

---

# Uporaba digitalnih tehnologij in umetne intelligence za optimizacijo proizvodnih procesov - primer iz jeklarske industrije

---

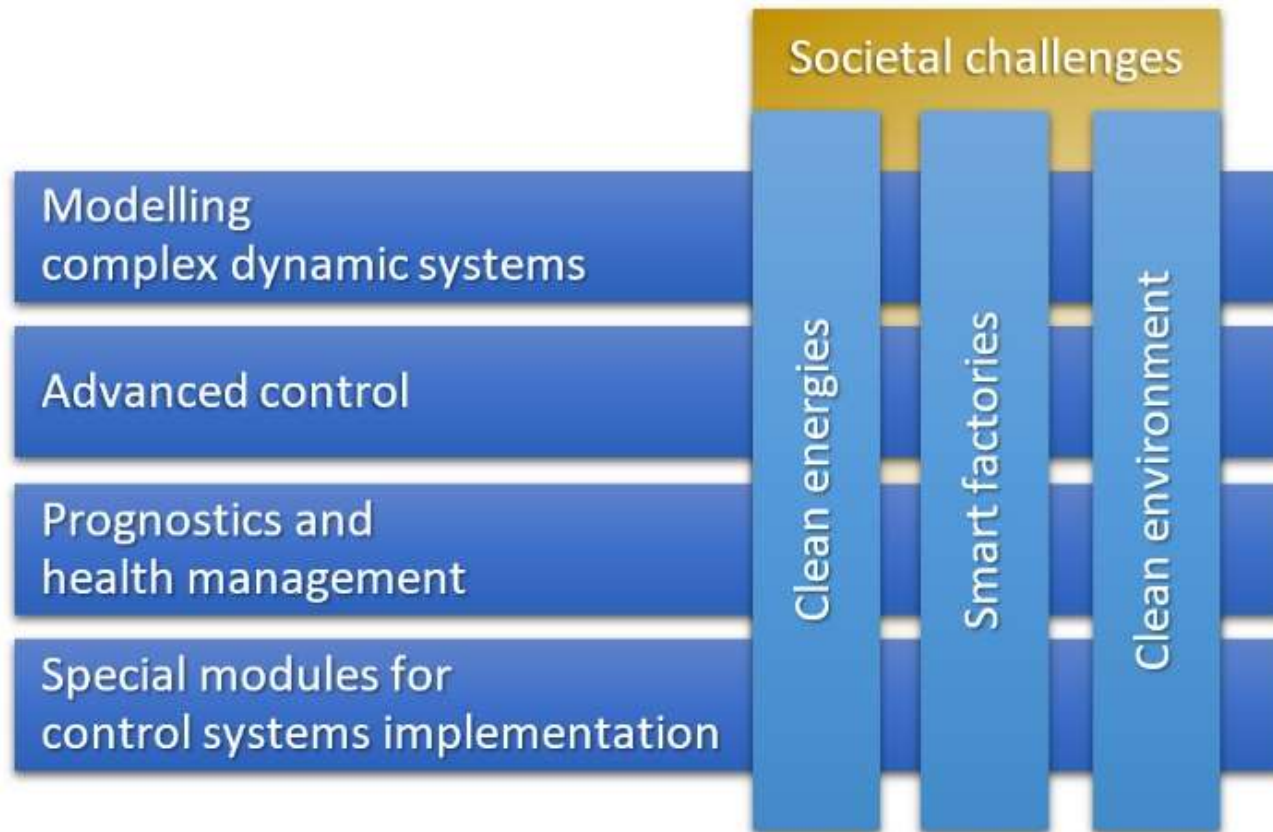
Dejan Gradišar

- IJS se ukvarja z najrazličnejšimi področji znanstvenega in gospodarskega interesa, kot so
  - Fizika
  - Kemija
  - Biokemija
  - **Elektronika in informacijske tehnologije**
  - Reaktorske tehnike
  - Energija
  - Varstvo okolja



$$\rho = \sigma T^4$$

Področje dela: **NADZOR SISTEMOV IN PROCESOV** (*kibernetika, informatika, avtomatizacija*)



## Naši profili:

- Elektrotehnika
- Računalništvo
- Matematika
- Fizika
- Kemijska tehnologija

**Osebjje:** cca. 30  
(trenutno 7 PhD študentov)

Info: <http://dsc.ijs.si/en/>

- Digitalne tehnologije vstopajo (tudi) v proizvodne procese.
  - Internet stvari (IoT)
  - Strojno učenje
  - Robotizacija in avtomatizacija
  - Računalniški vid
  - Umetna inteligenca
  
  - Industrija 4.0 - združuje različne digitalne tehnologije v celovit sistem.

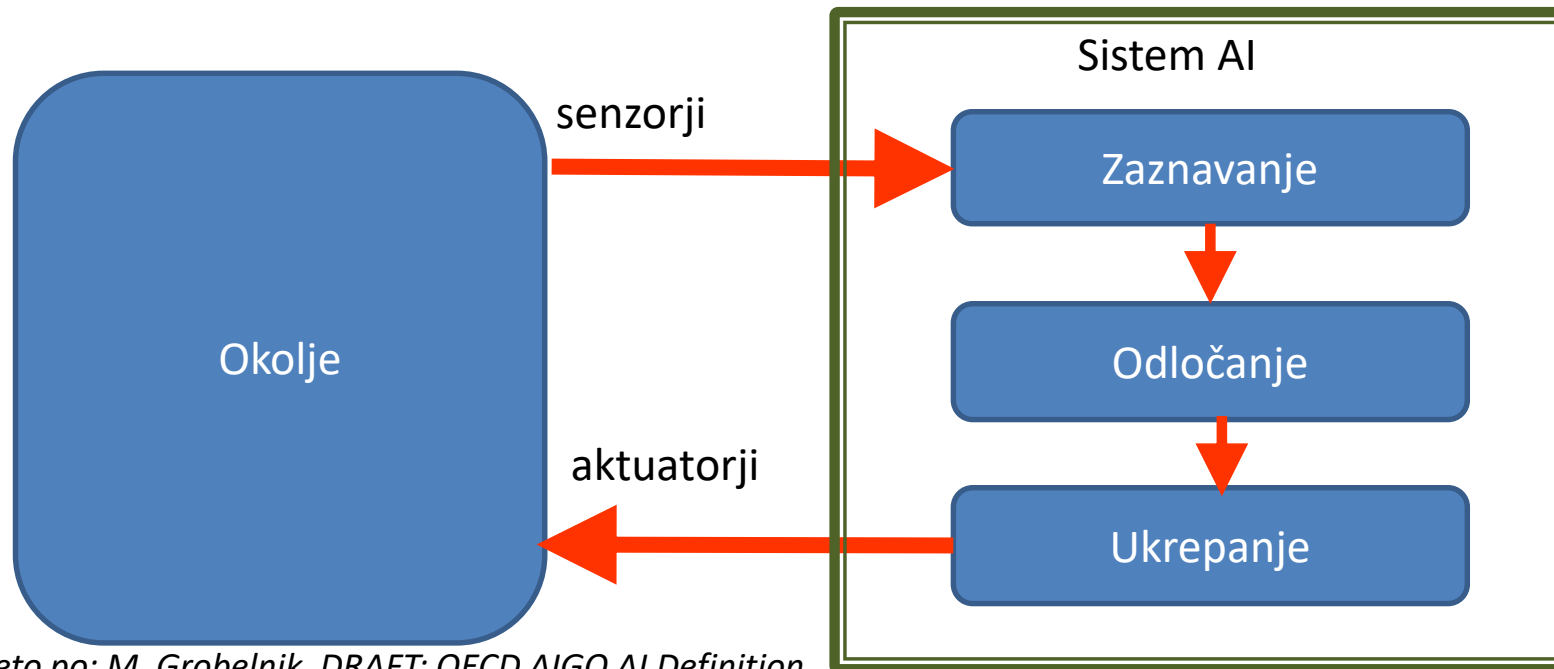


- Kaj je umetna inteligenca (AI)?

*„AI se nanaša na sisteme, ki izkazujejo inteligentno vedenje z **analiziranjem** njihovega **okolja** in **sprejemanje ukrepov** – z določeno mero avtonomije – za **doseganje specifičnih ciljev**.“*

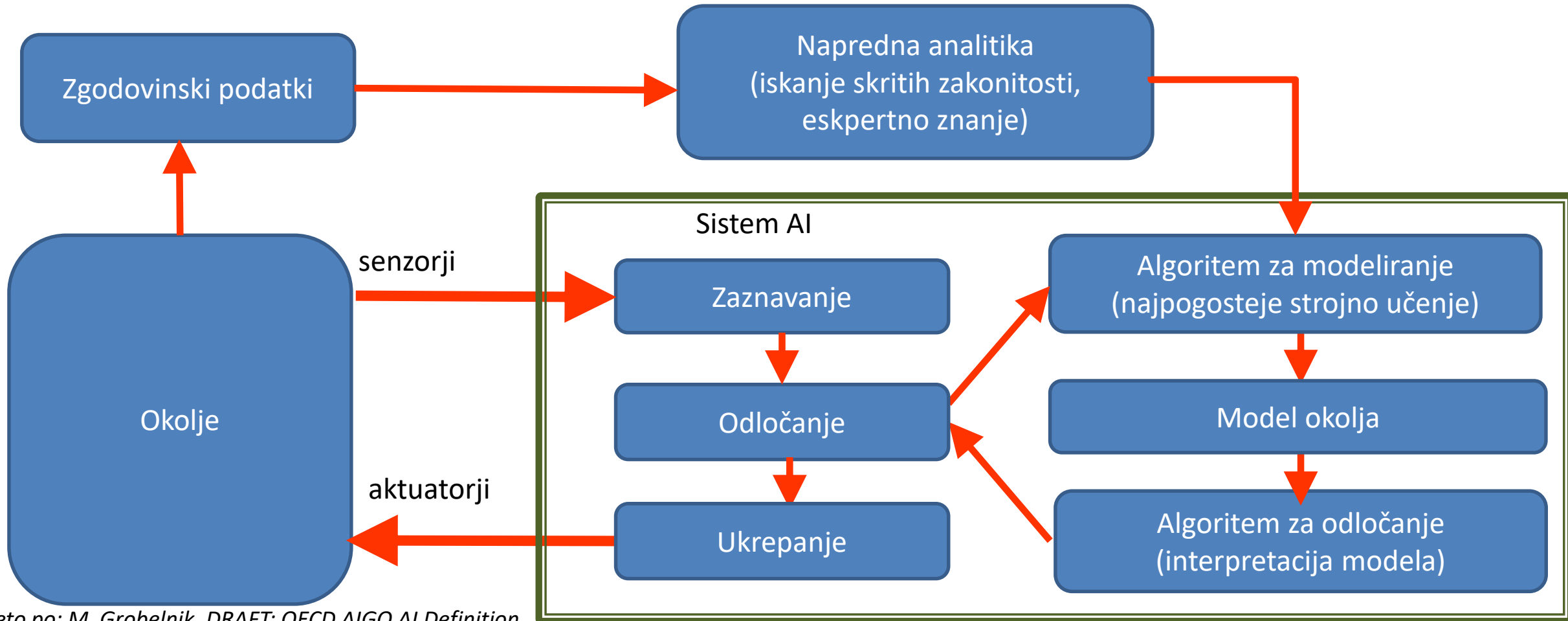
*AI for Europe, Bruselj 25.4.2018, COM(2018) 237 final*

