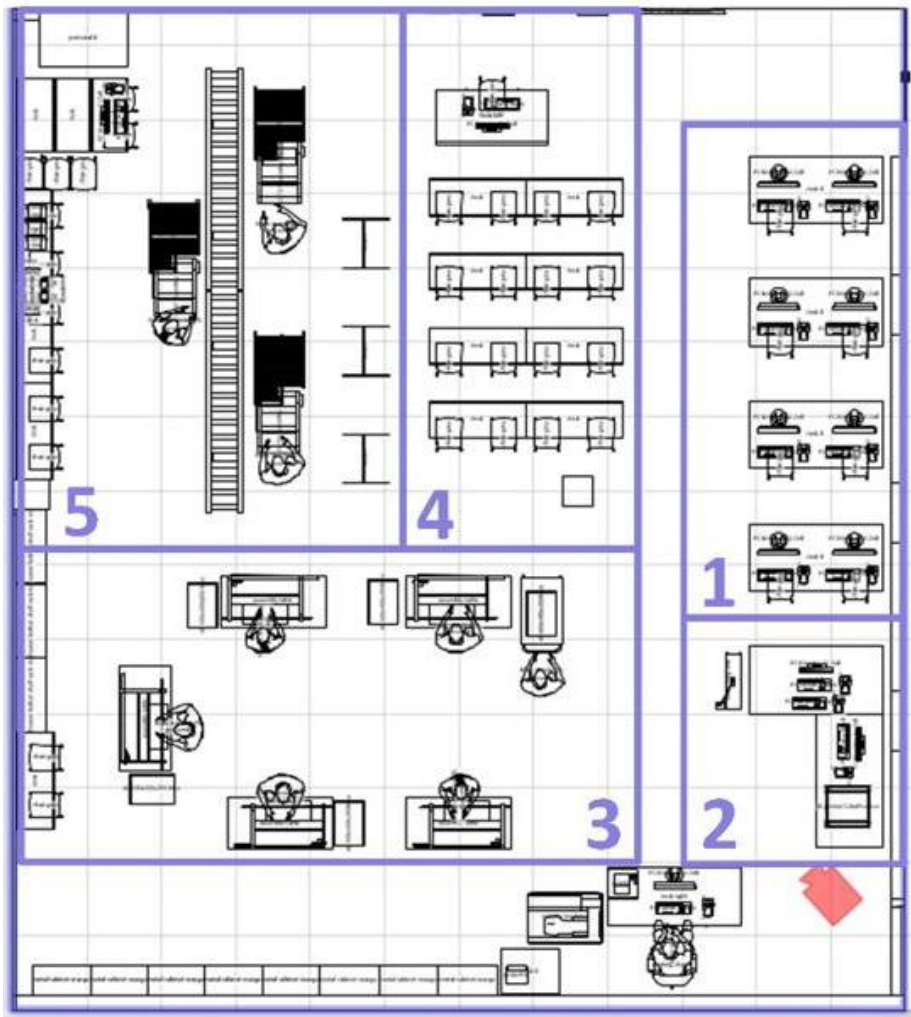
LEAN  
tools  
\*Games  
\*Simulations

Assembly  
\*Gears

# KARET

# Karet





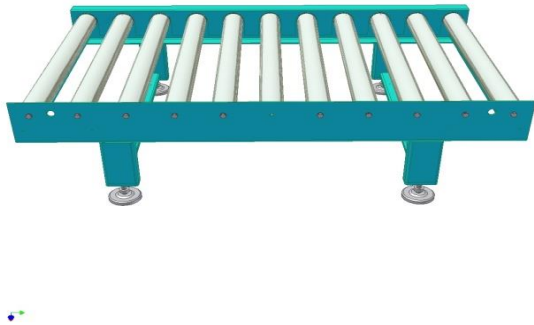
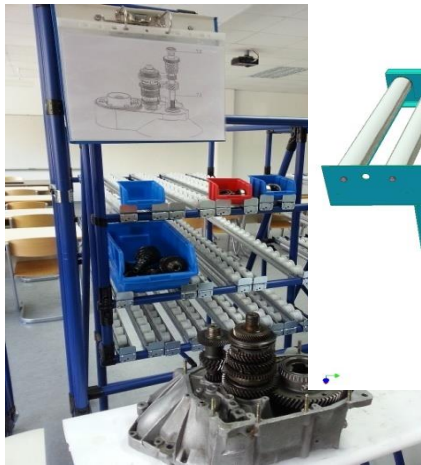
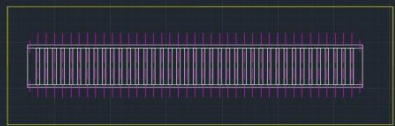
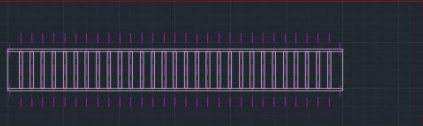
### Objašnjenje:

