

Pametna proizvodnja 2018.  
Split, 20. lipnja 2018.



# Model inovativnog pametnog poduzeća: HR-ISE model

Prof. dr.sc. Ivica Veža

Doc. dr.sc. Nikola Gjeldum

Dr.sc. Marko Mladineo

## Istraživačka grupa projekta INSENT:

Prof. dr.sc. Ivica Veža, prof. dr.sc. Boženko Bilić, prof. dr.sc. Zoran Babić, prof. dr.sc. Željko Stojkić,  
izv.prof. dr.sc. Stipe Čelar, doc. dr.sc. Nikola Gjeldum, dr.sc. Marko Mladineo, Nikola Banduka,  
Igor Bošnjak, Ivan Peko, Mili Turić, Marina Crnjac, Andrej Bašić

Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje (FESB), Sveučilište u Splitu

2013.

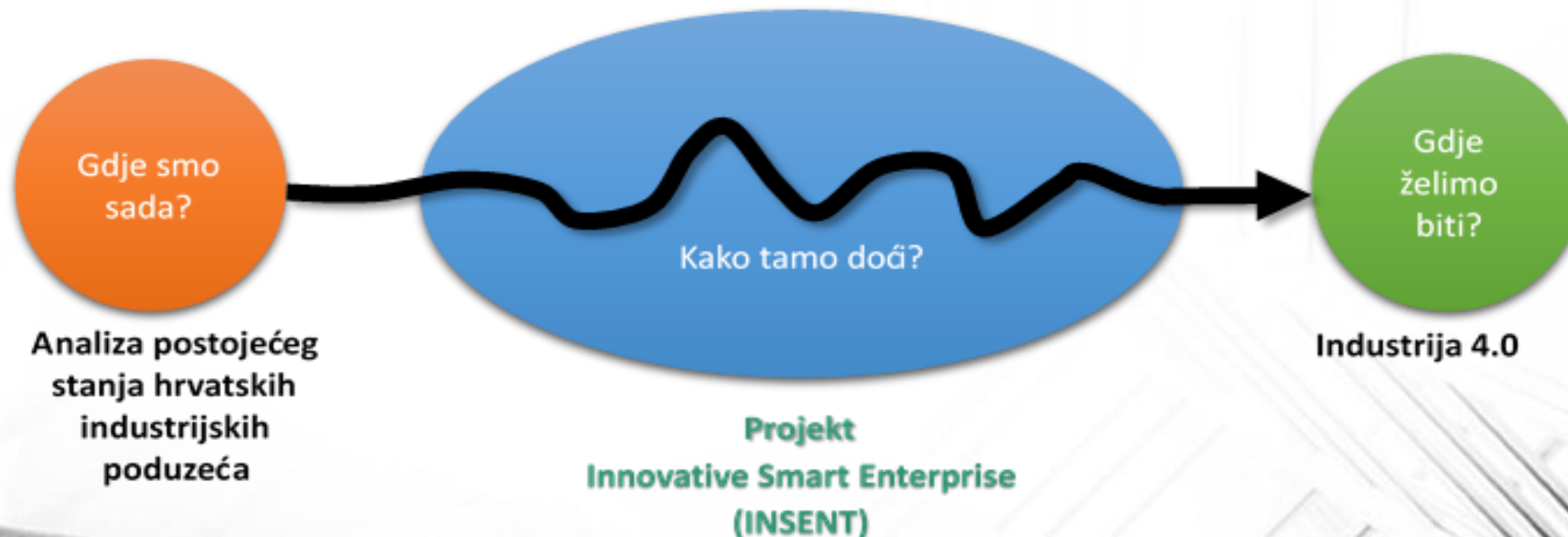
# Industrija 4.0

- U travnju 2013, u Njemačkoj je predstavljen završni izvještaj radne skupine njemačke vlade: *Die Plattform Industrie 4.0*
- Dokument je sadržavao okvir i smjernice nove industrijske platforme utemeljene na **pametnoj tvornici**, odnosno **kibernetско-fizičkom proizvodnom sustavu** podržanog od međusobno umreženih uređaja (*Industrial Internet of Things*).
- U listopadu 2013, istraživačka grupa s FESB-a, zajedno s kolegama s EFST Split i FSR Mostar, prijavljuje u projekt: **Inovativno pametno poduzeće (INSENT)**.
- Kao glavni cilj projekta postavljen je **razvoj Hrvatskog modela inovativnog pametnog poduzeća (HR-ISE model)** utemeljenog na novoj industrijskoj platformi Industrija 4.0.
- **Projekt INSENT odobren je od strane HRZZ-a za razdoblje rujan 2014. – kolovoz 2018.**

2014.

# Analiza stanja hrvatske industrije

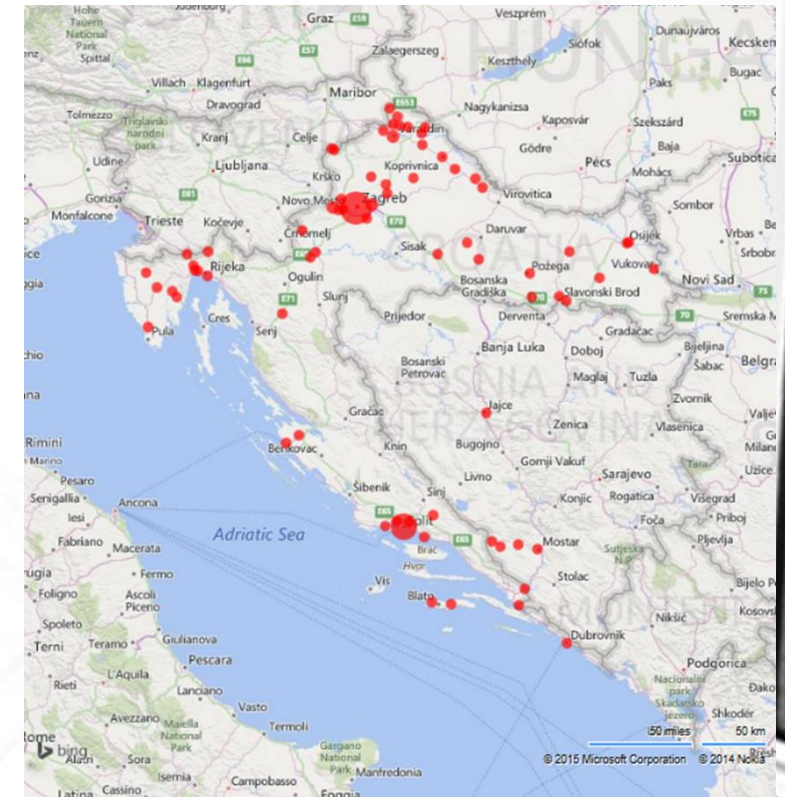
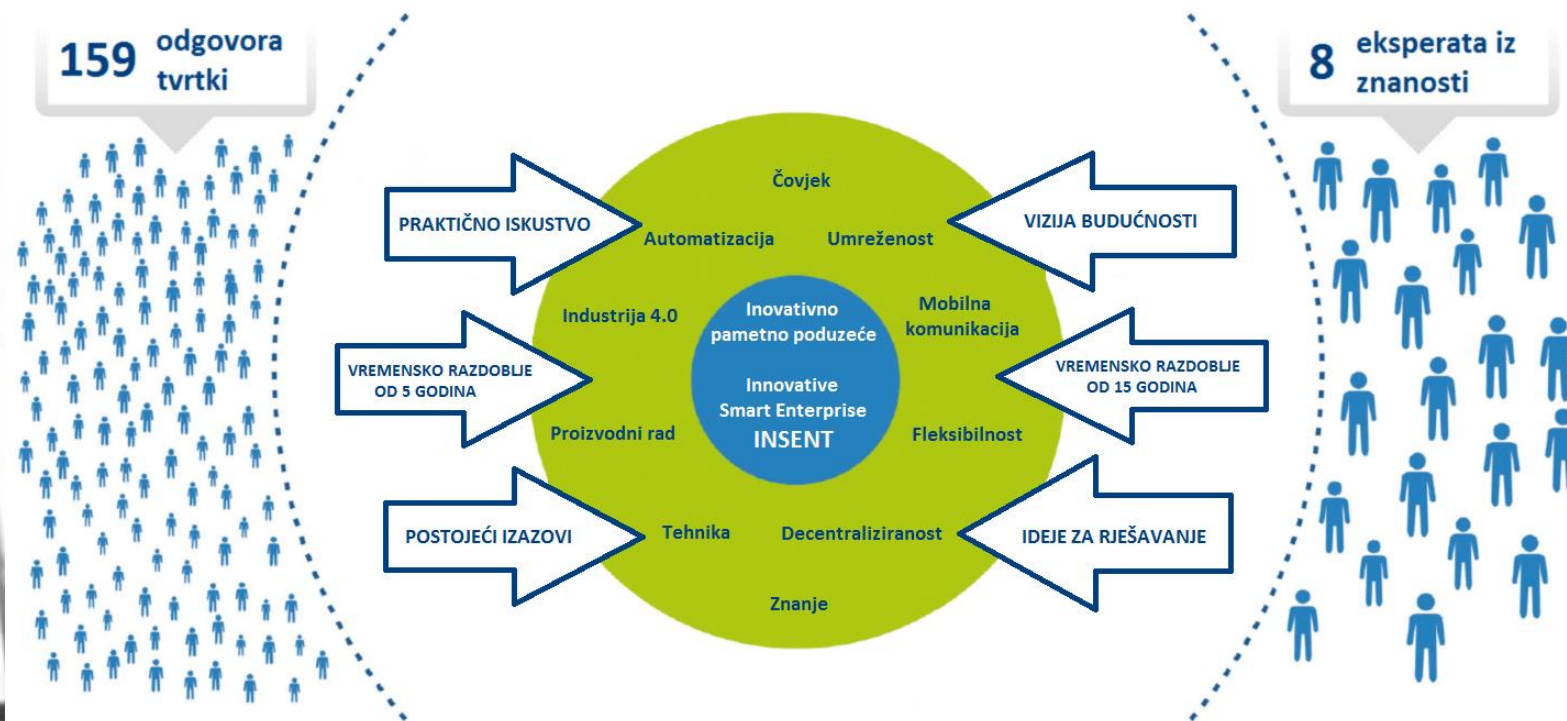
- U prvoj godini projekta INSENT trebalo je utvrditi trenutno stanje hrvatske prerađivačke industrije.
- Trebalo je empirijskim istraživanjem dokazati, iskustveno već poznatu činjenicu, da hrvatska industrija ne stoji baš najbolje.



2015.

# Analiza stanja hrvatske industrije

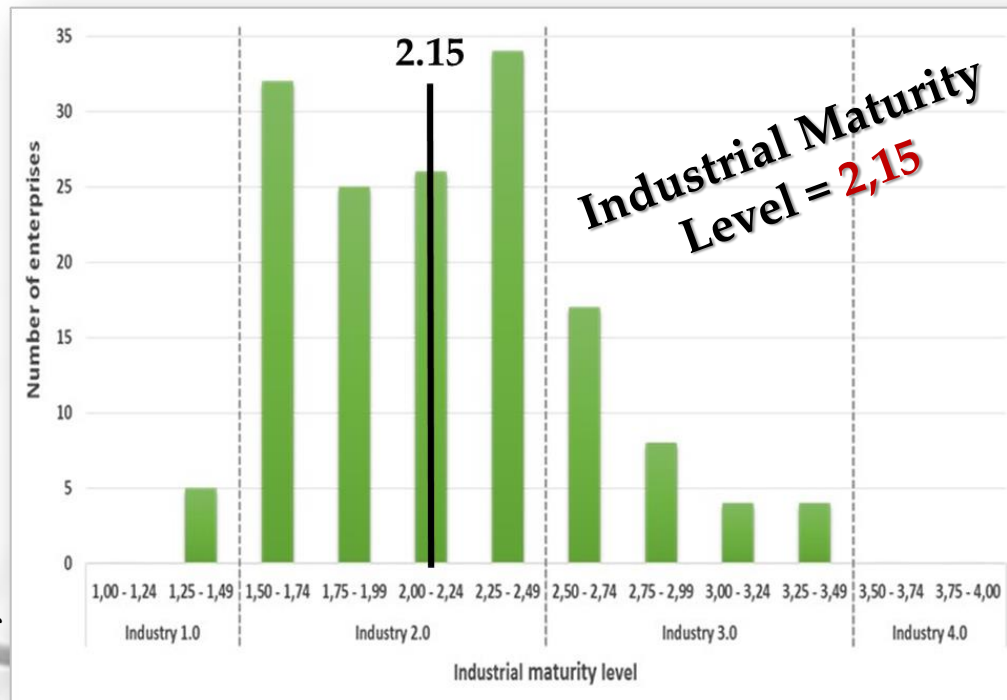
- Putem upitnika i intervjuiranjem prikupljeni su podaci o 159 industrijskih poduzeća iz RH, te još dodatnih 5 poduzeća iz BiH.