# Definicija AI



Povzeto po: M. Grobelnik, DRAFT: OECD AIGO AI Definition

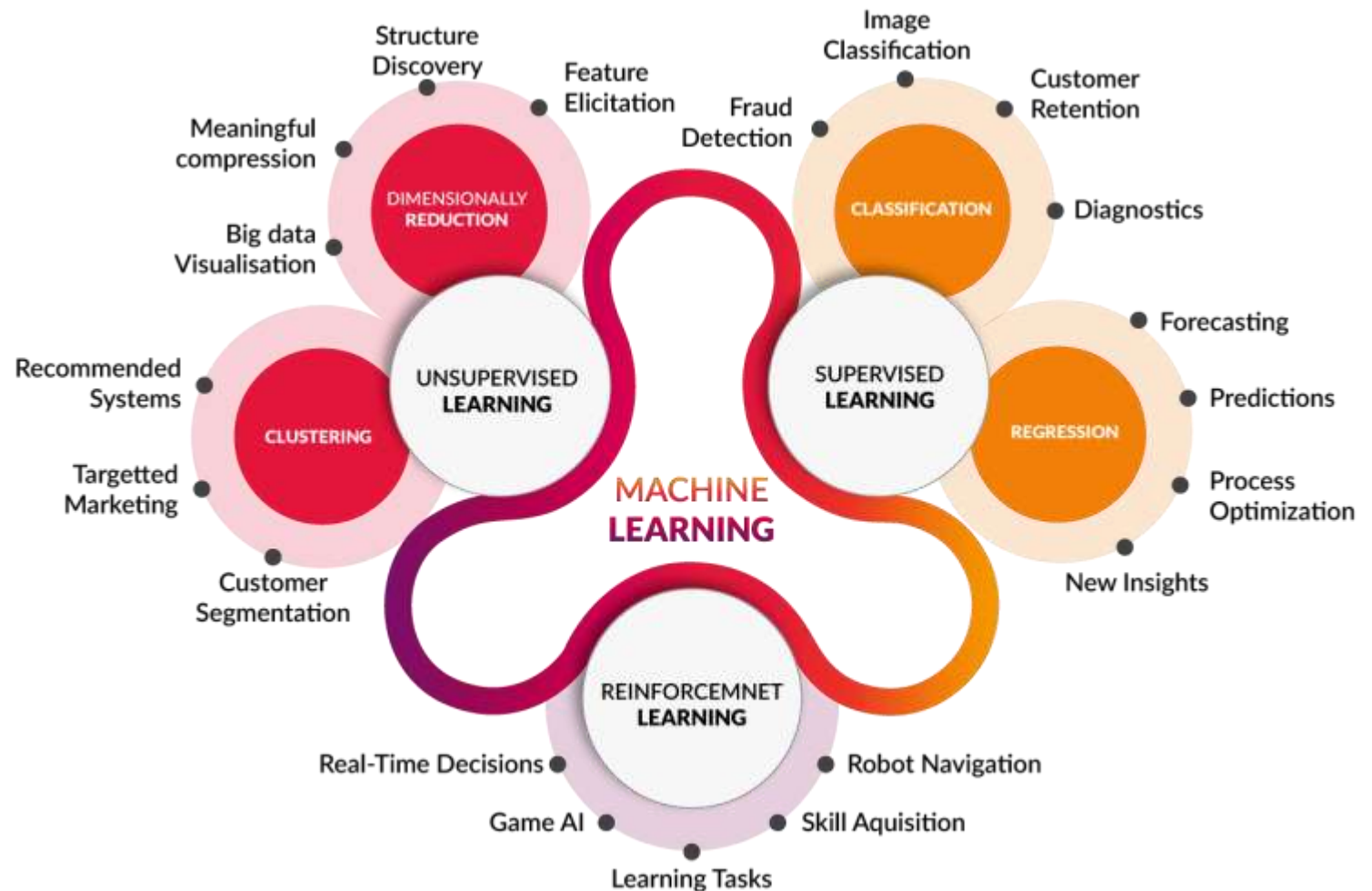
# Definicija AI



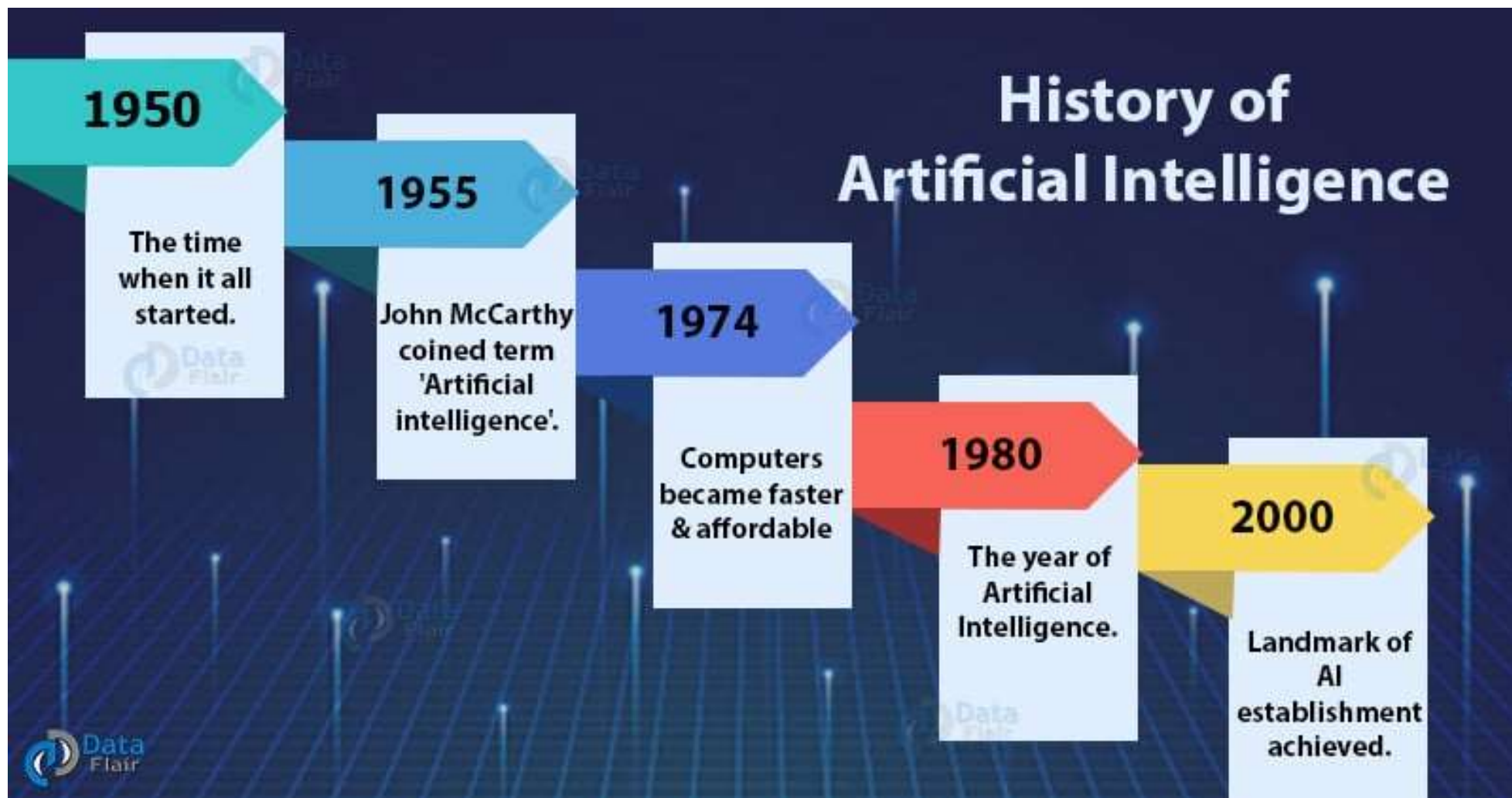
Povzeto po: M. Grobelnik, DRAFT: OECD AIGO AI Definition



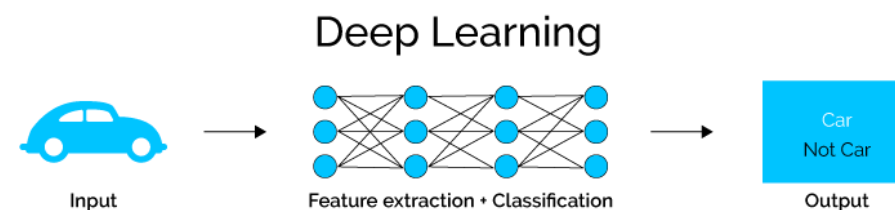
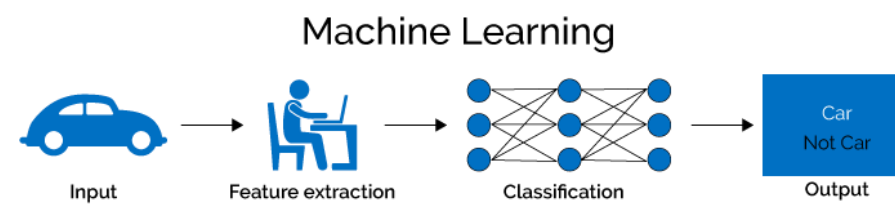
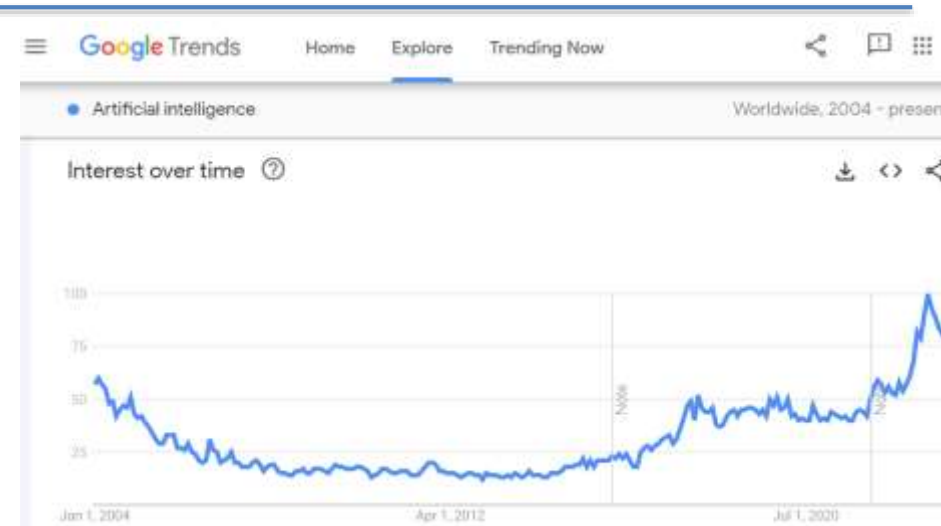
- Pridobivanje znanja avtomatsko iz izkušenj
- Iskanje pravil v učnih podatkih, tako lahko dobimo odgovor tudi na vprašanje, ki ni sodelovalo pri učenju
- Stičišče različnih ved in področij (statistika, računalništvo, adaptivna teorija vodenja,...)