1. Server s 8 PC i Siemens PLM
2. 3D skener i 3D printer
3. Montažna linija kareta
4. Učionica s lean alatima i simulacijama
5. Montažna linija mjenjača





# Lean montažni proces



# Primjena didaktičkih igara u procesu obrazovanja





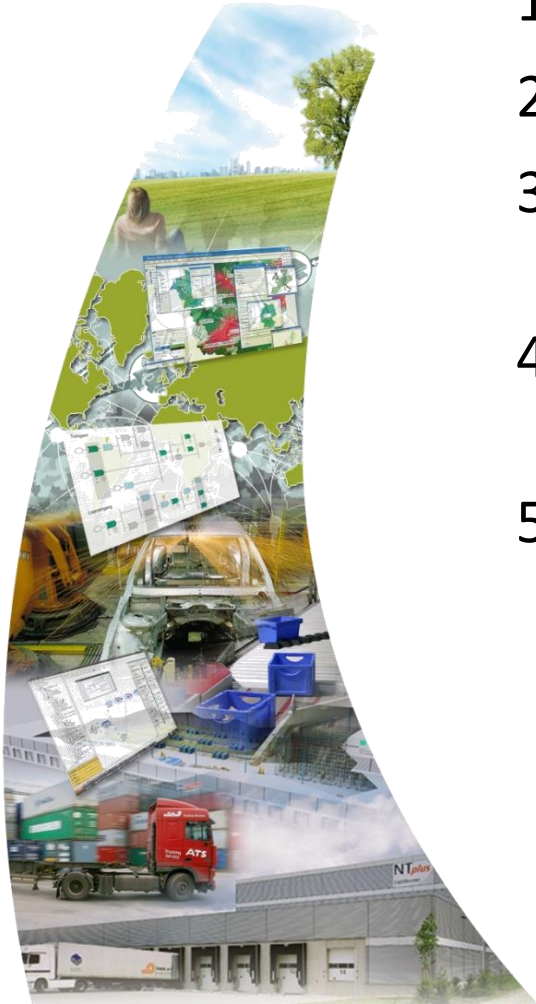
# NIL Network innovative Learning Factories

<http://www.esb-business-school.de/en/forschung/forschungsprojekte/nil-network-innovative-learning-factories.html>



# Industry 4.0

Na putu prema Industry 4.0



1. Uvod
2. Osnove Industry 4.0
3. Industry 4.0 - Postojeće stanje i praktični primjeri
4. Inovativno pametno poduzeće  
Aktivnosti Katedre za industrijsko inženjrstvo
5. **Industry 4.0 - Osoblje**

# Učinak Industrije 4.0 na osoblje (1)



## BIG DATA PODRŽANO UPRAVLJANJE KVALITETOM

Algoritmi temeljeni na podacima iz prošlog razdoblja identificiraju probleme kvalitete i smanjuju greške proizvoda



## PROIZVODNJA PODRŽANA ROBOTIMA

Fleksibilni, humanoidni roboti obavljaju poslove, kao što je montaža i pakiranje

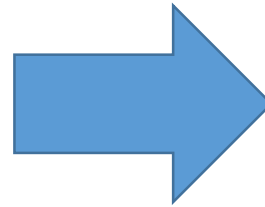
Promjene zahtjeva za radna mjesta:

- Smanjenje radnika u kontroli kvalitete i povećanje broja znanstvenika za obradu industrijskih podataka
- Smanjenje manuelnih radnika u proizvodnji (obrada, montaža,...) i kreiranje novog radnog mjesta koordinator robota (radi zajedno s robotima i zamjenjuje ih u slučaju kvara)