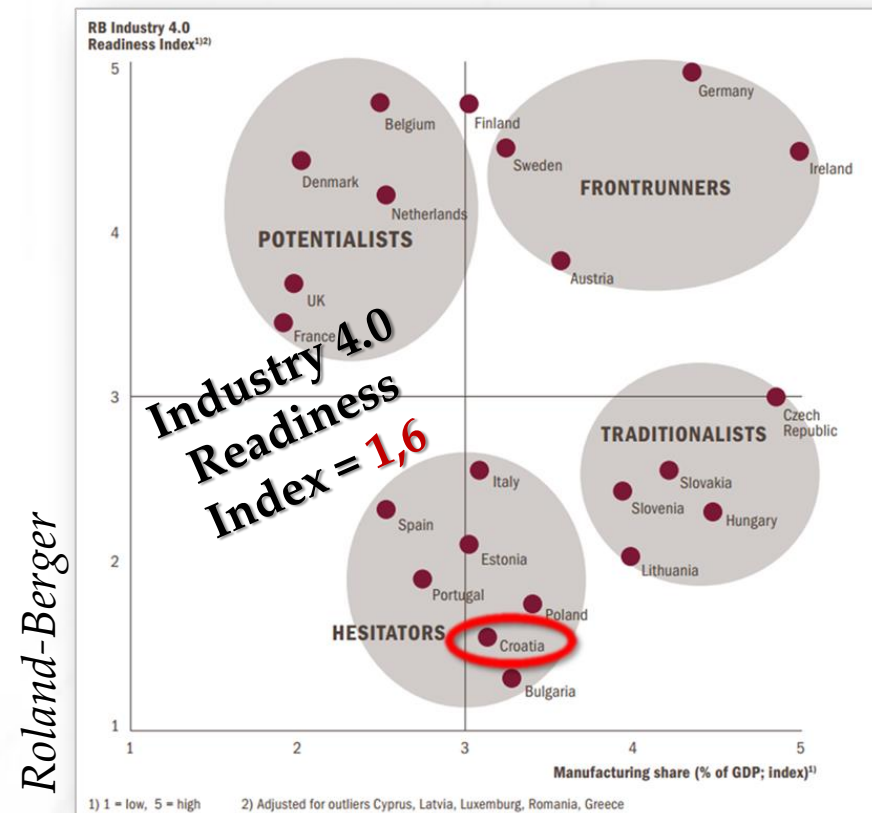
2015.

# Stanje hrvatske industrije

- Analiza stanja hrvatske industrije nedvosmisleno je dokazala zašto su RB konzultati Hrvatsku ubrojili u zemlje 'oklijevala', po pitanju spremnosti na Industriju 4.0.
- Industrija 4.0? → Hrvatska = **Industrija 2.15**



Projekt INSENT

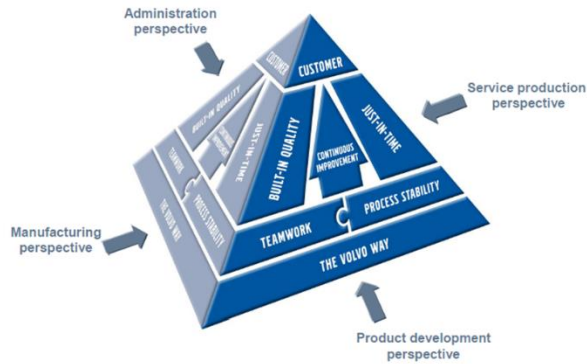


Roland-Berger

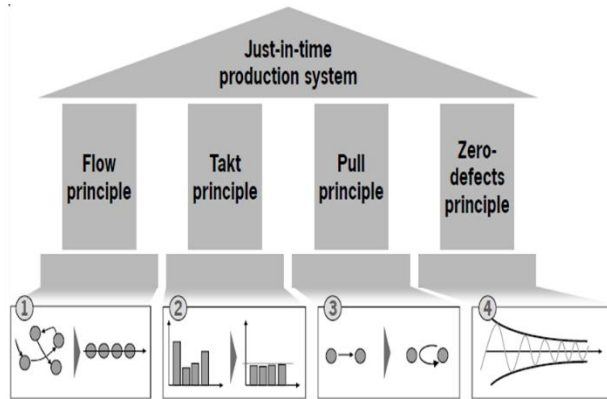
# Početak oblikovanja HR-ISE modela

2016.

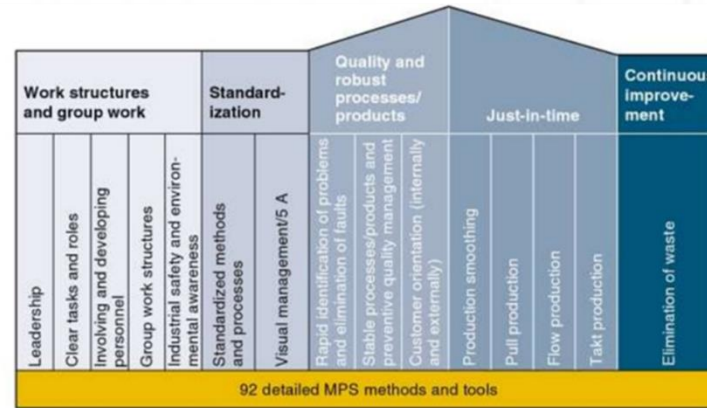
- Analiza modela proizvodnih sustava najboljih svjetskih poduzeća, u kojoj je uočeno: *Tko nije napravio svoj domaću zadaću na temu Lean i Green, ne može biti uspješan u uvođenju Industrije 4.0!*
- Ako poduzeće **ne poznaje i ne prati svoje procese** (Lean načelo) ne može tako lako prijeći na platformu Industrija 4.0.



Volvo model



Porsche model



Mercedes model

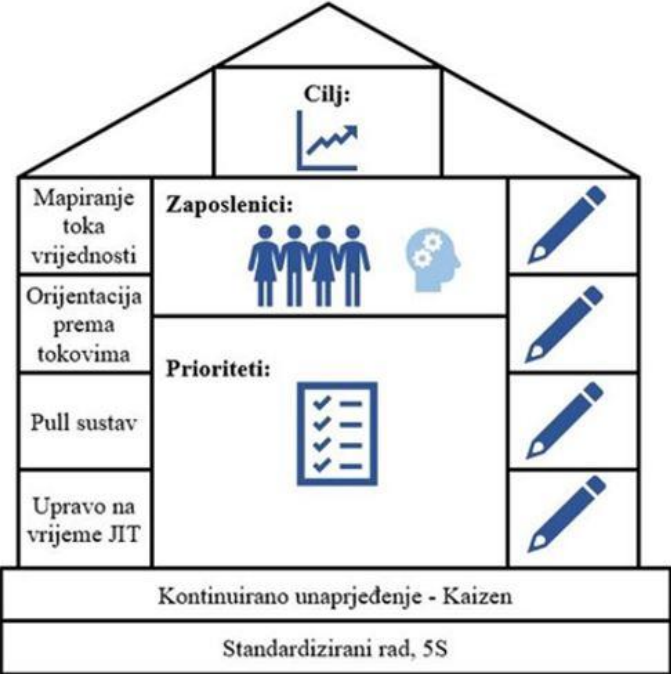
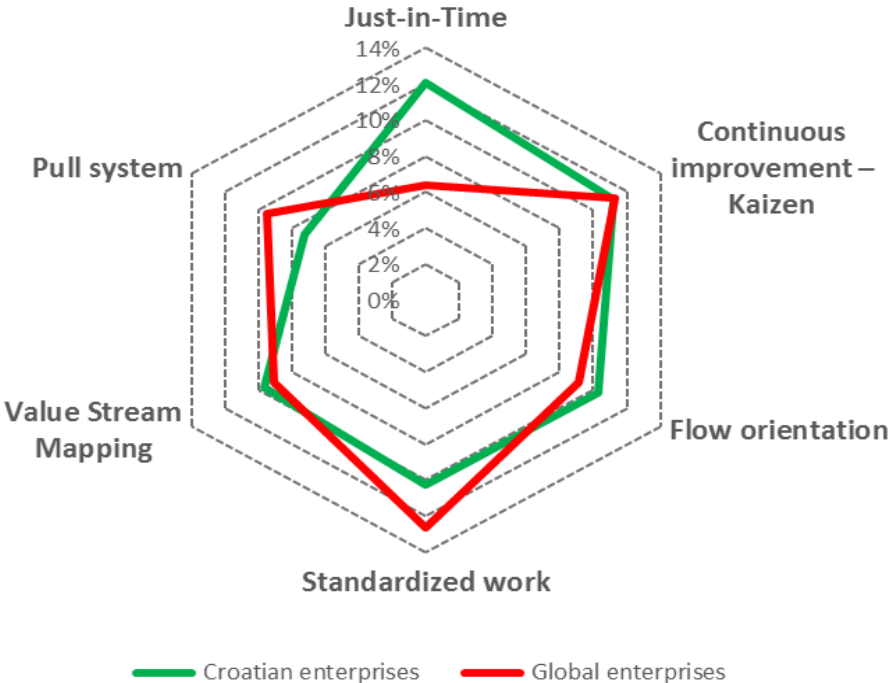


Bosch model

2016.