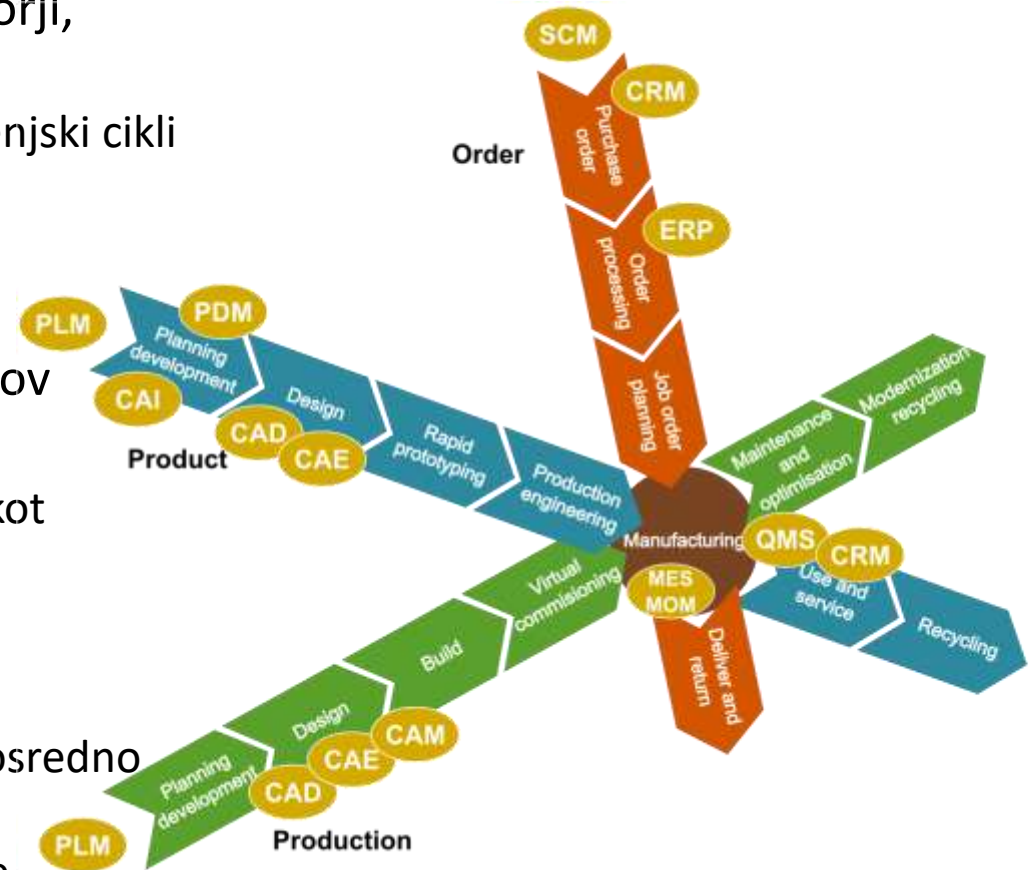




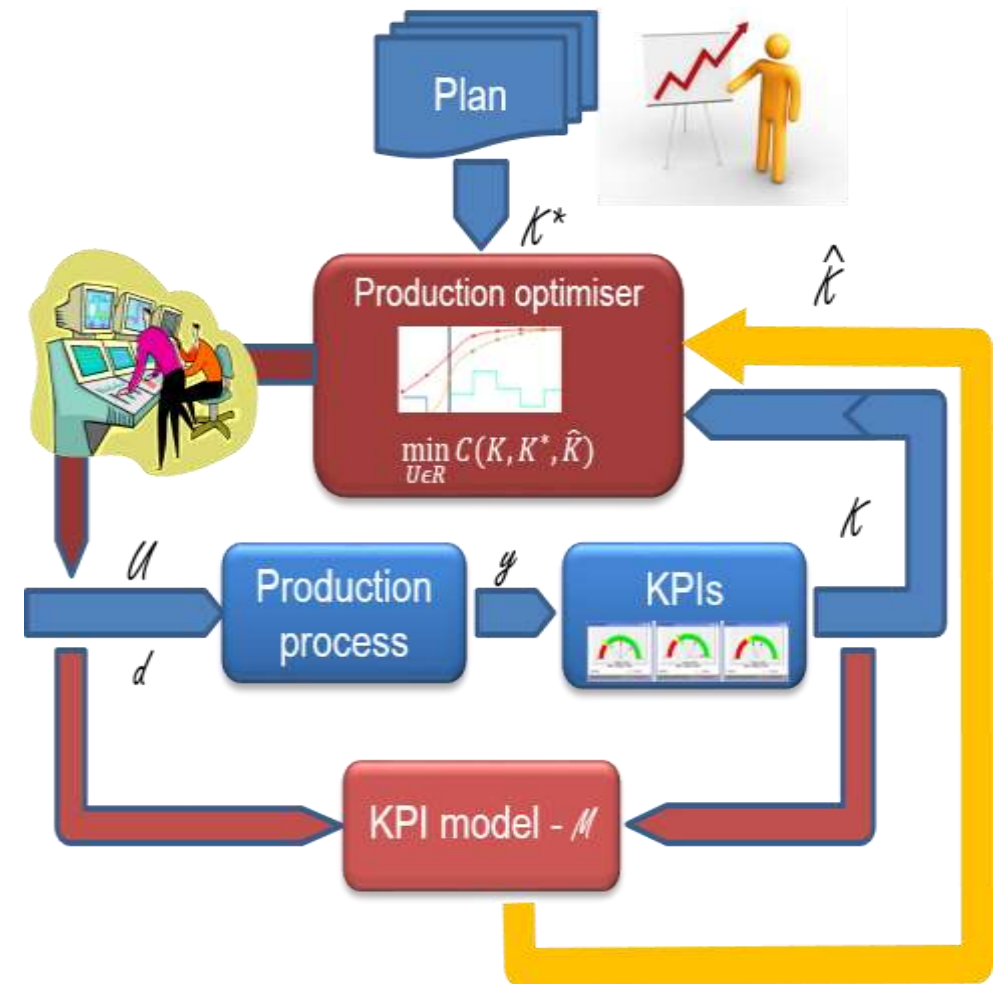
- Povečanje količine generiranih podatkov
  - Forbes: 2020 -> 1.7 mb/osebo/sekundo
- Pocenitev shranjevanja podatkov (big-data infrastruktura)
  - IDC: 14x povečanje podatkovnih centrov v obdobju 2012-2020
- Podatkovne platforme
- Večja procesna moč (Moorov zakon, GPU,...)
- Odprto kodne rešitve (Python, Java, Hadoop, Spark)
- Zaupanje in sprejemanje (AI v potrošniških orodjih/napravah)
  - spletno iskanje
  - priporočilni sistemi
  - identifikacija objektov na slikah
  - govor -> besedilo
  - podnaslavljanje slik
  - obdelava naravnega jezika (OpenAI)
- Tehnološki potisk (npr. deep learning) in zahteve trga (I4.0)



- Digitalizacija proizvodnje enostavnejša kot kadarkoli (senzorji, spletne tehnologije, standardizacija)
  - integracija informacij različnih informacijskih sistemov (živiljenjski cikli naročil, proizvodnje in izdelkov)
  - izboljššan vpogled v proizvodno stanje
- Podjetja se začenjajo zavedati strateškega pomena podatkov
  - shranjevanje na zalogo (big-data skladišča)
  - razvoj novih poslovnih modelov (dodatne storitve, produkt kot storitev)
- Človeško dojetanje velike količine podatkov omejeno
  - fizikalna slika pogosto prekompleksna ali nepoznana za neposredno modeliranje
  - AI in ML omogoča sprejemanje in upoštevanje velike količine podatkov in iskanje skritih zakonitosti (napovedovanje, nasveti)



- Podpora pri odločanju
- Prediktivno vzdrževanje
- Predvidljiva kvaliteta izdelkov
- Zmanjšanje odpada
- Večja produktivnost
- Upravljanje zalog
- Pametni izdelki
- ...