# Industry 4.0: Roboti više nisu blokirani unutar sigurnosti radne stanice već kooperiraju s radnicima

Danas



Sutra



**Nova generacija laganih, fleksibilnih robota surađuje s radnicima unutar Pametne tvornice**



# Korištenje semantičke memorije proizvoda za adaptivno uzimanje i pametnu montažu proizvoda

Stereo kamera u glavi i 3D kamera na tijelu za hvatanje objekta



Čitanje veličinu, težine i točke dizanja iz memorije proizvoda s antene u lijevoj ruci - robot dobiva upute od proizvoda koji se proizveden

# Učinak Industrije 4.0 na osoblje (2)



## AUTONOMNA LOGISTIČKA VOZILA

Potpuno automatizirani transportni sustavi sami inteligentno voze unutar tvornice



## SIMULACIJA PROIZVODNE LINIJE

Novi softveri omogućavaju simulaciju i optimizaciju montažne linije

Promjena zahtjeva za radna mjesta:

- Smanjenje potrebe za radnim mjestima u logistici
- Povećanje zahtjeva za radnim mjestima industrijskog inženjerstva i stručnjaka za simulacije



# Učinak Industrije 4.0 na osoblje (3)



## PAMETNA MREŽA DOBAVLJAČA

Monitoring cijelokupne mreže dobavljača omogućuje bolje donošenje odluka za opskrbu



## PREDIKTIVNO (PREVENTIVNO) ODRŽAVANJE

Daljinski nadzor opreme omogućuje zamjenu dijelova/modula prije kvara

Promjena zahtjeva za radna mjesta:

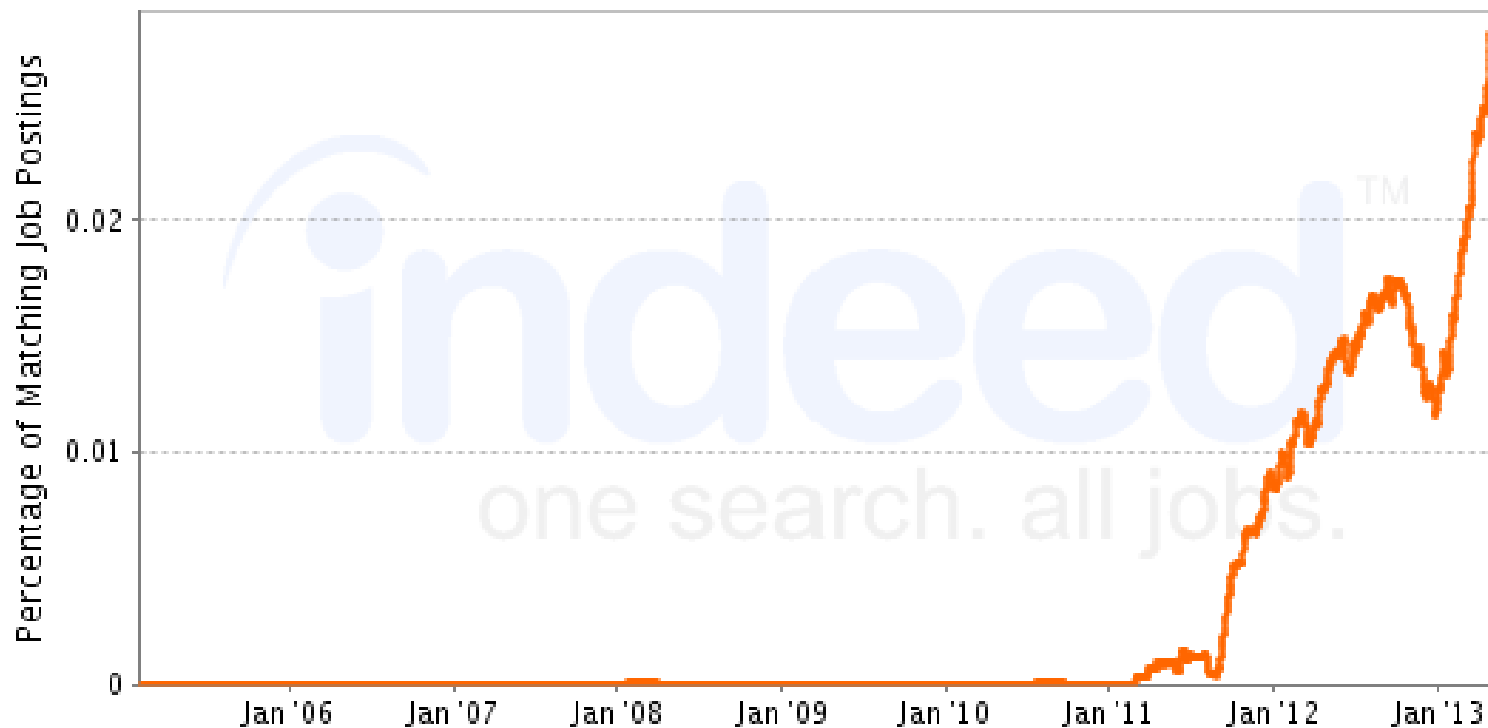
- Smanjenje potrebe za radnim mjestima u planiranju proizvodnje i povećanje zahtjeva za koordinatorima lanaca dobavljača (SCM)
- Povećanje zahtjeva za dizajn sustava, informacijsko-komunikacijskim tehnologijama ICT i znanost o podacima