# Prva skica HR-ISE modela

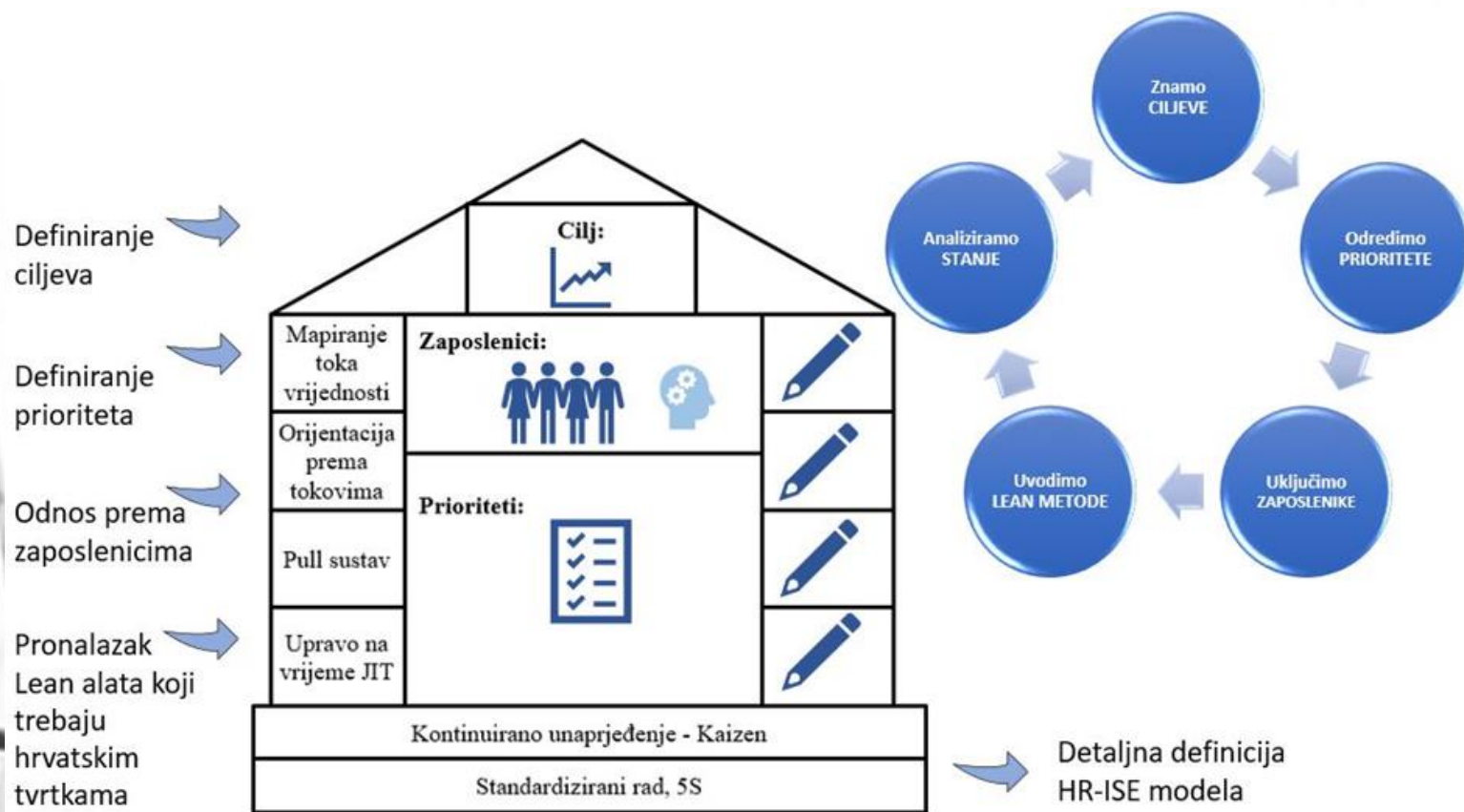
- Analiza Lean alata i metoda koje najčešće koriste hrvatska poduzeća pokazala je slične učestalosti alata kao i kod svjetskih poduzeća.
- Nastaje **prva skica HR-ISE modela** utemeljena na **najčešće korištenim Lean alatima**.



# Završno oblikovanje HR-ISE modela

2017.

- Posjetom 37 poduzeća napravljena je detaljna analiza njihovih proizvodnih sustava, u svrhu **definiranja konačnog oblika HR-ISE modela**.





# Predstavljen HR-ISE model

2017.

- U prvoj polovici 2017, predstavljen je konačan oblik Hrvatskog inovativnog poduzeća: **HR-ISE model**.



# HR-ISE model

Fokus poduzeća je apsolutno na kupcu i njegovim željama.

Zaposlenici poduzeća su njegova najveća vrijednost, te stoga i u centru modela.

2017.

Procesna orijentiranost poduzeća ključ je uspjeha. Bez poznavanja i praćenja vlastitih proizvodnih i poslovnih procesa (tokova vrijednosti) svaki oblik unaprjeđivanja sustava je znatno otežan, kao i prilagodljivost poduzeća na promjene. Unaprjeđenjem proizvodnih procesa može se prijeći na Pull način poslovanja, te omogućiti Just-In-Time isporuku. Koliko god Pull sustav bio organizacijski zahtjevan, ekonomski je isplativiji – proizvodnja se pokreće tek kada je proizvod već prodan kupcu.

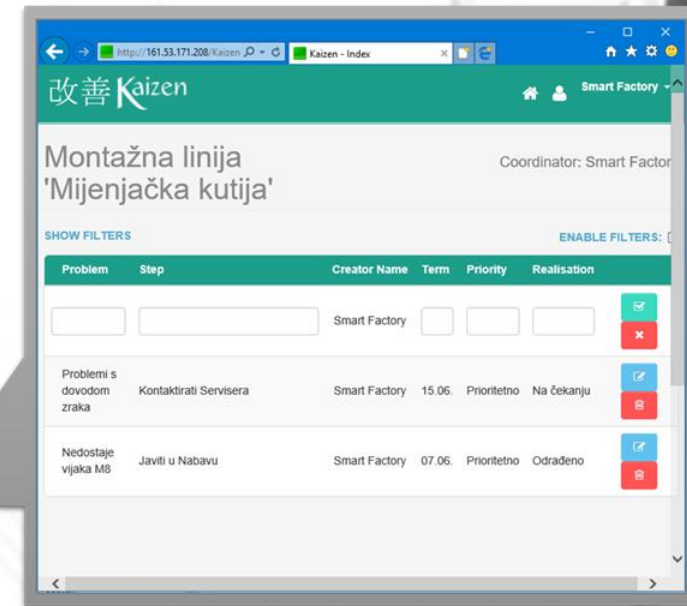
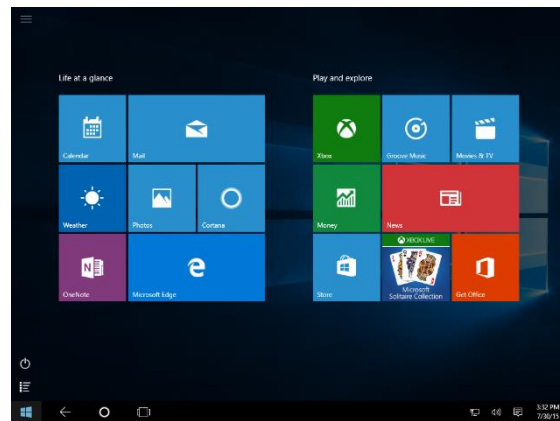
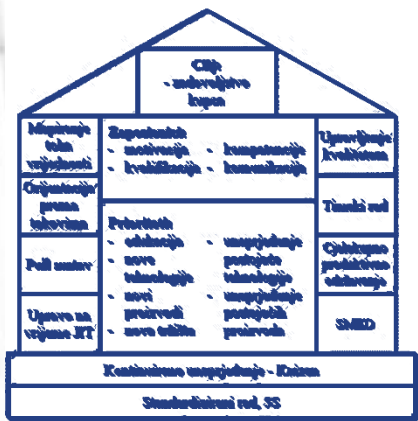


Vrlo teško je ostvariti bilo kakvo unaprjeđenje ne radeći timski. Naime, mali timovi kojima se mogu dodijeliti i određene organizacijske, ali i financijske odgovornosti, ključ su uspjeha za podizanje razine kvalitete proizvoda, ali i proizvodnog procesa. Pouzdanost proizvodnog procesa postiže se cjelovitim učinkovitim održavanjem, a smanjene pripremno-završnih vremena (SMED) podiže razinu fleksibilnosti proizvodnog sustava.

Kontinuirano unaprjeđenje moguće je postići samo kroz uključivanje i motiviranje zaposlenika, posebno onih na najnižoj razini. Ključni alati za uspjeh su standardizacija rada i radnog mjesta (5S), te svakodnevno napredovanje malim koracima (Kaizen).

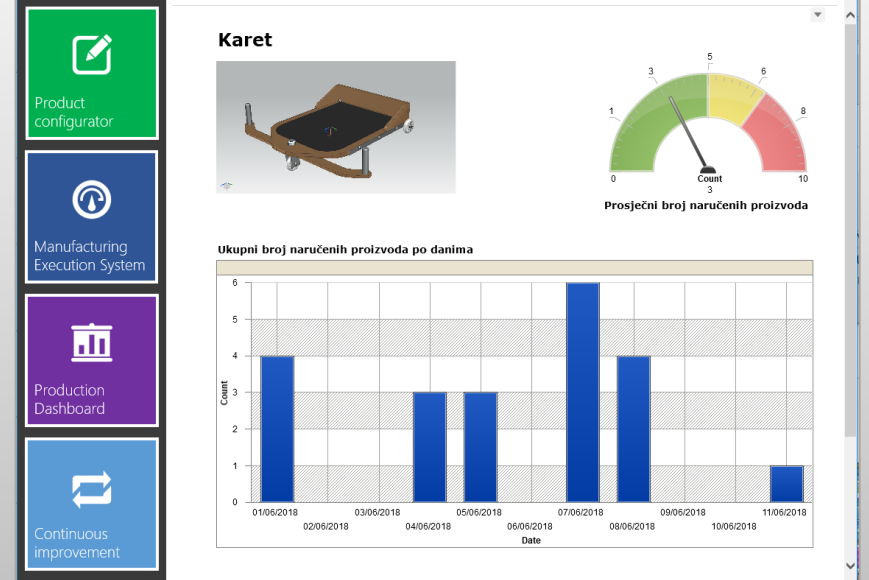
# HR-ISE model u kontekstu Industrije 4.0 2018.

- HR-ISE model je procesno orijentiran, te stoga utemeljen na alatima i metodama Lean managementa.
- Međutim, vrijeme je da i **Lean alati i metode pređu u digitalno doba (Industriju 4.0)!**
- Prava primjena HR-ISE modela zahtjeva **pametnu tvornicu.**



# World of Apps

Neupitna je činjenica da sveprisutni *svijet aplikacija*, putem Industrije 4.0, ulazi u industrijske proizvodne sustave.



# Koncept pametne tvornice (*Smart Factory*)

- Nova industrijska platforma **Industrija 4.0**, bazirana na kibernetско-fizičkom informacijskom sustavu, zahtjeva **visok stupanj implementacije informacijsko-komunikacijskih tehnologija** u proizvodni sustav tj. *Smart Factory* koncept.
- To s jedne strane zahtjeva **ugrađivanje senzorskih sustava** u proizvodni pogon, a s druge strane **razvoj novih informacijskih sustava** za upravljanje proizvodnjom.



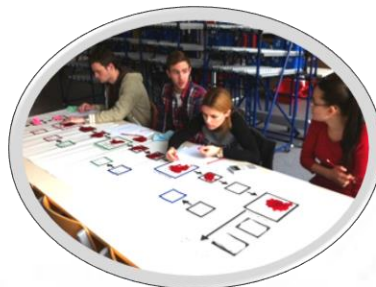
# Demonstracija pametne tvornice kroz Learning Factory

- *Learning Factory* koncept (Tvornica koja uči) podrazumijeva edukacijsko okruženje koje mora, što je moguće realnije, **predstavljati stvarnu tvornicu**.
- Laboratorij C417 na FESB-u se kroz različite znanstveno-istraživačke projekte (EU-TEMPUS MAS-PLM, DAAD NIL, EU-LDV LOPEC, HRZZ INSENT, UKF DEPROCIM) transformirao u **'Lean Learning Factory @ FESB'**.
- 'Lean Learning Factory @ FESB', osim za učenje, služi i za **demonstraciju koncepta pametne tvornice** utemeljene na najnovijoj industrijskoj platformi.