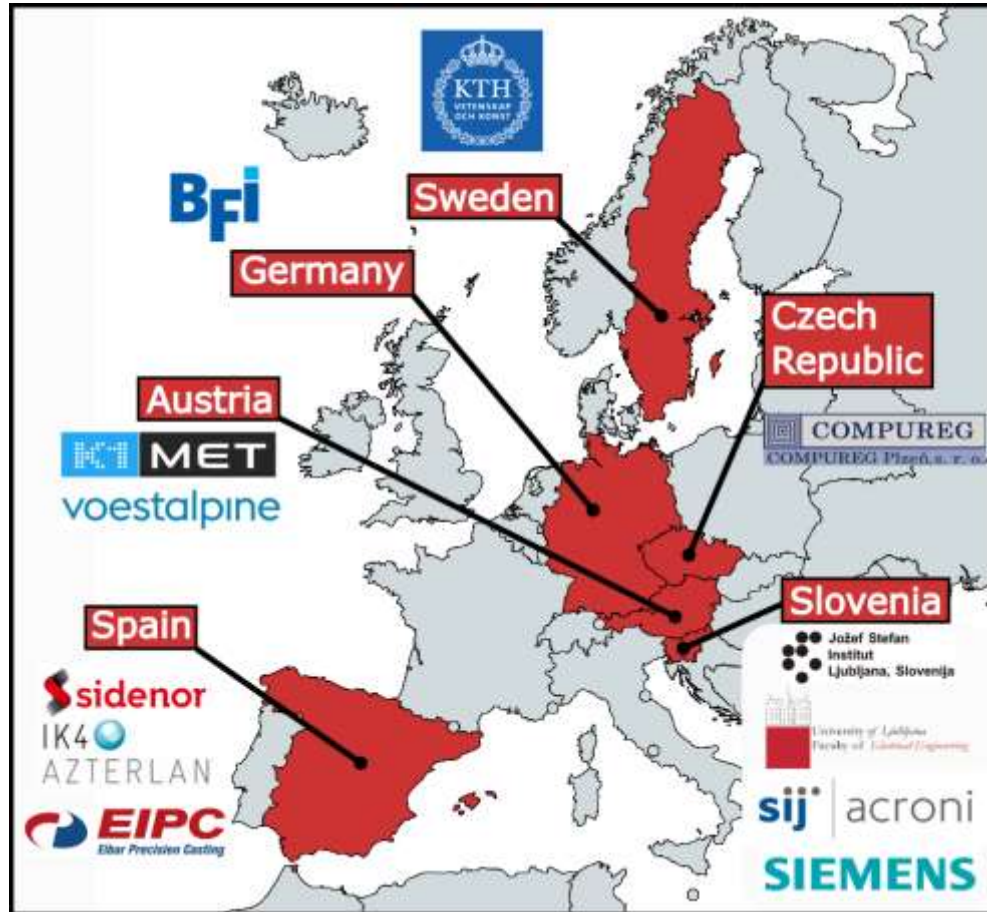
- Optimizacija in izboljševanje učinkovitosti v železarski industriji (Raziskovalni projekt)
- Cilj projekta: Izboljšanje kazalnikov uspešnosti v jeklarskem in sektorju barvnih kovin s posodobitvijo obstoječih proizvodnih obratov z digitalizacijo in uporabo inovativnih višje-nivojskih nadzornih tehnologij.



*INEVITABLE project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 869815.*



# Primer iz industrije: INEVITABLE



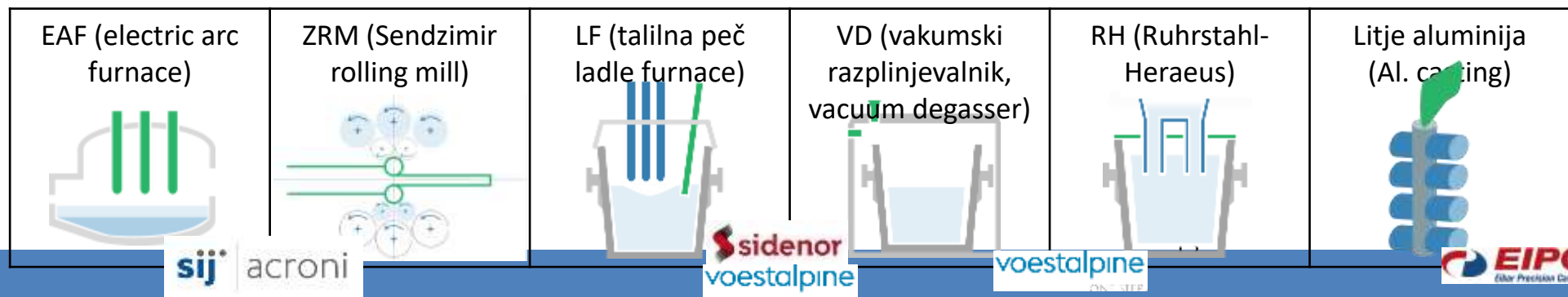
4 industr-  
ijski končni  
uporabniki

4 Meta-  
lurški  
inštituti

4 Specialisti  
za avtoma-  
tizacijo

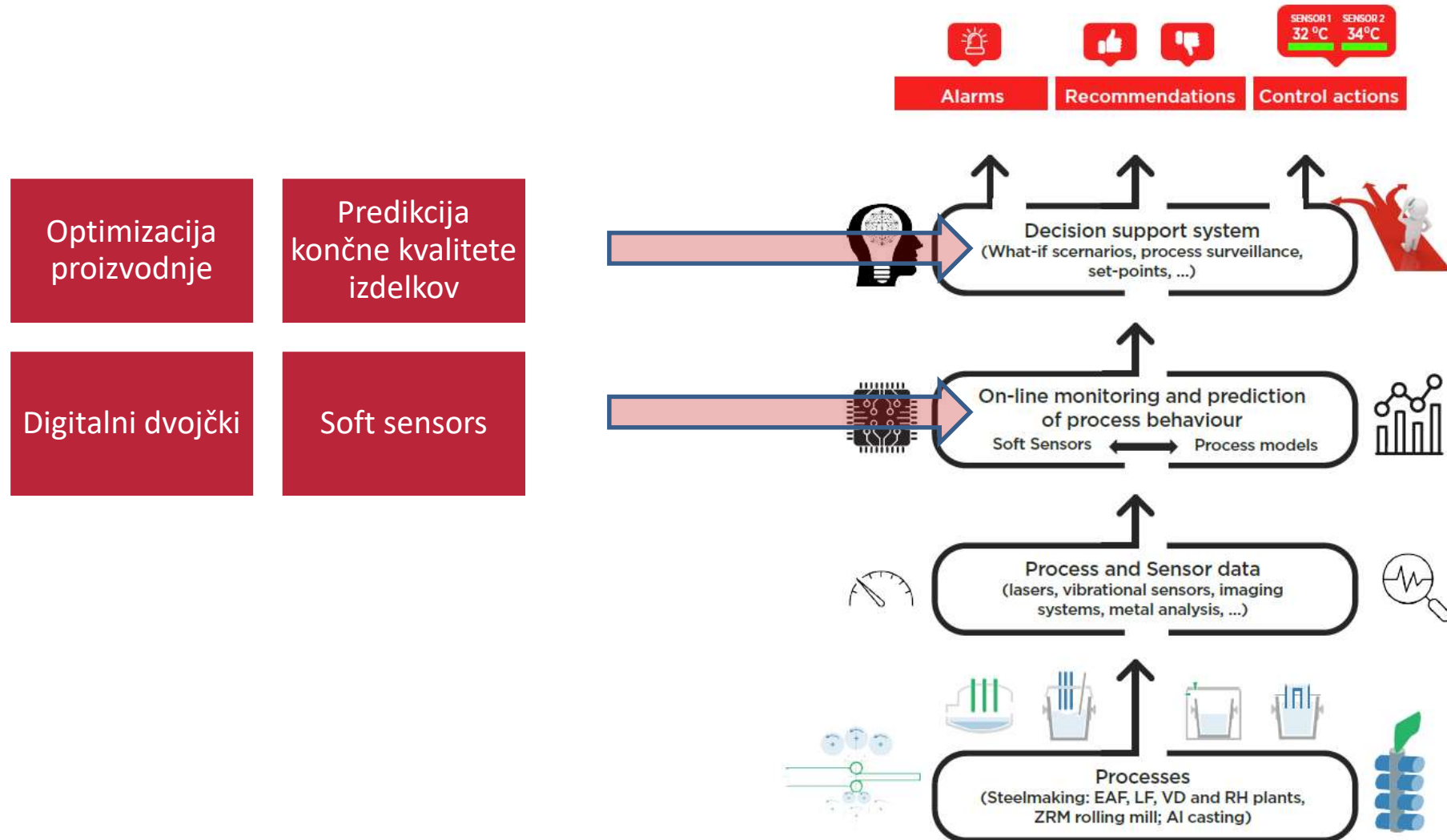
## Koncept dela

- Zagotavljanje/razvoj **tehnologij, ki omogočajo digitalizacijo**
- Demonstrirati, testirati in ovrednotiti razvite tehnologije na izbranih **primerih uporabe**