# Vještine znanosti o podacima - data scientist

Scale: **Absolute** - [Relative](#)

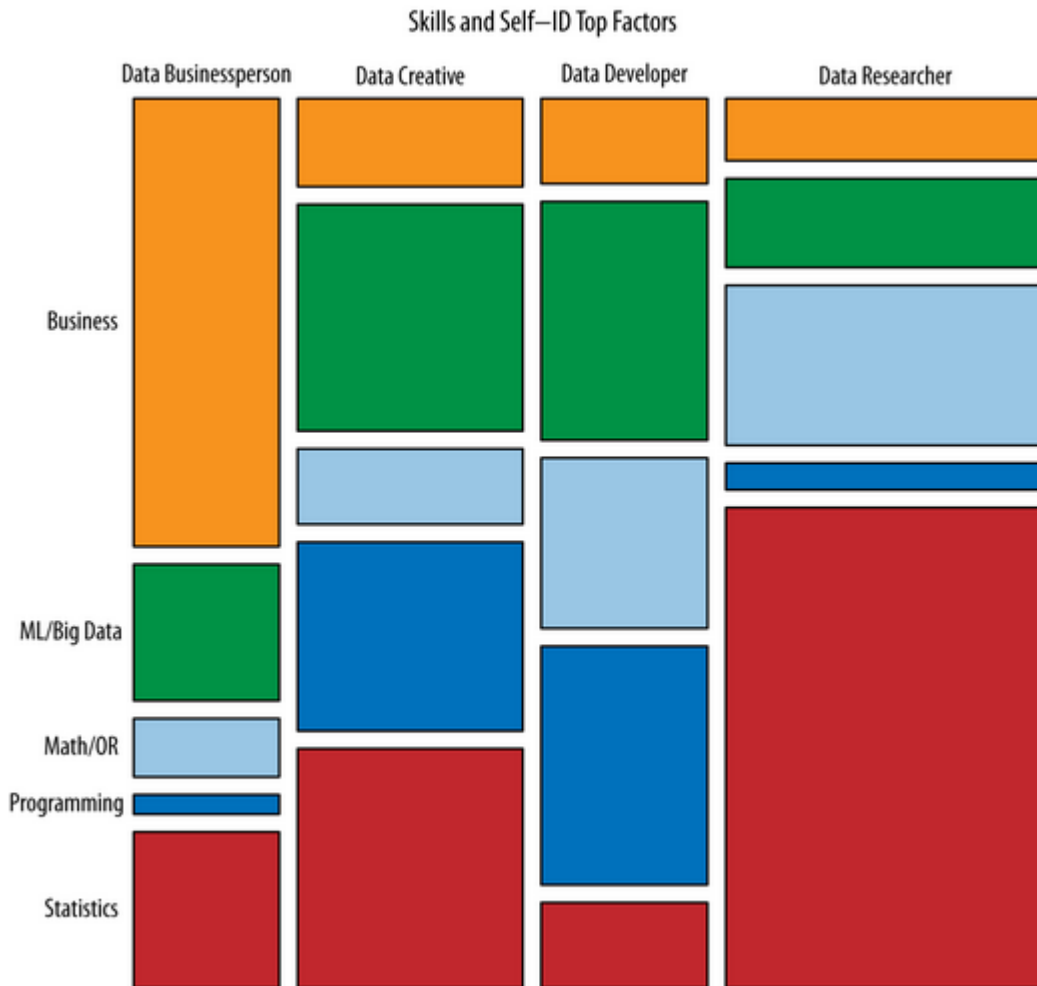
**Job Trends** from Indeed.com

— Data-scientist



Indeed.com searches millions of jobs from thousands of job sites. This job trends graph shows the percentage of jobs we find that contain your search terms.

# Tipovi znanstvenika o podacima - data scientist



- **Data Businessperson** se fokusira na pitanje kako uvidi u podatke mogu utjecati na tvrtku ili kako mogu povećati profit. Većina imaju završene MBA, te su menadžeri ili imaju svoju tvrtku.
- **Data Creatives** imaju najširi raspon vještina u provedenom istraživanju. Oni znaju dobro programirati. To su psiholozi, ekonomisti i politolozi.
- **Data Developers** razvijaju infrastrukturu za podatke i igru s njima, te razvijaju algoritme za strojno učenje (Machine learning). Polovica ih ima završen fakultet u području računalnih znanosti.
- **Data Researchers** grupa su najbližiji upravo terminu „scientist“. Gotovo  $\frac{3}{4}$  ove grupe su osobe koje su objavile članke u znanstvenim časopisima i više od  $\frac{1}{2}$  ih ima doktorat. Statistika im je glavna vještina, ali je mali broj onih koji su pokrenuli svoje. Također, ovdje ima dosta psihologa, ekonomista i politologa kao u grupi Data Creatives.



# Učinak Industrije 4.0 na osoblje (4)



## STROJEVI KAO USLUGA

Proizvođači prodaju ne samo strojeve, nego i usluge korištenja i održavanja



## SAMOORGANIZIRAJUĆA PROIZVODNJA

Automatski koordinirani strojevi optimiziraju svoju iskoristivost i izlaz (output)

Promjene zahtjeva za radna mjesta:

- Povećanje zahtjeva za stručnjacima iz područja prodaje
- Povećanje zahtjeva za specijalistima iz područja modeliranja i analize podataka