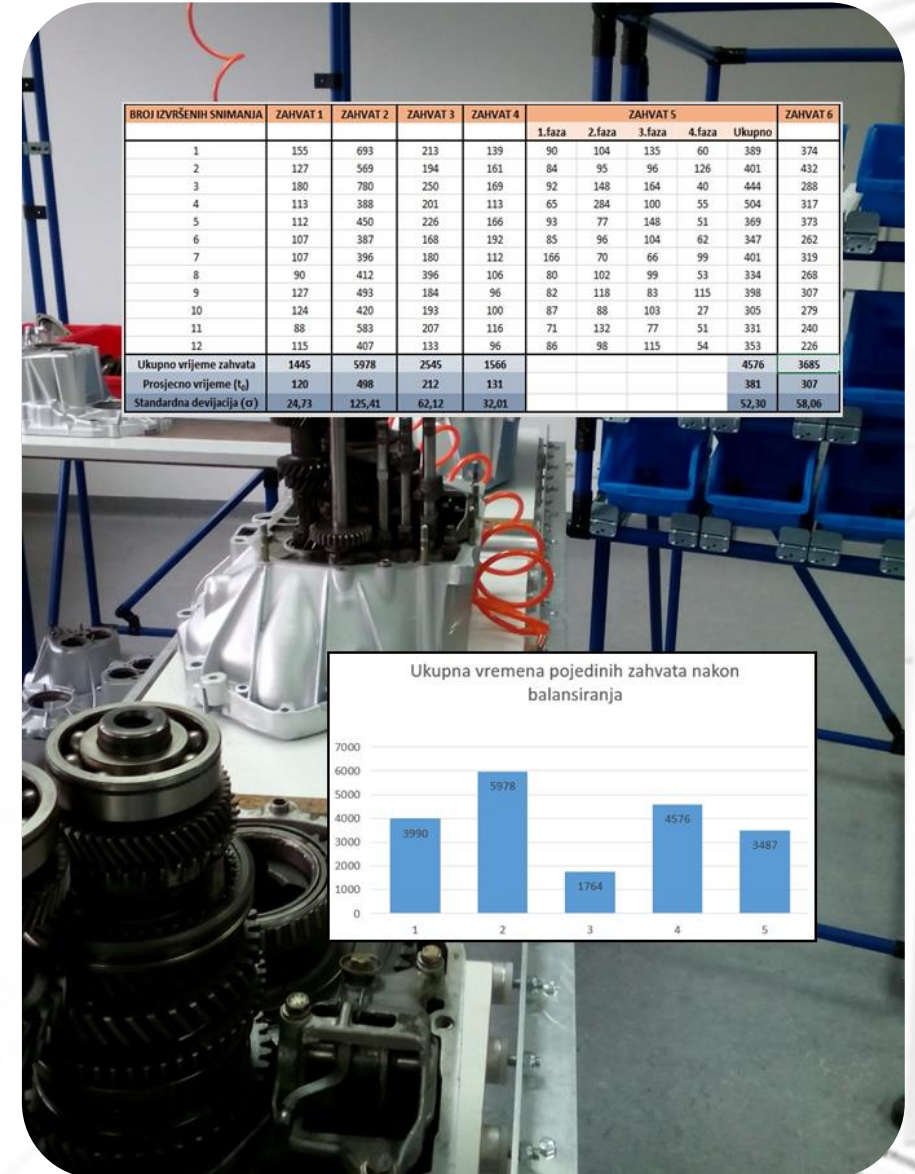
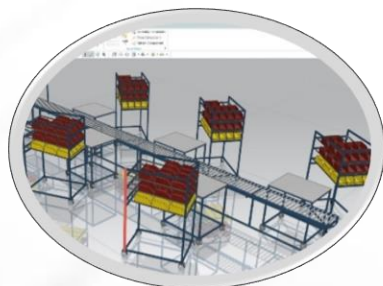
# Cjeloživotno obrazovanje

- 'Lean Learning Factory @ FESB' nudi **cjeloživotno obrazovanje zaposlenika** iz područja organizacije rada i proizvodnje, *Lean* managementa, upravljanja projektima, i sl.
- Kao i projekt **osmišljavanja, organiziranja i postavljanja *Learning Factory* koncepta** u proizvodnom pogonu poduzeća, za obuku postojećih i novih zaposlenika.



# Unaprjeđenje procesa

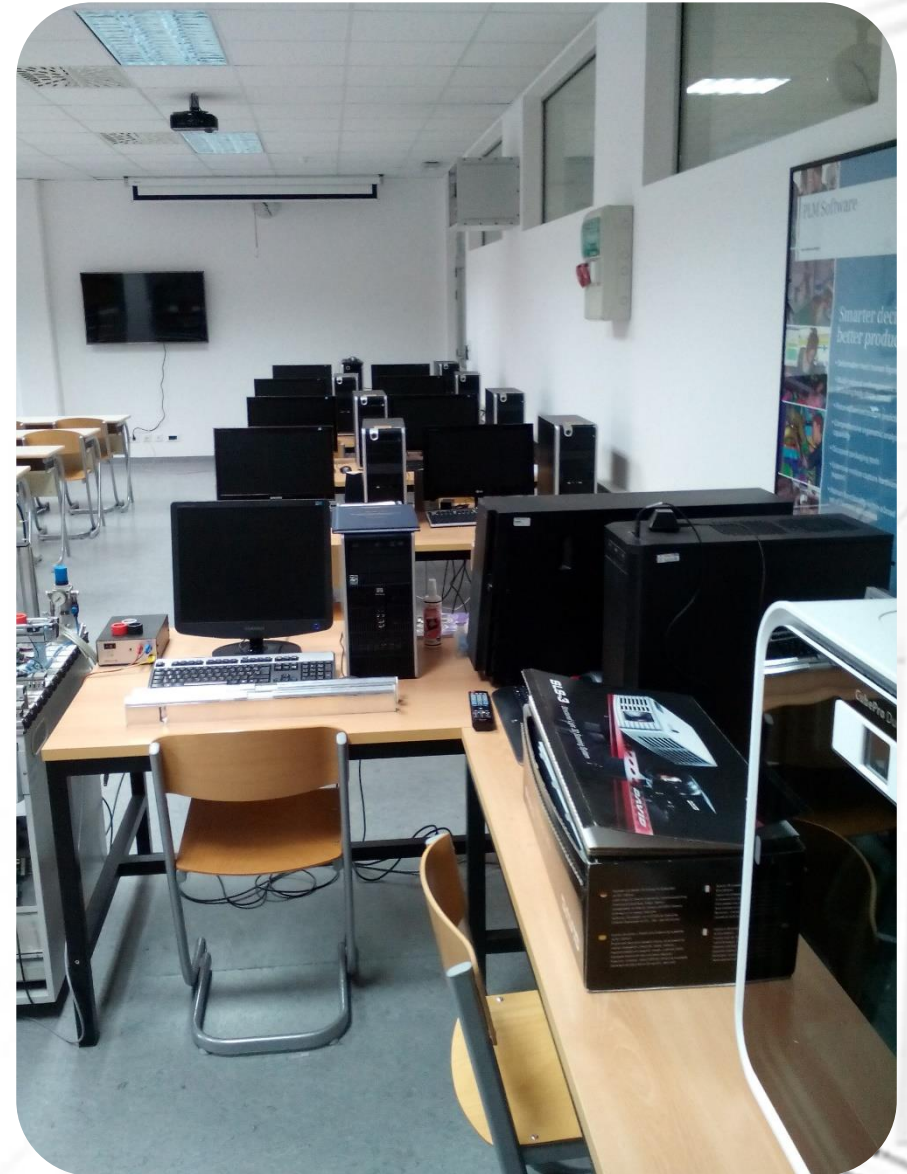
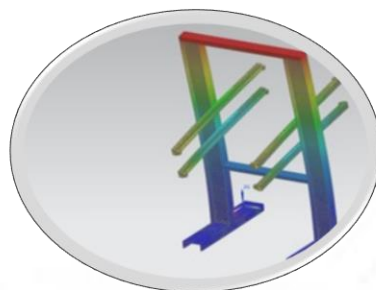
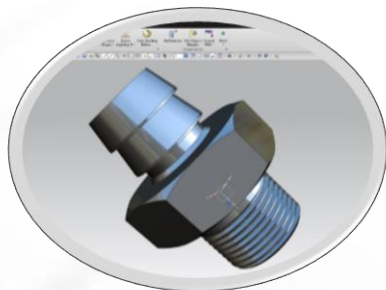
- 'Lean Learning Factory @ FESB' nudi **podršku u unaprjeđenju proizvodnih procesa** kroz projektiranje i optimiranje *proizvodnih* sustava, te obuku zaposlenika iz područja Lean managementa.
- Na raspolaganju je čitav set **metoda i alata iz Lean managementa**, softver za **projektiranje i optimiranje proizvodnih sustava**, te didaktičke igre za obuku zaposlenika.





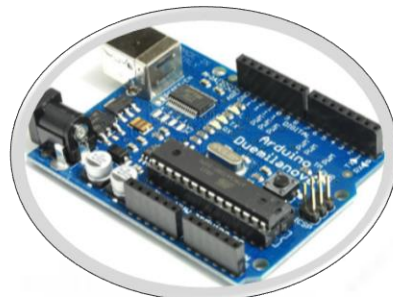
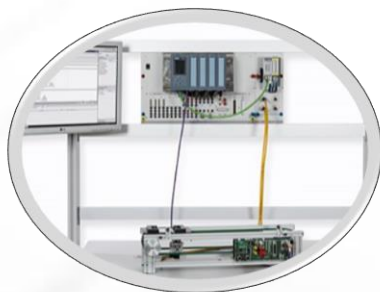
# Razvoj prototipova

- 'Lean Learning Factory @ FESB' nudi podršku u **istraživanju i razvoju novog proizvoda** s posebnim naglaskom na **brzoj izradi prototipova**.
- Na raspolaganju je sva potrebna hardverska i softverska oprema: **3D skener, 3D printer, CAD/CAM softver, PLM softver, softver za simulaciju, softver za projektiranje i optimiranje proizvodnih sustava, itd.**



# R&D: Industrija 4.0

- 'Lean Learning Factory @ FESB' prati najnovija znanstvena istraživanja vezana uz industriju, pa tako i razvoj **nove kibernetско-fizičke industrijske platforme: Industrija 4.0.**
- U tijeku je opremanje montažnih stanica **tabletima, RFID sustavom, te vlastitim rješenjima za inteligentnu montažnu liniju baziranima na PLC jedinici i Arduino mikrokontrolerima.**



# Smart (pametna) proizvodnja

- Načelo *Smart* (pametne) proizvodnje podrazumijeva **vertikalnu integraciju svih informacijskih i upravljačkih sustava** koji se koriste u proizvodnju.

## Razina cjelokupnog poduzeća

Enterprise resource planning (ERP)

## Razina proizvodnog pogona

Manufacturing execution system (MES)

## Razina tehnološkog procesa

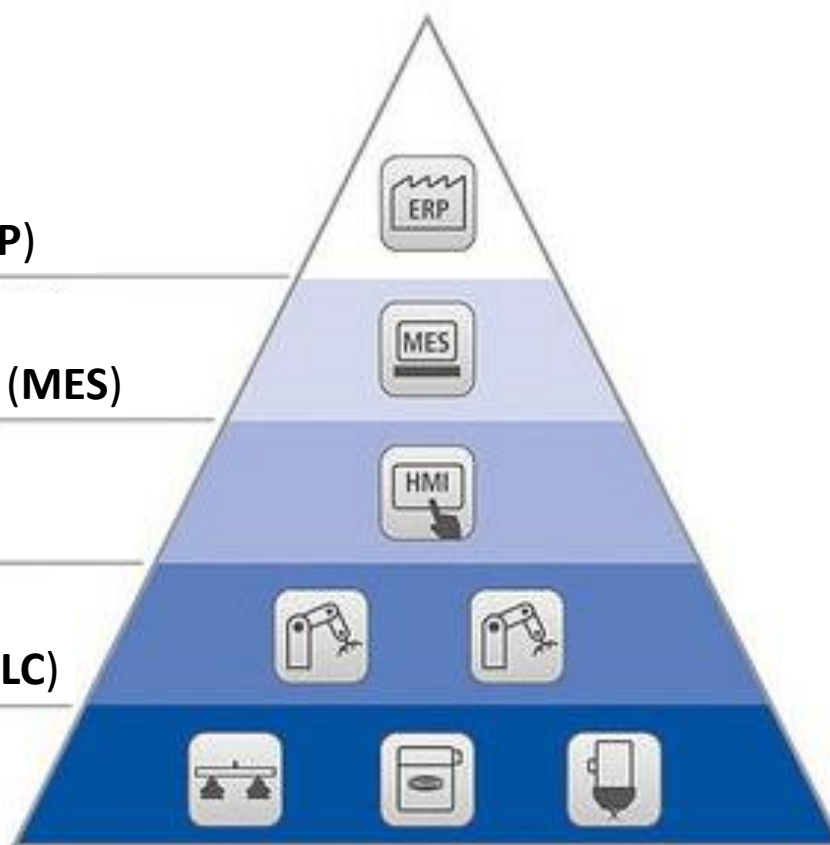
Human-machine interface (HMI)

## Razina upravljanja strojevima

Programmable logic controller (PLC)