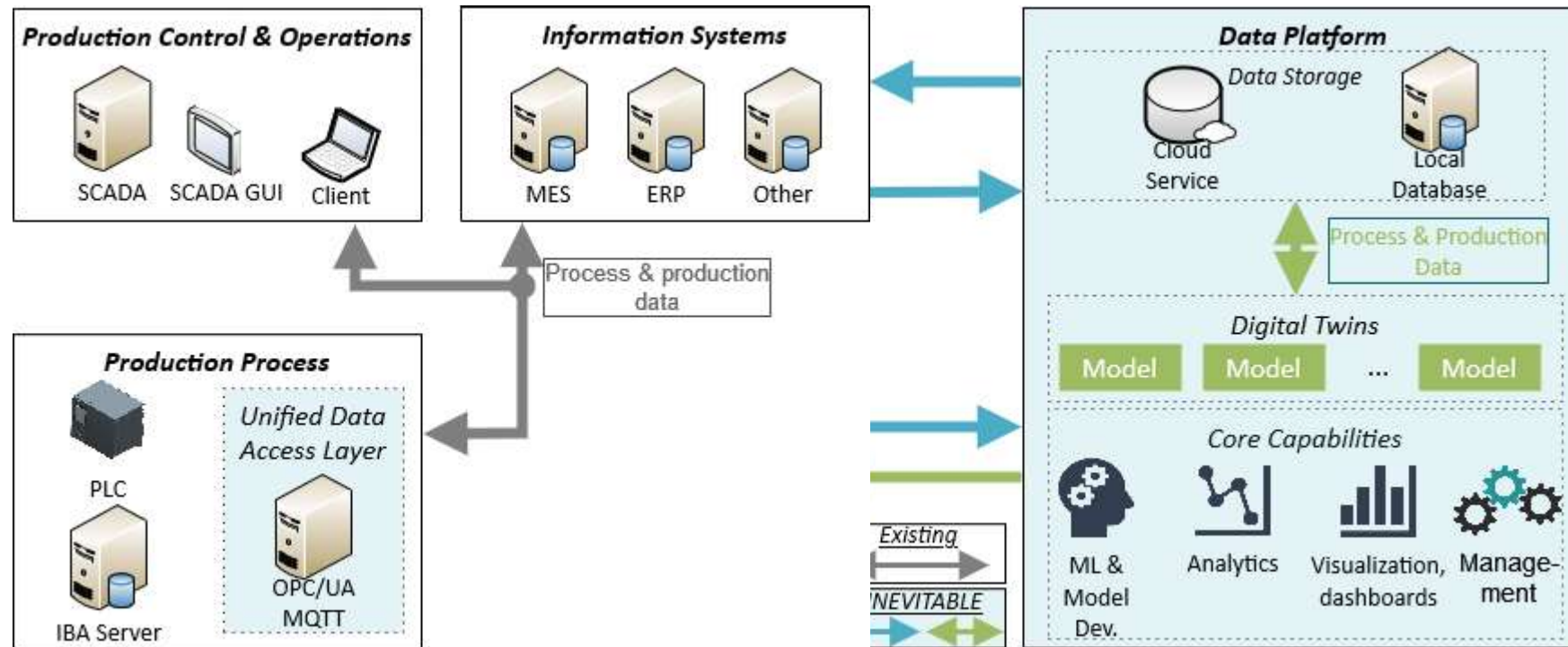




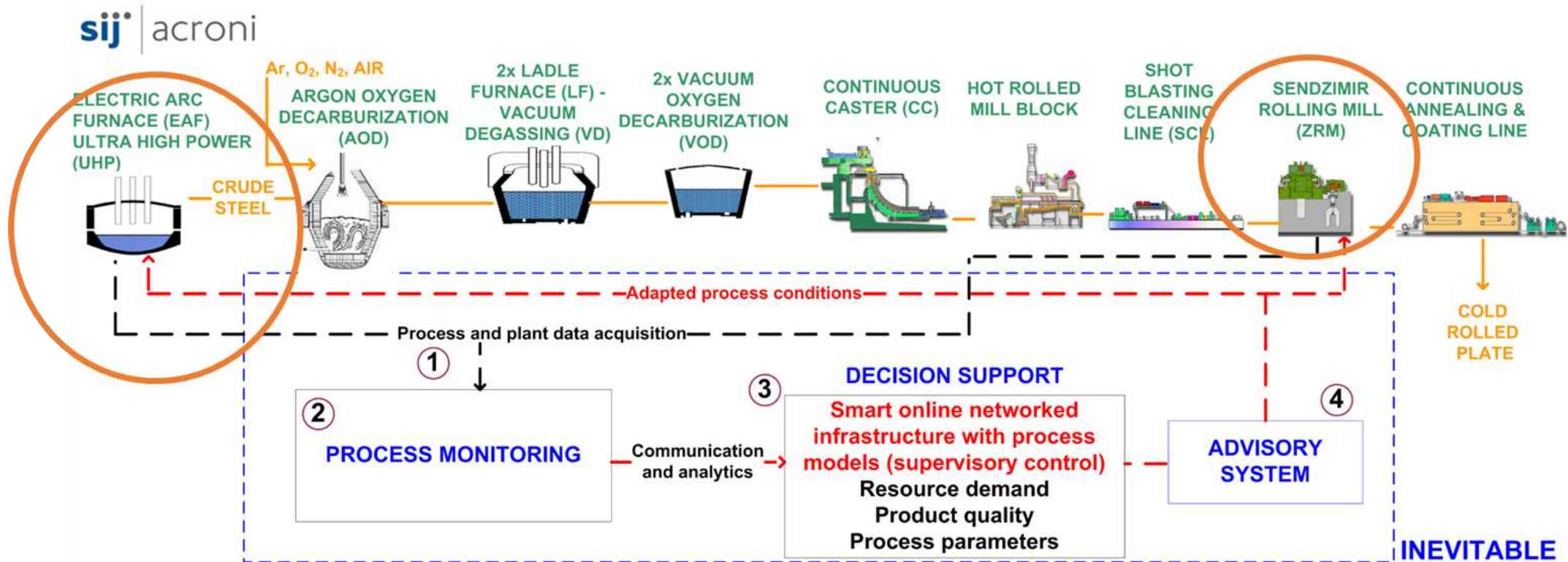
# Primer iz industrije: INEVITABLE



## Koncept digitalne infrastruktura

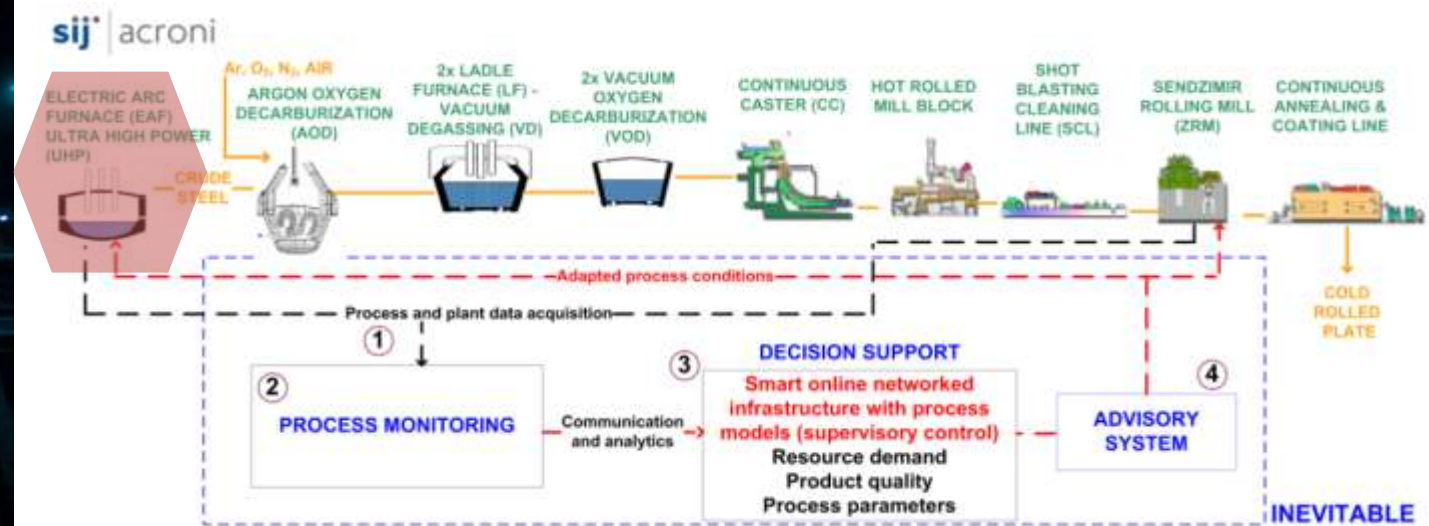


## Primer uporabe: Svetovalni in nadzorni sistem za EAF in ZRM



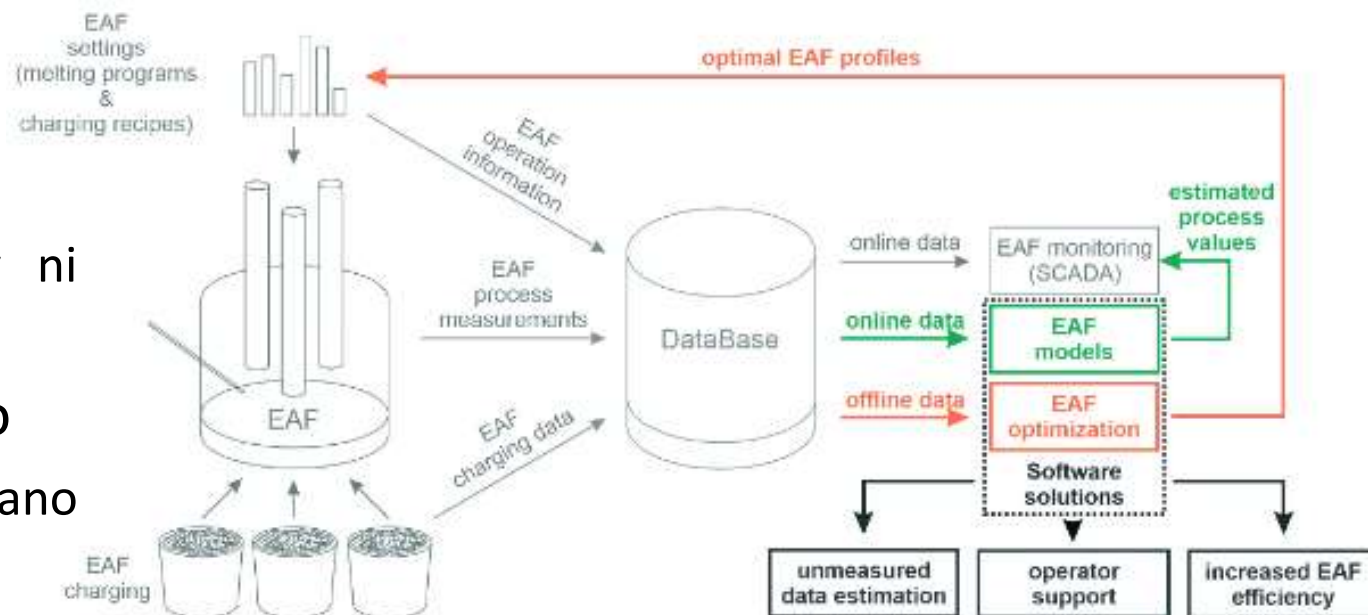
## Optimizacija EAF

ULFE

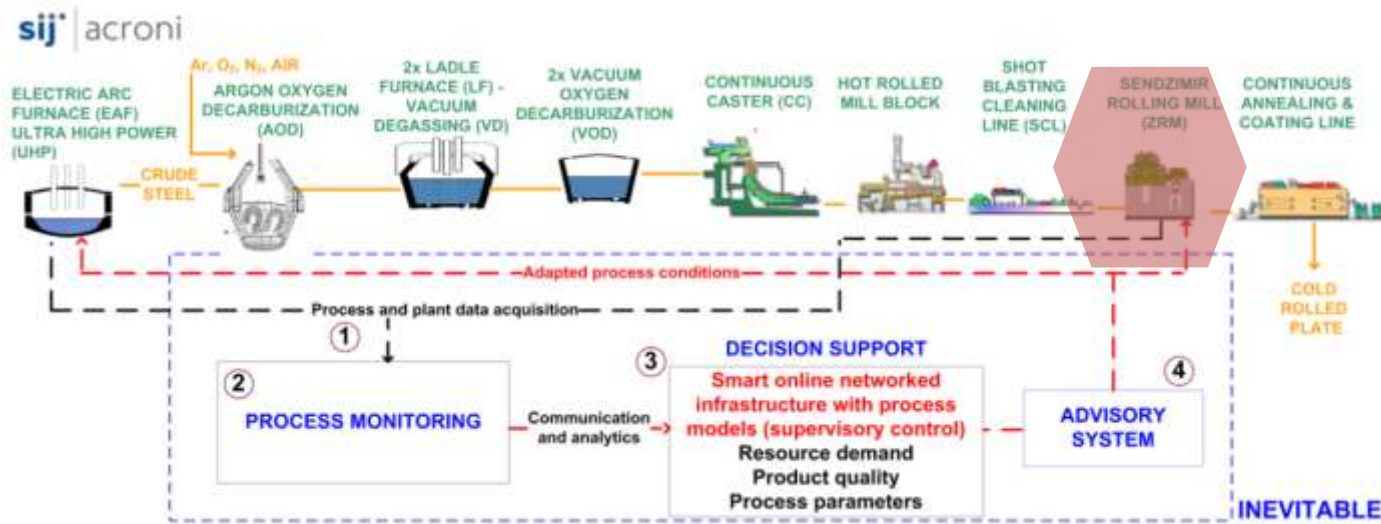




- EAF – se v Acroniju uporablja za recikliranje jeklenih odpadkov
- Problem:
  - Energetsko potraten proces
  - Določenih pomembnih parametrov ni mogoče meriti sprotno
- Rešitev: pripomoček za optimizacijo
  - Določitev optimalnih profilov za dano polnjenje
  - DT za sprotno ocenjevanje nemerljivih procesnih veličin
- Zmanjšanje porabe električne energije EAF do 10 kWh/tono