# Učinak Industrije 4.0 na osoblje (5)



## ADITIVNA PROIZVODNJA KOMPLEKSNIH PROIZVODA

3-D pisači stvaraju kompleksne dijelove u jednom koraku, tako da montaža postaje suvišna



## RAD, ODRŽAVANJE I USLUGE S PROŠIRENOM STVARNOŠĆU

Četvrta dimenzija omogućava operativno vođenje, pomoć na daljinu i dokumentiranje

Promjena zahtjeva za radna mjesta:

- Smanjenje radnika na montažnim linijama i povećanje zahtjeva za znanstvenim radnicima i inženjerima
- Povećanje zahtjeva za znanstvenim radnicima, specijalistima iz područja ICT i pomoćnih inteligentnih sustava

## Kompetencijski model za Industry 4.0

Traditionalna industrija					Industry 4.0
Osoblje	Sveučilište	Radno mjesto	Industrija		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Motivacija</li><li>• Soft skills</li><li>• Odgovornost</li><li>• Emocionalna inteligencija</li><li>• Integritet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matematika</li><li>• Računarstvo</li><li>• Kritičko i analitičko razmišljanje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Management</li><li>• Planiranje</li><li>• Marketing</li><li>• Rješavanje problema</li><li>• Donošenje odluke</li><li>• Alati &amp; tehnologija</li><li>• Održivost</li><li>• Kontinuirano poboljšanje</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obrada</li><li>• Montaža</li><li>• Održavanje</li><li>• Lanac dobavljača</li><li>• Osiguranje kvalitete</li><li>• Održivost</li><li>• Zdravlje i sigurnost</li></ul>	+	<ul style="list-style-type: none"><li>• Data mining</li><li>• Internet of things</li><li>• Virtualna realnost</li><li>• Kontinuirano poboljšanje</li><li>• RFID</li><li>• Orijentacija na kupca</li><li>• Senzori</li></ul>