## Razina izvršavanja operacija

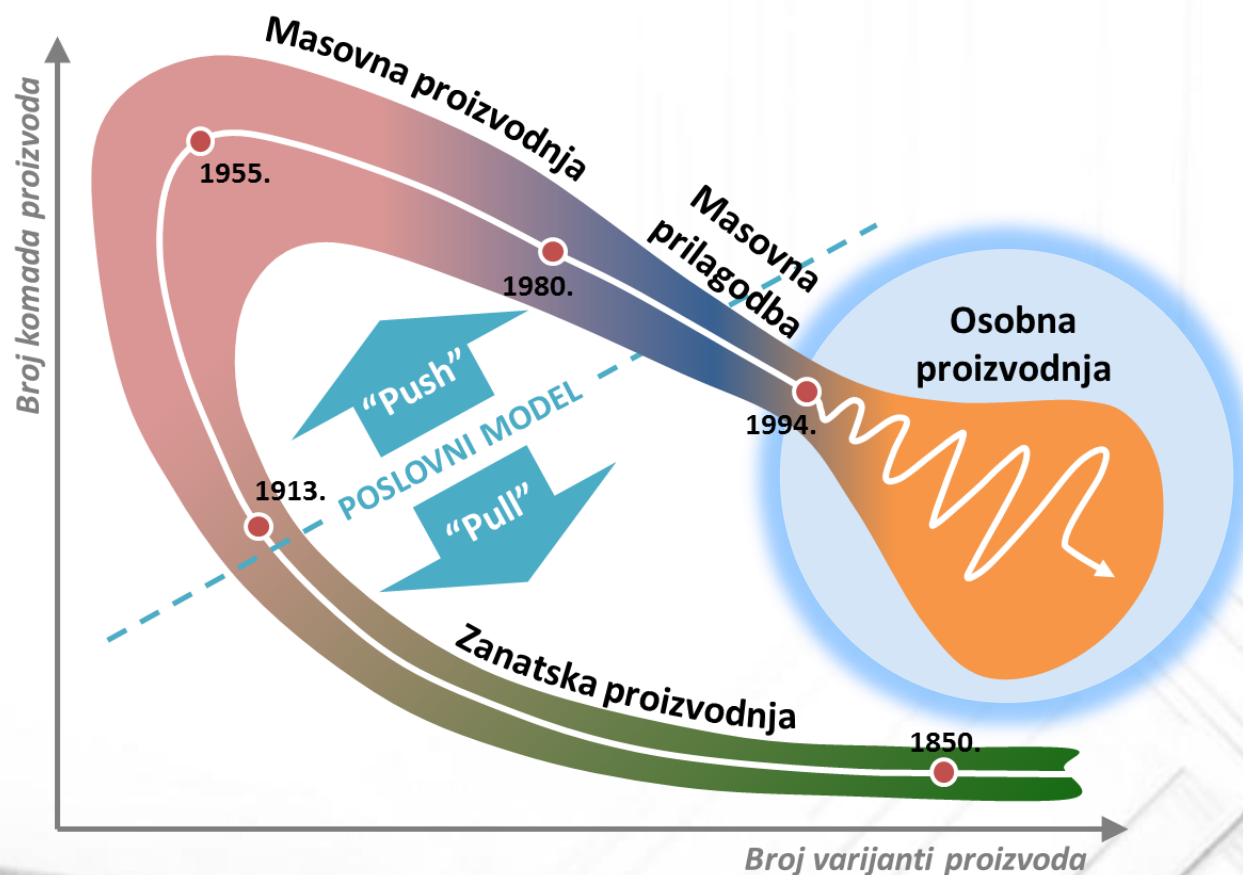
Senzorski sustavi



Vertikalna integracija

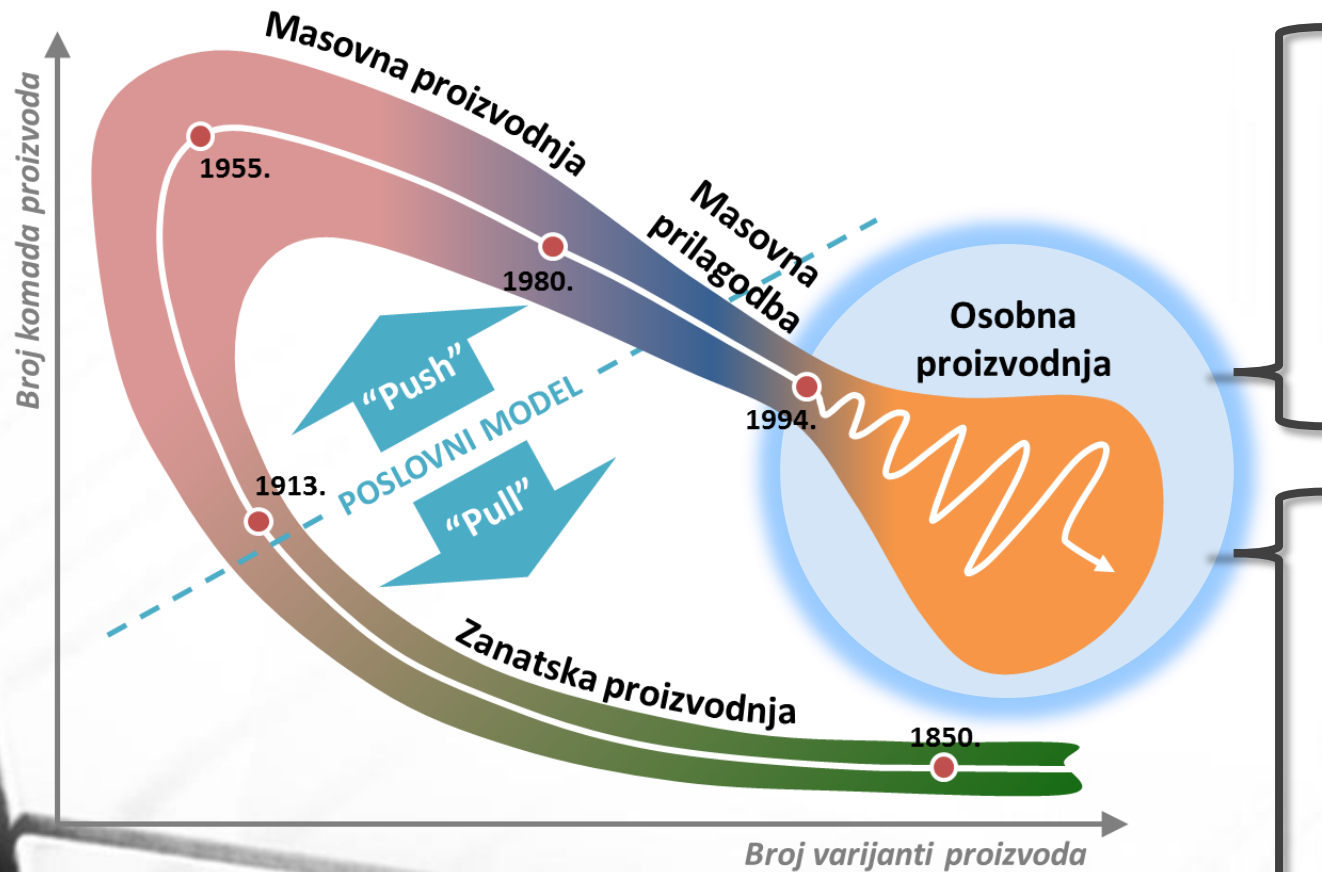
# Zašto biti *Smart*?

- *Smart Factory* koncept omogućuje planiranje i praćenje **produkcije jednog komada proizvoda**, a time ostvaruje novu proizvodnu paradigmu: osobna proizvodnja.



# Osobna jednokomadna proizvodnja

- Jedan od glavnih zahtjeva paradigme **osobne proizvodnje** je jednokomadna proizvodnja.



## Business to Business (B2B)



## Business to Customer (B2C)



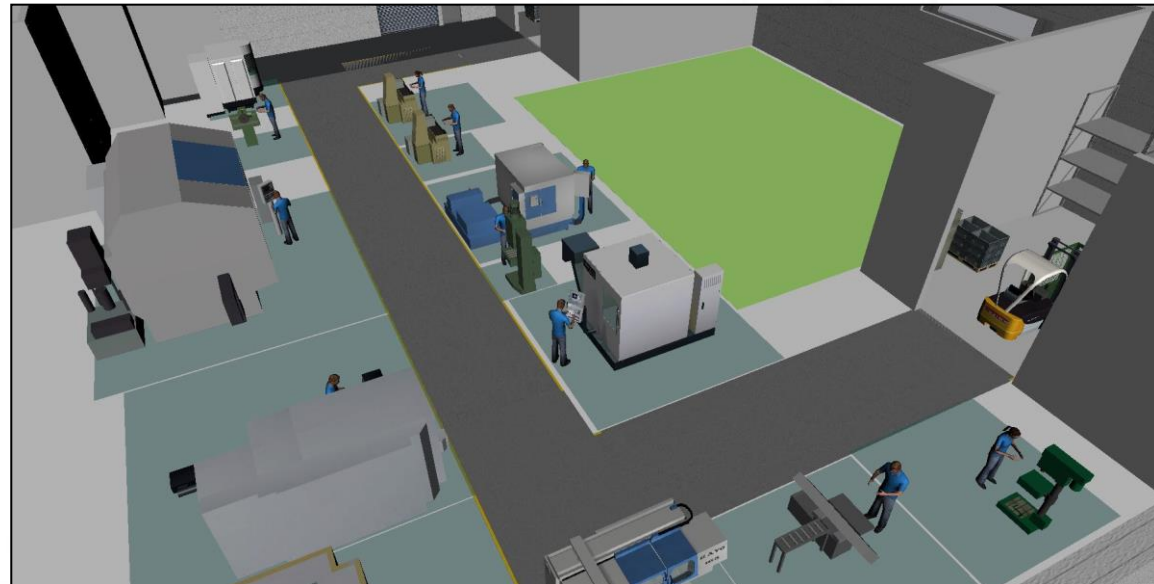
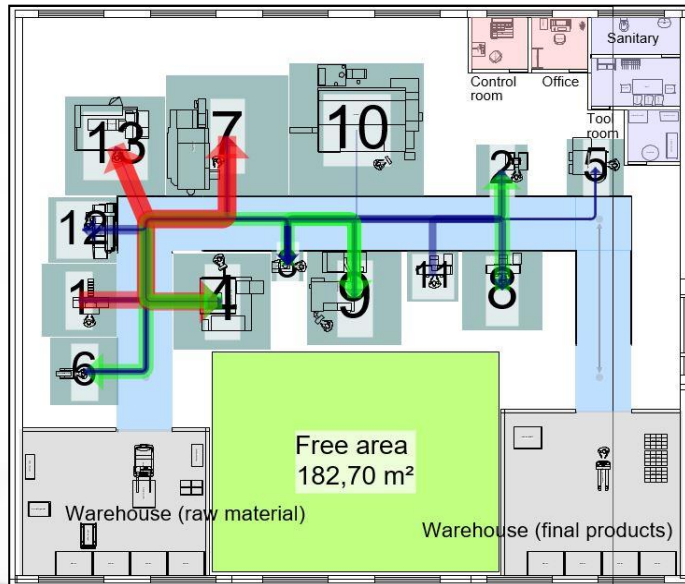
# Praćenje svakog komada proizvoda

- Osobna proizvodnja uvjetuje praćenje proizvoda na razini jednog komada, a ne samo na razini serije (lota).
- Svaki proizvod osim LOT oznake, mora imati i svoj jedinstveni ID.



# Praćenje proizvodnje

- Praćenje proizvoda na razini jednog komada, **zahtjeva inteligentno praćenje proizvodnje**, odnosno praćenje proizvodnog procesa uživo (*real-time*).
- **Proces i proizvodni pogon** trebaju biti predstavljeni u obliku **kibernetsko-fizičkog sustava (CPS)**, za što je preduvjet: poznavati vlastite organizacijske procese.