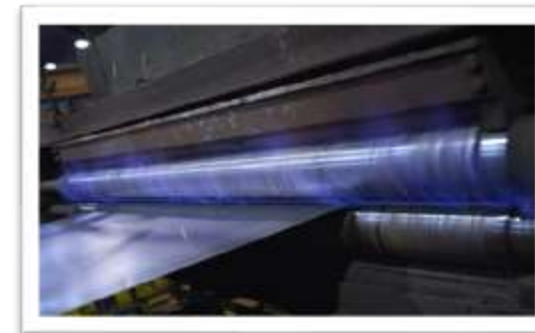
## Sistem za nadzor, optimizacijo, diagnostiko in spremljanje stanja hladnih valjarn



- Valjanje pločevine

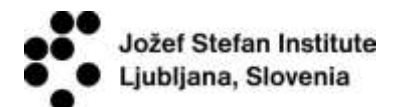


- Sendzimir

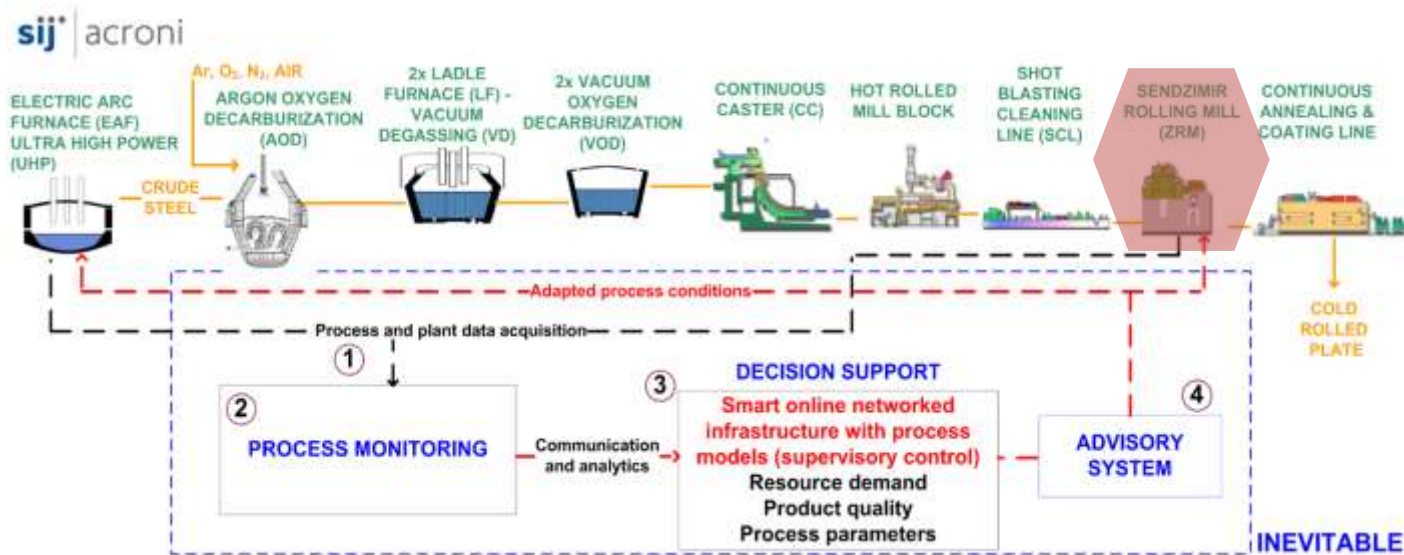
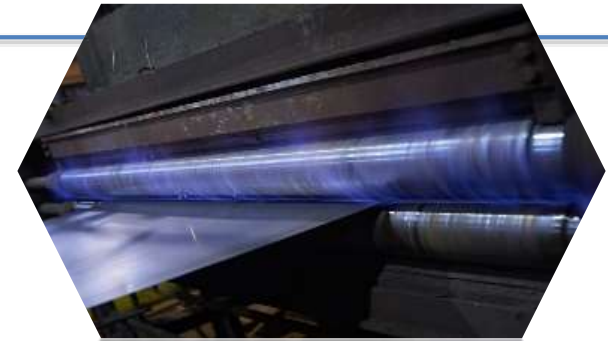




- Zastarela oprema obstoječega proizvodnega procesa v SIJ Acroni je predstavljala **operativno tveganje** (razpoložljivost rezervnih delov) in **poslabšalo zmogljivost valjanja** (kakovost, produktivnost)
- Stroj za hladno valjanje je **stroj velike vrednosti**, z dolgo pričakovanim delovanjem (več desetletij)
- Cilje je bil izboljšati obstoječ proizvodni proces in ga nadgraditi kot narekuje trend **Industrija 4.0**
- Validacija **omogočitvenih tehnologij** in sodobne **IKT infrastrukture** (edge, cloud)



# Cilji in pristop



## Glavni cilji

- Povečanje zanesljivosti
- Povečanje produktivnosti
- Povečanje obsega proizvodnje (z znižanjem **tolerance debeline**)
- Zmanjšanje **izmeta** in povezanih izgub energije

## Pristop

- Celovita **digitalna nadgradnja** procesa
- Razvoj in integracija dodatnih **visokonivojskih digitalnih rešitev**
  - Spremljanje *dolovanja ključne opreme*
  - Prilagoditev in optimizacija *recapture valjanja*

# Digitalna nadgradnja ZRM procesa

## – Začetna situacija

- Stara oprema in nadzorni sistem iz leta 1974
- Implementacija naprednega nadzornega procesa in rešitev I4.4 je bila močno omejena

## – Nadgradnja procesa

- Zamenjava pogonov
- Zamenjava starega krmilnega sistema
- Upravljalne plošče in kabina
- Računalniška soba
- Centralni sistem za zajem podatkov
- Digitalna platforma, ki združuje robno in oblako infrastrukturo



Del orig. opreme krmilnega sistema



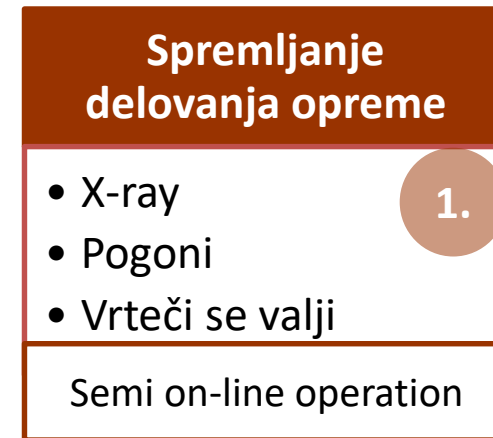
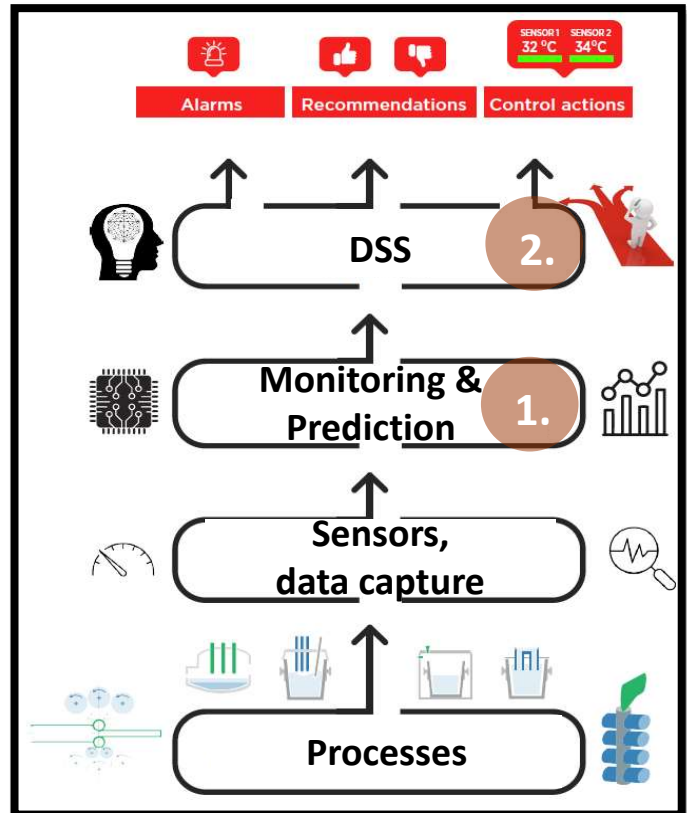
Situacija po modernizaciji