**Industrijski inženjeri** su naprikladniji za realizaciju ovog modela

**Potrebe za novim kompetencijama će utjecati na:**

Obrazovanje u osnovnim i srednjim školama

Obrazovanje na sveučilištima

Cjeloživotno obrazovanje

# Posebne ljudskih sposobnosti

- Osjećaji, emocije
- Iskustvo, memorija
- Kompetencije rješavanja problema
- Sposobnost procijene, sposobnost donošenja odluka
- Mašta
- Fleksibilnost
- Brza prilagodba na različite uvjete okoline
- Motivacija
- Sposobnost komunikacije

**Tehnologija može podržati ove sposobnosti, ali ne ih može zamijeniti.**



**Glavni zadatak oblikovanja humanog radnog mjesta je usmjeren na poticanje ovih sposobnosti!**

# Posebne tehnološke sposobnosti

Senzori, IT, Cloud Data, networking

- Obrada Big Data
- Objektivnost, nepristranost
- Jasne reakcije uzorka, unaprijed definirane aktivnosti
- Otkrivanje označenih signala / aktivnosti s visokom pouzdanošću
- Mjerenje i brojanje fizikalnih vrijednosti
- Pouzdana reakcija na jasne ulazne signale
- Izlazni signali bez grešaka
- Sposobnost izvršenja više istovremenih aktivnosti
- Brzo povezivanje
- Povezivanje procesa dodane vrijednosti, poslovnih modela

**Tehnologija je u ovom slučaju superiornija od ljudi**

**U oblikovanju humanog radnog mjesta tehnologija može nadopuniti potrebne sposobnosti!**



# Zaključak

- Industrija 4.0 će transformirati industrijsku radnu snagu do 2025. Primjer istraživanja u Njemačkoj je pokazao da će se uvođenje digitalnih industrijskih tehnologija trebati više radnih mjesta nego što će se izgubiti, ali radna mjesta će zahtijevati značajno različite vještine radnika.