# Praćenje proizvodnje u Industriji 4.0

- *Smart Factory* koncept ide za tim da se **metrika proizvodnih procesa prati uživo (real-time)**, te **prikazuje na dashboard sučeljima**.
- No, kako to postići unutar već postojećih pogona?





# INSENT: Inteligentna montažna linija

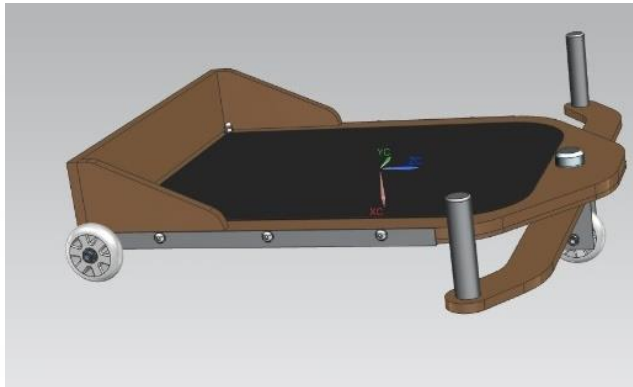
- Jedan dio 'Lean Learning Factory @ FESB' namijenjen je inteligentnoj montažnoj liniji:



# Oblikovanje inteligentne montažne linije

- Za inteligentnu montažnu liniju kreirani su proizvod i njegov proizvodni proces.

**Proizvod:**

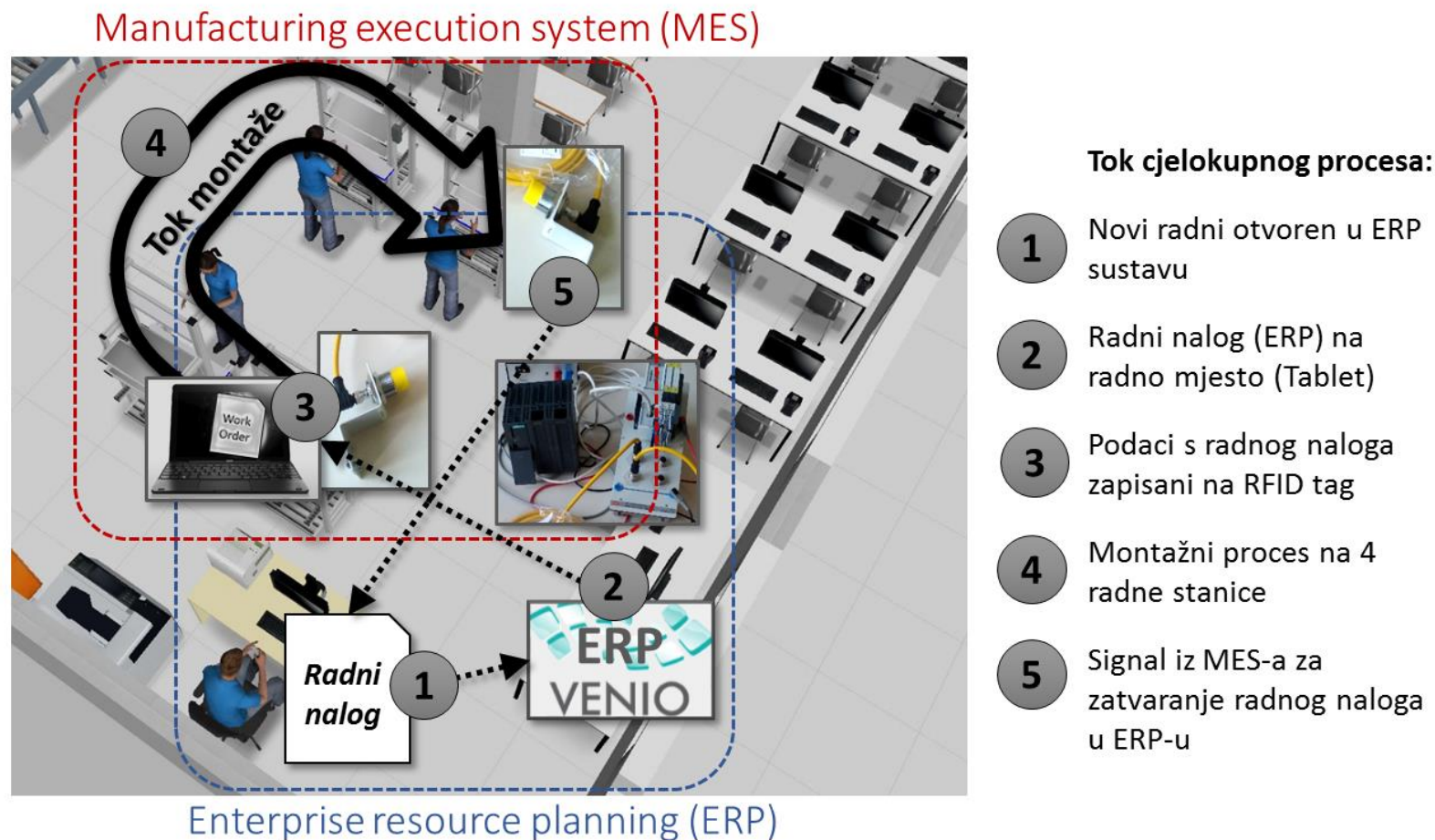


**Proizvodni (montažni) proces:**



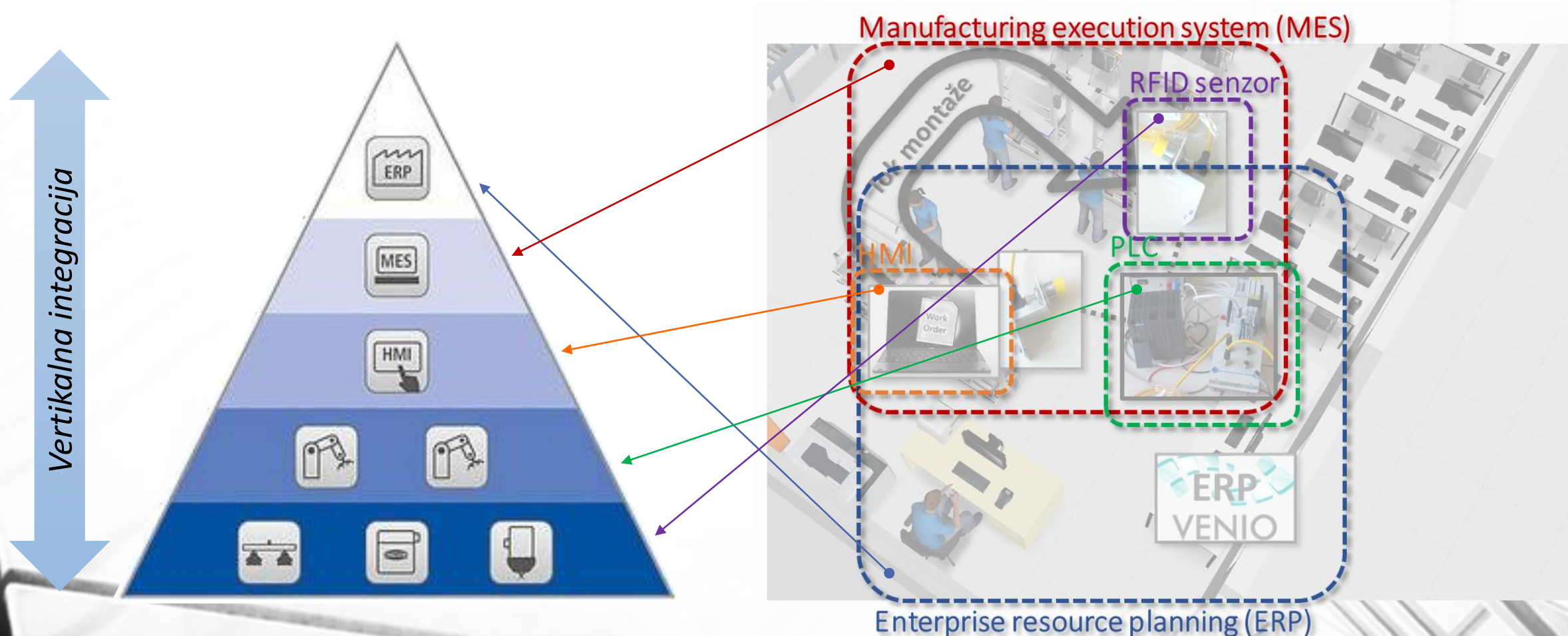
# Oblikovanje inteligentne montažne linije

- Jedan od glavnih izazova bio je **uspostavljanje veze između MES i ERP sustava.**



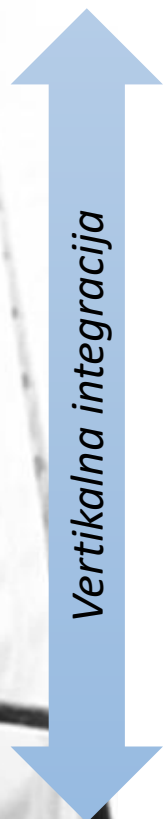
# Oblikovanje inteligentne montažne linije

- U konačnici, na ovoj liniji bit će uspostavljena **kompletna vertikalna integracija sustava**.



# Realizacija inteligentne montažne linije

- Za realizaciju vertikalne integracije montažne linije uspostavljena je suradnja s nekoliko poduzeća iz IT sektora.



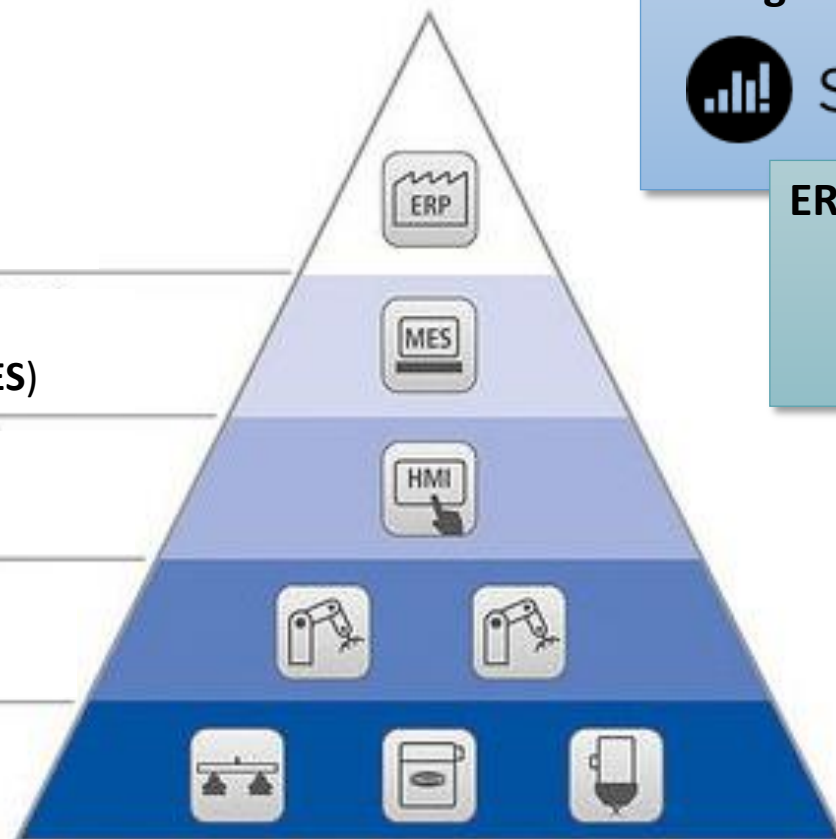
**Razina cjelokupnog poduzeća**  
Enterprise resource planning (ERP)