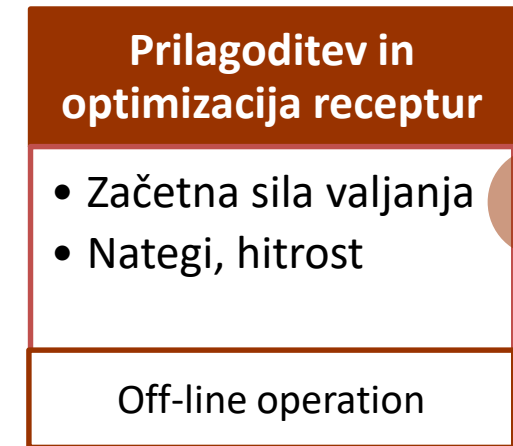


# Razvite digitalne rešitve





↓  
**Alarmi / stanje opreme**



↓  
**Priporočila / DSS**

*Semi on-line*: procesni podatki po vsakem valjanju

*Off-line*: sprožitev analize na zahtevo

# Rešitve za spremljanje ZRM – pregled (1/3)



Alarms

Semi on-line operation

## X Nadzor X-ray sensorja za merjenje debeline

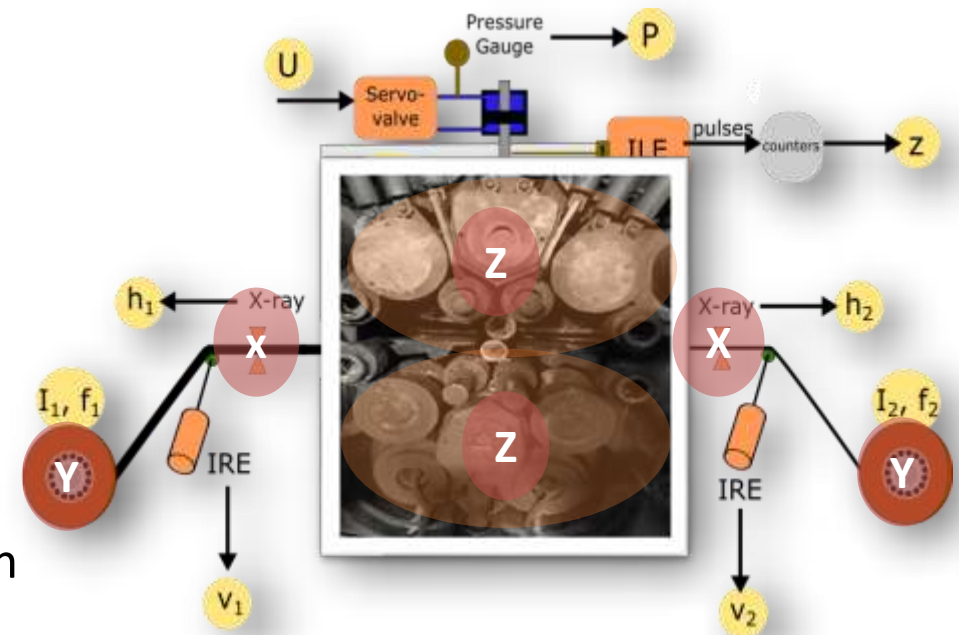
- Pristop z masnim pretokom
- Pristop s spremljanjem zaporednih prevlekov

## Y Spremljanje pogonov

- Spremljanje senzorjev hitrosti

## Z Spremljanje rotacijskih teles

- Zaznavanje odstopanj v izhodni debelini, ki jih povzročajo delovni valji



# Rešitve za spremljanje ZRM (2/3)



Alarms

Semi on-line operation

## *Modul: masni pretok*

- Spremljanje masnega pretoka posameznih prevlekov
- Zaznavanje odstopanj v delovanju senzorja (merjenje debeline ali hitrosti)

## *Modul: Zaporedni prevleki*

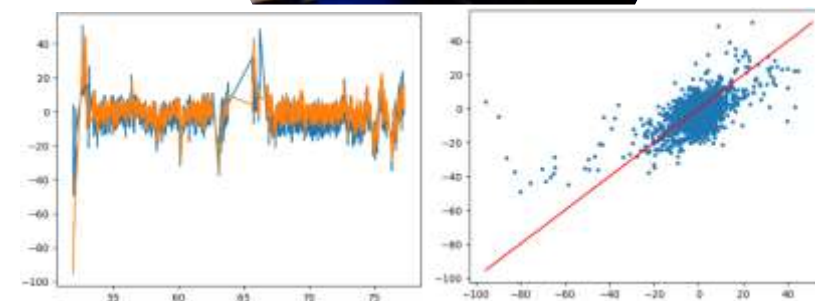
- Nadzor ponovljivosti rentgenskih meritev debeline
- Verifikacija podatkovnih tokov dveh zaporednih prehodov (izhodne in vhodne rentgenske meritve)

## *Spremljanje senzorjev hitrosti*

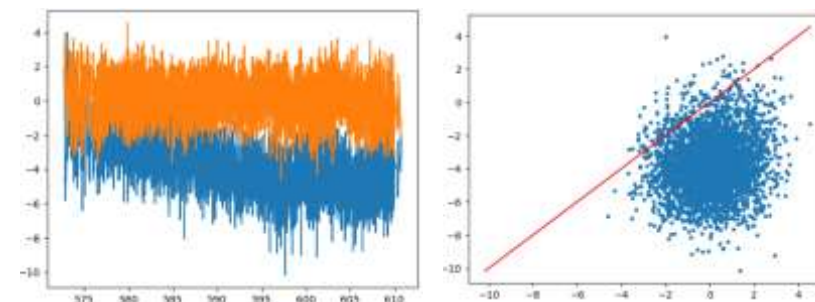
- Redundanca senzorjev hitrosti, ki se uporabljajo za spremljanje delovanja procesa
- Primerjava meritev v ustaljenem stanju obratovanja



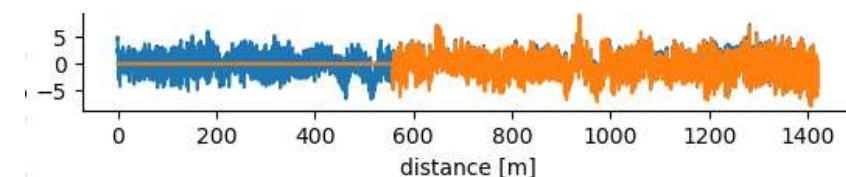
normal operation



deviation detected



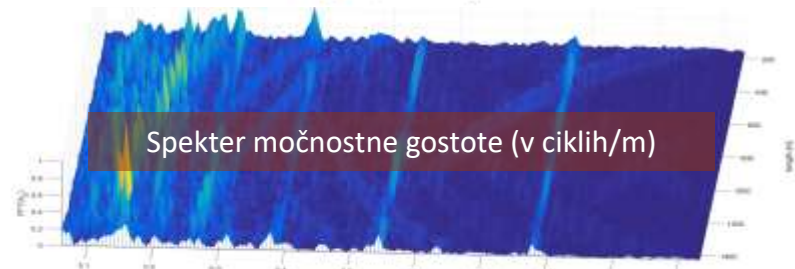
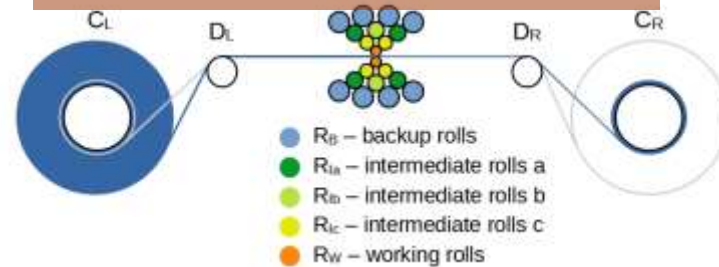
sensor fault





# Rešitve za spremljanje ZRM (3/3)

## Nadzorovani rotacijski elementi v ZRM



Zaznavanje napak – vrhovi v spektru lahko kažejo na problematične elemente

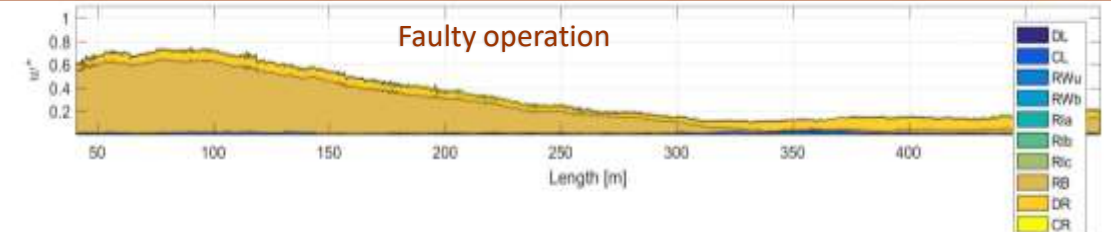
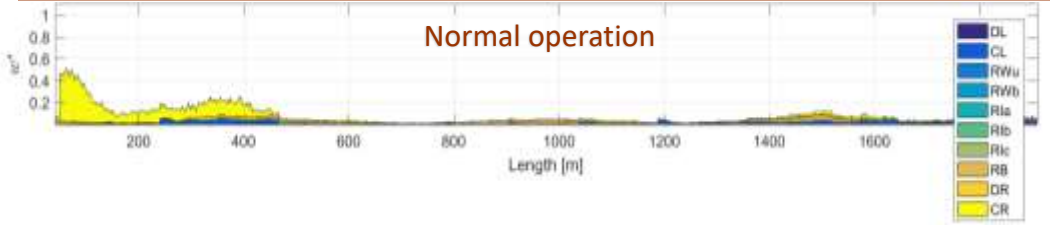


Semi on-line operation

### Alarms

- Zaznavanje in izolacija periodičnih odstopanj v izhodni debelini, vtisnjeni v material zaradi oscilacij rotirajočih se teles
- Spremljanje obrabe valjev, težave z ležaji, oscilacije navijalnikov
- Frekvenčna analiza podatkov, vzorčenih po dolžini traku
- Fokus na področja, ki jih določajo premeri vsebovanih rotirajočih elementov

### Izolacija napak – Vrednotenje relativne pomembnosti koničnih amplitud oscilirajočih se teles



# Prilagoditev in optimizacija receptur



Off-line operation

Recommendations

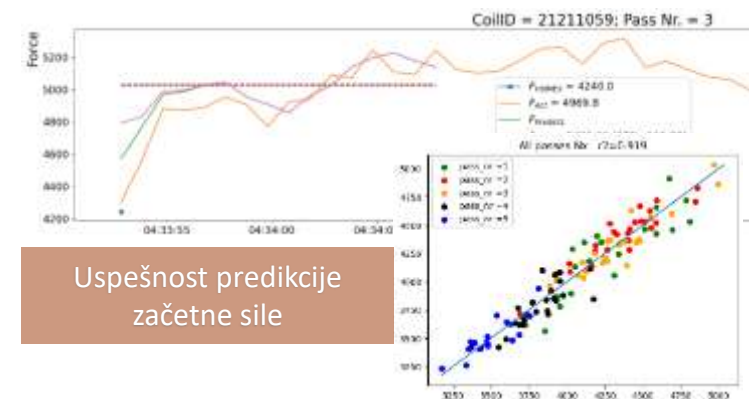
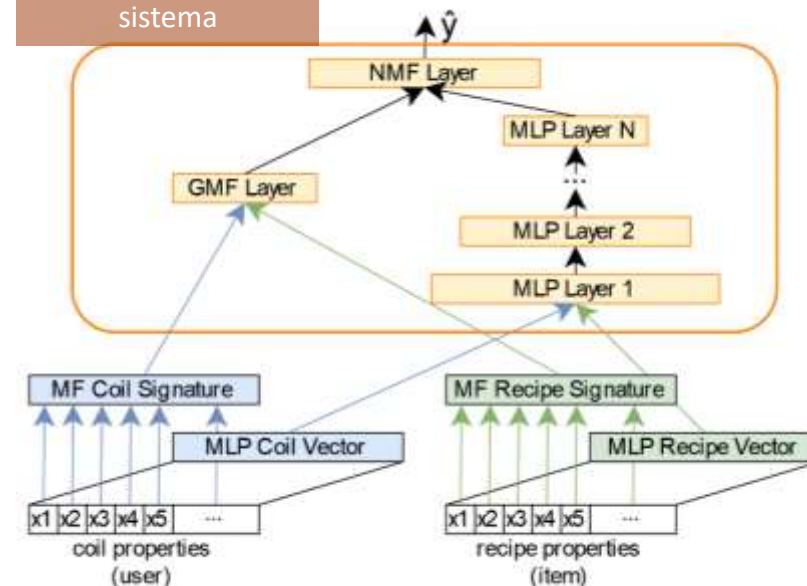
## *Priporočila/optimizacija nastavitv nategov*