## Radna mjesta u industriji u budućnosti

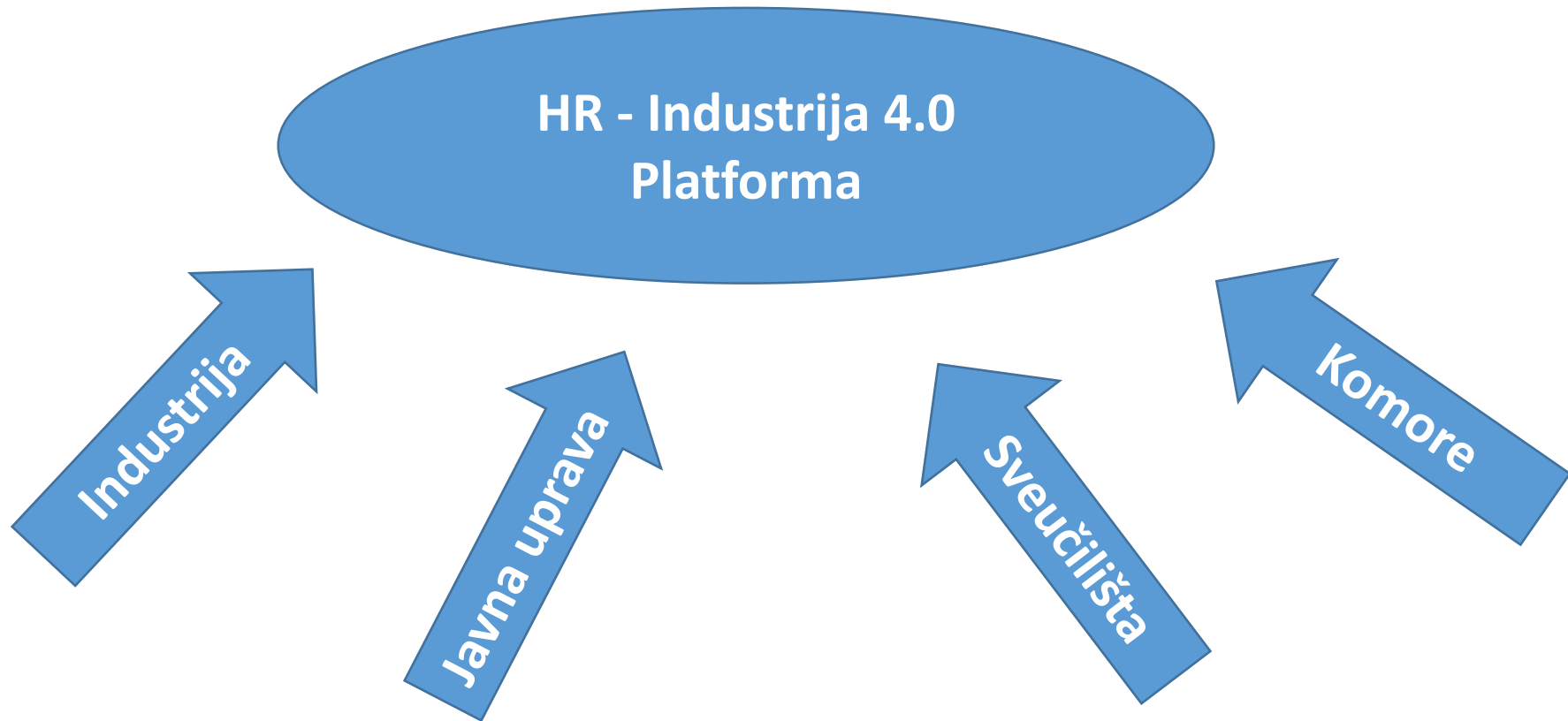
- Tehnologija će pomoći ljudima da ostanu na radnim mjestima ili ih napuste. Detaljno modeliranje prognozira povećanje od oko 350.000 radnih mjesta u Njemačkoj do 2025. Veća uporaba robotike i informatizacije će se smanjiti za cca 610.000 broj radnih mjesta u montaži i proizvodnji. No, ovo smanjenje će biti više nego kompenzirano stvaranjem oko 960.000 novih radnih mjesta, posebice u ICT i znanosti o podacima - *data science*.

## Koraci za uspješno usvajanje Industrije 4.0

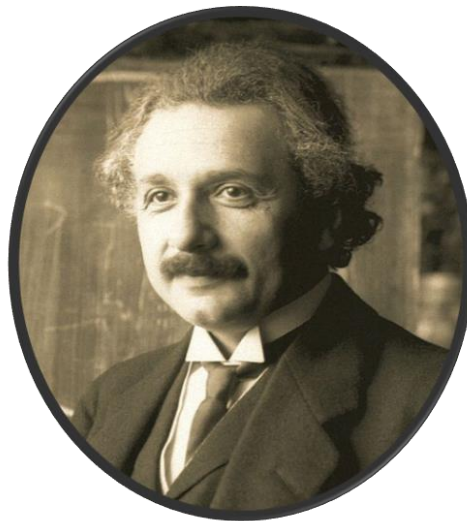
- **Tvrtke** moraju permanentno obrazovati svoje djelatnike, poboljšavati svoje organizacijske modele i razvijati strateške pristupe zapošljavanja i planiranja radne snage.
- **Obrazovni sustavi** trebaju nastojati osigurati šire obrazovanje s više vještina, s posebnim naglaskom na područje ICT tehnologija.
- **Vlade** mogu istražiti načine za unaprijeđenje središnje koordinacije inicijativa koje promiču stvaranje novih radnih mjesta.



# Quo vadis Hrvatska?



**“Ludost je ponavljati uvijek nanovo istu stvar i očekivati različite rezultate.”**



**Albert Einstein, Fizičar  
(1879 - 1955)**

# F E S B S p l i t

Kontakt:

Prof. dr.sc. Ivica Veža

Sveučilište u Splitu  
Fakultet elektrotehnike,  
strojarstva i brodogradnje

[ivica.veza@fesb.hr](mailto:ivica.veza@fesb.hr)



Croatian Science Foundation  
Innovative Smart Enterprise  
INSENT (1353)