**Razina proizvodnog pogona**  
Manufacturing execution system (MES)

**Razina tehnološkog procesa**  
Human-machine interface (HMI)

**Razina upravljanja strojevima**  
Programmable logic controller (PLC)

**Razina izvršavanja operacija**  
Senzorski sustavi



Konfigurator proizvoda



SeekandHit

ERP sustav



MES dashboard sučelje

 **software** AG

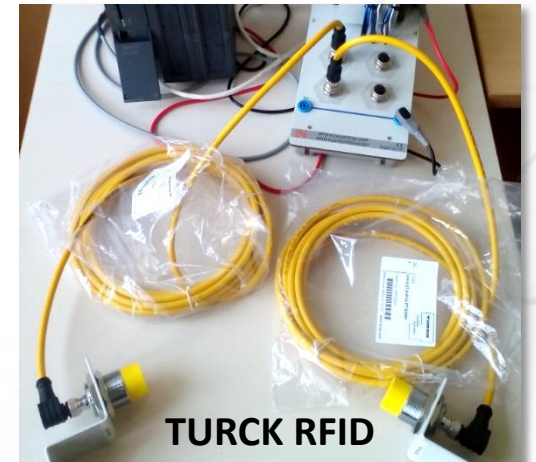
PLC i HMI rješenje

**KE Technik**

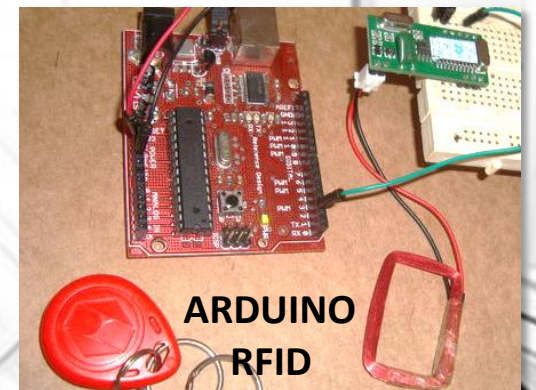
# Industrijska vs. *Low-cost* automatizacija

- Pri oblikovanju senzorskog sustava moguće se **odlučiti i za *low-cost* rješenja:**

<i>I4.0 element</i>	<i>Element ugrađen u LLF@FESB</i>	<i>Cjenovni razred</i>
RFID antena	TURCK BL R/W Antenna 13.56 MHz (2 – 4 antennas)	1.000 – 5.000 EUR
RFID I/O modul	TURCK BL I/O modular system	1.000 – 5.000 EUR
CPU	Siemens PLC 314	5.000 – 10.000 EUR
User interface	Tablet Lenovo MIIX 300	100 – 500 EUR
<b>UKUPNO</b>		<b>7.100 – 20.500 EUR</b>

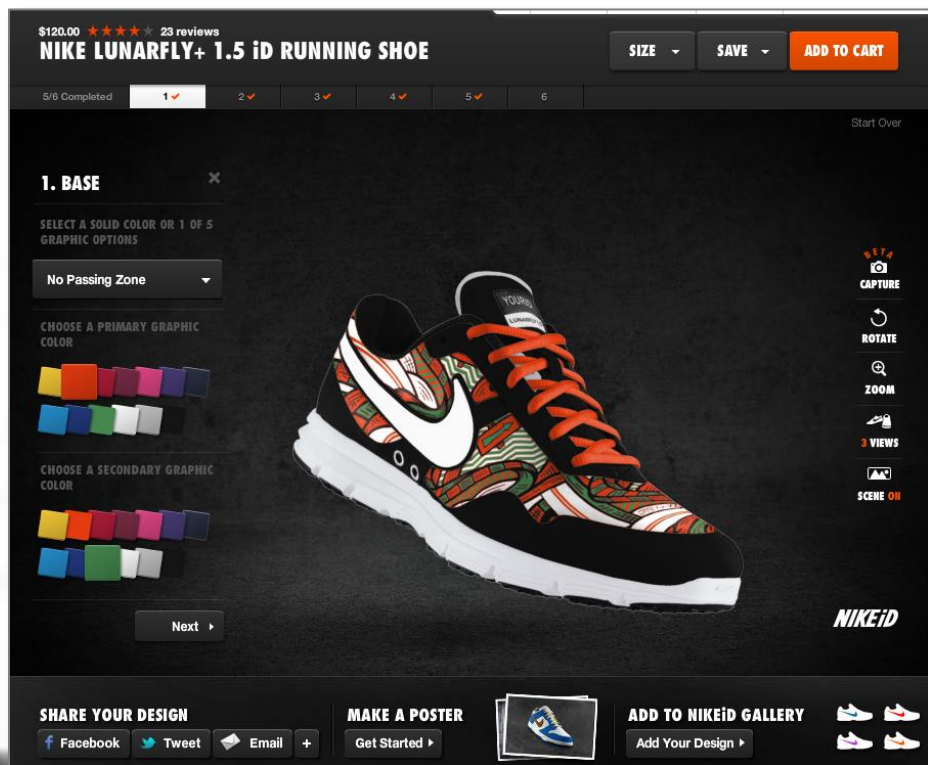


<i>I4.0 element</i>	<i>Element ugrađen u LLF@FESB</i>	<i>Cijena na tržištu</i>
4 x RFID antenna	Arduino RFID RC522	2 – 8 EUR (x 4)
30 x Ultrasonic sensor	Arduino Ultrasonic HC-SR04	3 - 10 EUR (x 40)
5 x CPU	Arduino Mega microcontroller	8 – 40 EUR (x 5)
4 x User interface	Custom-made box with led display	10 – 30 EUR (x 4)
<b>UKUPNO</b>		<b>178 – 652 EUR</b>



# Osobni dizajn proizvoda

- U konačnici, iz perspektive kupca, koncept osobne proizvodnje zahtjeva postojanje konfiguratora proizvoda.





# Konfigurator proizvoda

- Izrađen je konfigurator proizvoda koji **proizvod optimira prema preferencijama kupca:**

**Konfigurator proizvoda**

Proizvod  
karet

Količina  
1

**Kriteriji**

Cijena

Kvaliteta površine

Isporuka

**Svojstva**

Boja  
zlatna

Pošalji

Proizvod	Cijena	Kvaliteta	Isporuka	
Varijanta 1	318	3,666666666666667	12	<a href="#">Odaberi</a>
Varijanta 2	260	3	11	<a href="#">Odaberi</a>

[Naruči](#)



# MES utemeljen na RFID sustavu

- Praćenje proizvodnje (*Manufacturing Execution System*) omogućeno je RFID sustavom:

upravljanje RFID čitačem prenos podataka

**INSENT**  
Innovative Smart Enterprise

Montažna linija

INDUSTRY 4.0

Smart Factory

glava 1 neaktivna ...

novi podatak za TAG : 23044

**ZAPIŠI**

glava 2 neaktivna ...

podatak na TAG-u je: 23044

**OČITAJ**

Product configurator

Manufacturing Execution System

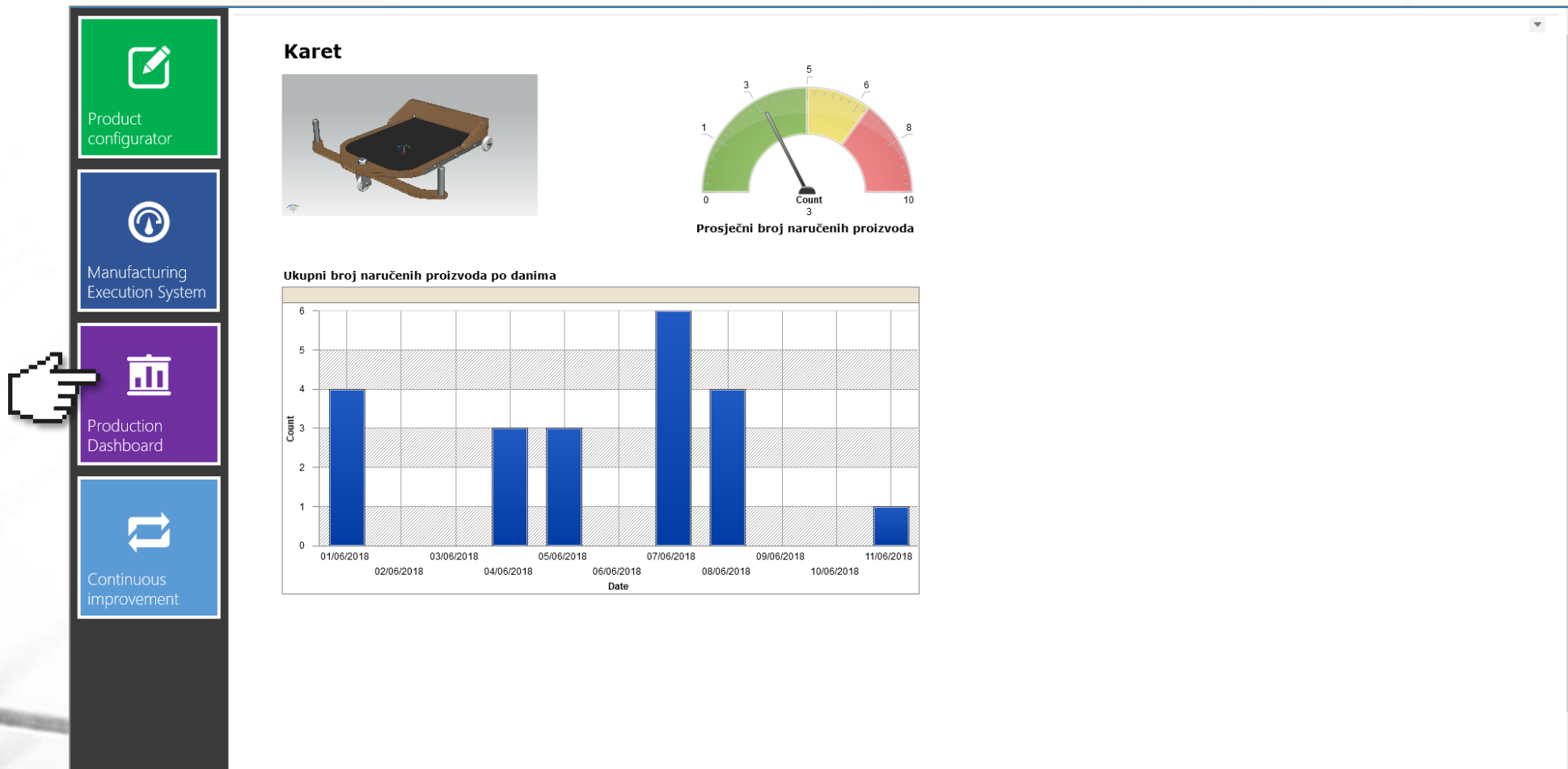
Production Dashboard

Continuous improvement

Upravljanje Postavke

# Dashboard sučelje

- *ARIS MashZone* je korišten kao alat za izradu sučelja s *live* podacima iz proizvodnje:



## Web aplikacija 'Konfigurator proizvoda' (HTML5)

### Konfigurator proizvoda

Proizvod  
karet

Količina  
1

#### Kriteriji

Cijena

Kvaliteta površine

Isporuka



#### Svojstva

Boja  
bezbojni

Pošalji


## Web aplikacija 'ARIS MashZone' (Adobe Flash)

### Karet



Prosjezni broj narucenih proizvoda

#### Ukupni broj narucenih proizvoda po danima



Date	Count
01.06.2018	4
02.06.2018	0
03.06.2018	0
04.06.2018	3
05.06.2018	3
06.06.2018	0
07.06.2018	6
08.06.2018	4
09.06.2018	0
10.06.2018	0
11.06.2018	1

# Digitalni Kaizen

- **Kontinuirano poboljšavanje** se lakše postiže kroz Kaizen Web aplikaciju dostupnu svima:

改善 Kaizen

Smart Factory

Montažna linija 'Mijenjačka kutija'

Coordinator: Smart Factory

SHOW FILTERS

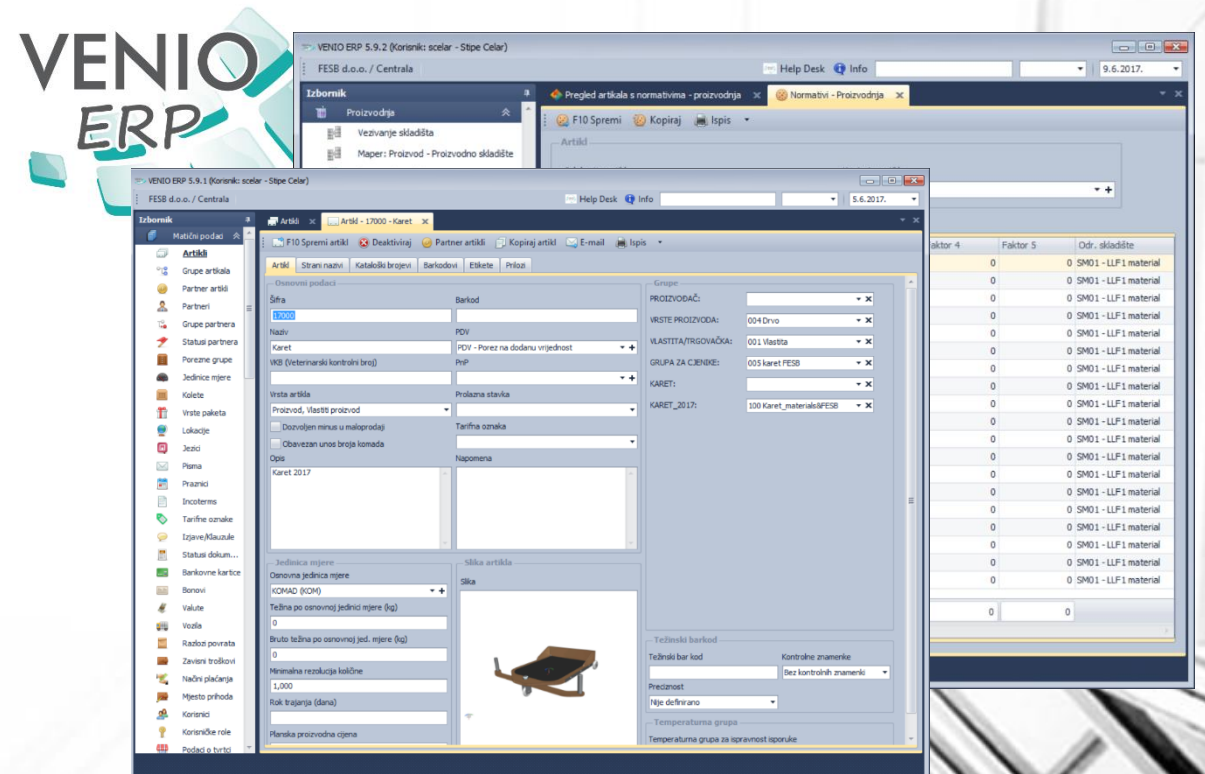
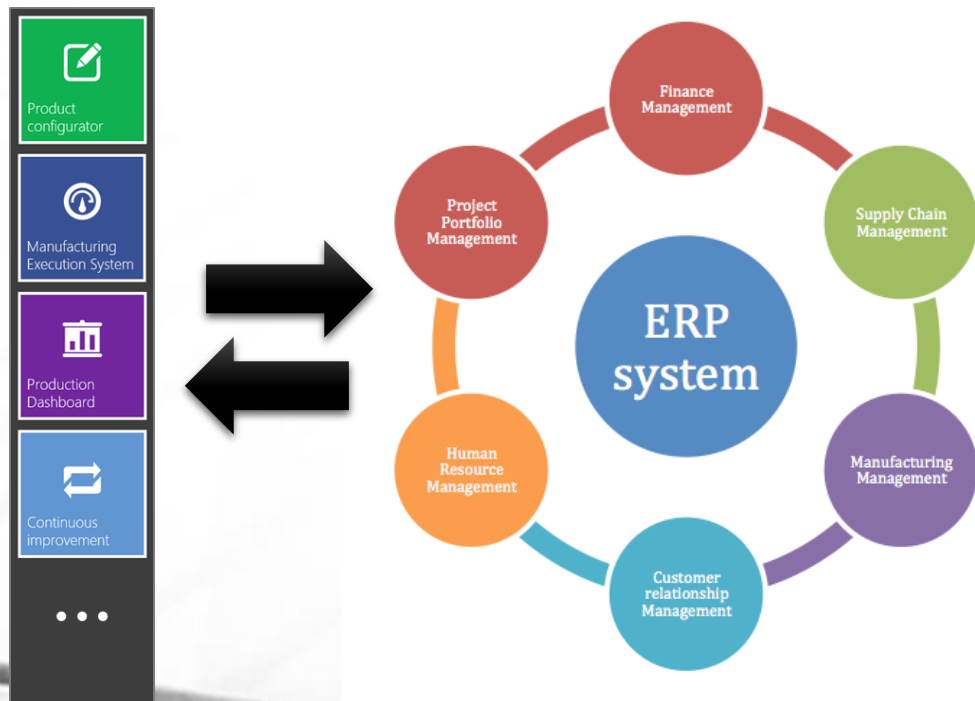
ENABLE FILTERS:

Problem	Step	Creator Name	Term	Priority	Realisation		
		Smart Factory				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Problemi s dovodom zraka	Kontaktirati Servisera	Smart Factory	15.06.	Prioritetno	Na čekanju	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nedostaje vijaka M8	Javiti u Nabavu	Smart Factory	07.06.	Prioritetno	Odrađeno	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Copyright © 2014 Petar Miic, Marko Misura, Josip Bojic. All rights reserved.

# Informacijski sustav poduzeća

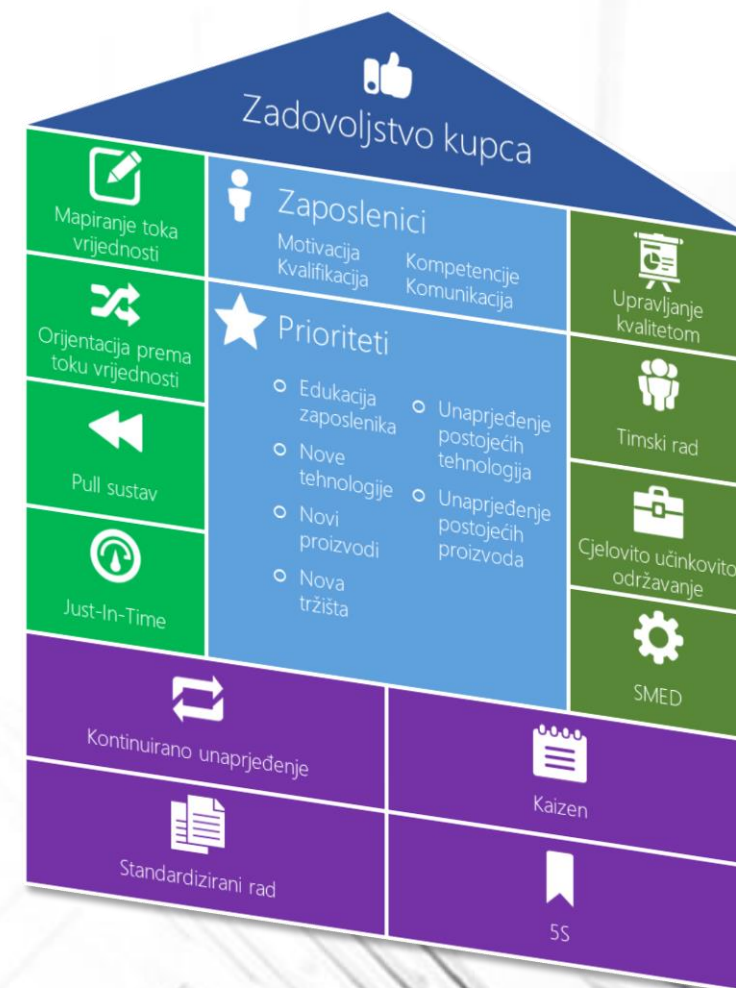
- *Važno:* mnoštvo aplikacija, ali jedinstveni informacijski sustav → ERP sustav!
- Pametna tvornica ne ide za umnažanjem softverskih rješenja, nego za **njihovim umrežavanjem** kroz zajedničke baze podataka, definirane protokole, i sl.



# Zaključak

*„Deformata reformare, reformata conformare, conformata confirmare et confirmata transformare.“*

- Izreka *„Nesukladno reformirati, reformirano uobličiti, uobličeno potvrditi, te potvrđeno transformirati“* vrlo dobro opisuje nastanak HR-ISE modela kroz projekt INSENT.
- Industrijsku praksu hrvatskih poduzeća **nesukladnu za današnja vremena** (ne-Lean poslovanje, Industrija 2.15) trebalo je reformirati prema Lean poslovanju i Industriji 4.0.
- Reformirano je trebalo uobličiti, tj. **uskladiti s hrvatskom kulturom** i načinom razmišljanja (HR-ISE model).
- Konačno, HR-ISE model **trebalo je potvrditi kroz istraživanje** na uzorku poduzeća, te ga **transformirati u realnost** kroz *Learning Factory* i suradnju s poduzećima.



# Projekt INSENT 2014-2018

- Više od 50 znanstvenih radova, te 30 ostalih radova i prezentacija!

Pregled po projektu: **Inovativno pametno poduzeće** (MB: HRZZ-IP-2013-11-1353)



**CROSB**

Hrvatska znanstvena bibliografija

Pronađeno 80 radova

Prikaz po CROSB kategorijama

**Radovi u časopisima (16)**

Drugi radovi u časopisima (1)  
Znanstveni i pregledni radovi (15)

**Radovi u zbornicima skupova (29)**

Znanstveni radovi u zbornicima skupova (28)  
Stručni radovi u zbornicima skupova (1)

**Sažeci sa skupova (18)**

Druga sudjelovanja na skupovima (18)

**Ocjenski radovi (5)**

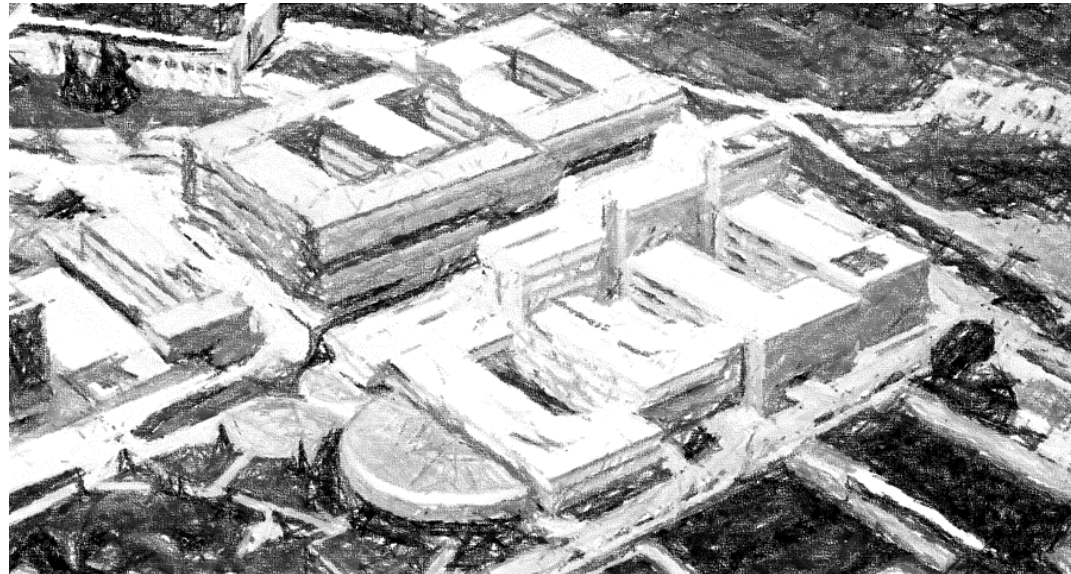
Doktorske disertacije (1)  
Diplomski radovi (uključujući i diplomske radove starog programa) (4)

**Ostale vrste radova (9)**

**Knjige i poglavlja u knjigama (3)**

Autorske knjige (1)  
Poglavlja u knjigama (1)  
Udžbenici i skripte (1)

# Hvala na pažnji!



» <http://insent.fesb.hr>

Ovo istraživanja potpomognut je od strane Hrvatske zaklade za znanost kroz projekt INSENT (1353).