- Identifikacija najboljše prakse (priporočilni sistem)
  - Prepoznavanje podobnih lokalnih pogojev in opredelitev uporabljenih nastavitv receptov, ki so vodile do najboljših rezultatov glede kvalitete
  - Bolj konzervativna priporočila
- Optimizacija nastavljanja napetosti v materialu
  - Identifikacija vzročnih povezav med lokalnimi pogoji in nastavitvami receptov za doseženo kakovost
  - Določitev optimalnih nastavitv - optimizacijskega problema preko inverza ident. modela
  - Bolj progresivna priporočila

## *Optimizacija začetne sile valjanja*

- Modeliranje dinamike obremenitve ob začetku valjanja
- Uporaba NN in GP za identifikacijo opazovane dinamike
- Uporaba modela za iskanje naprimernejših začetnih nastavitv začetne sile za določene pogoje (optimizacijo)

Večplastna struktura priporočilnega sistema



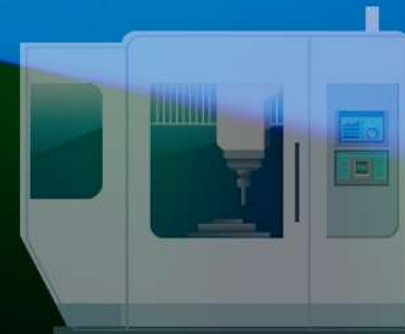
Uspešnost predikcije začetne sile



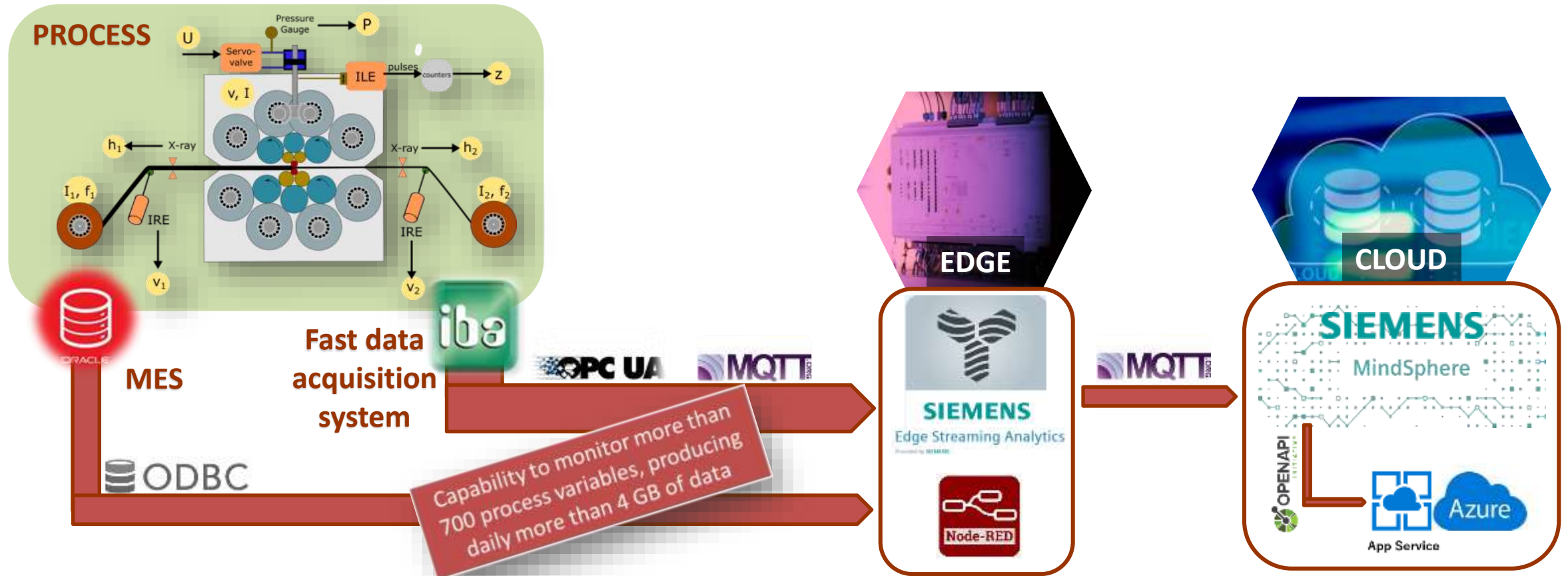
## Implementation of digital solutions

SIMATIC  
RACK PC

**INDUSTRIAL EDGE AND CLOUD SOLUTIONS**

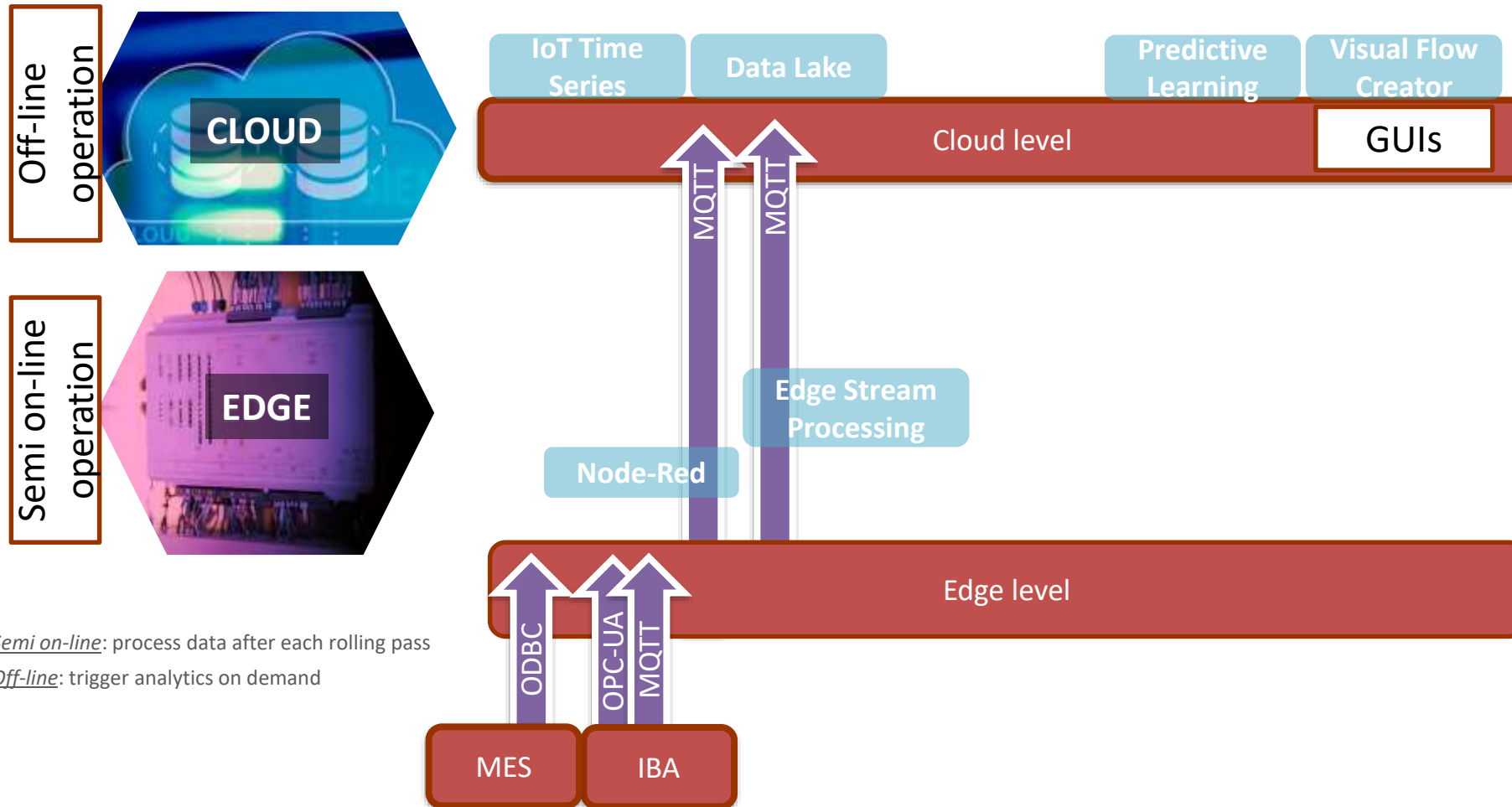


# Prezeta digitalna infrastruktura





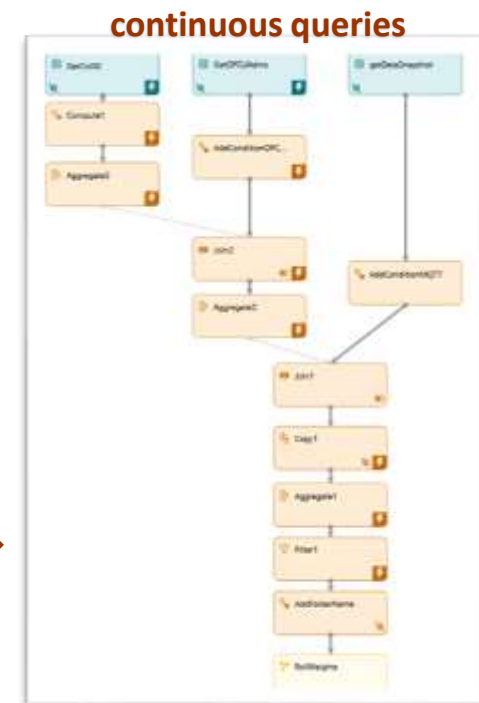
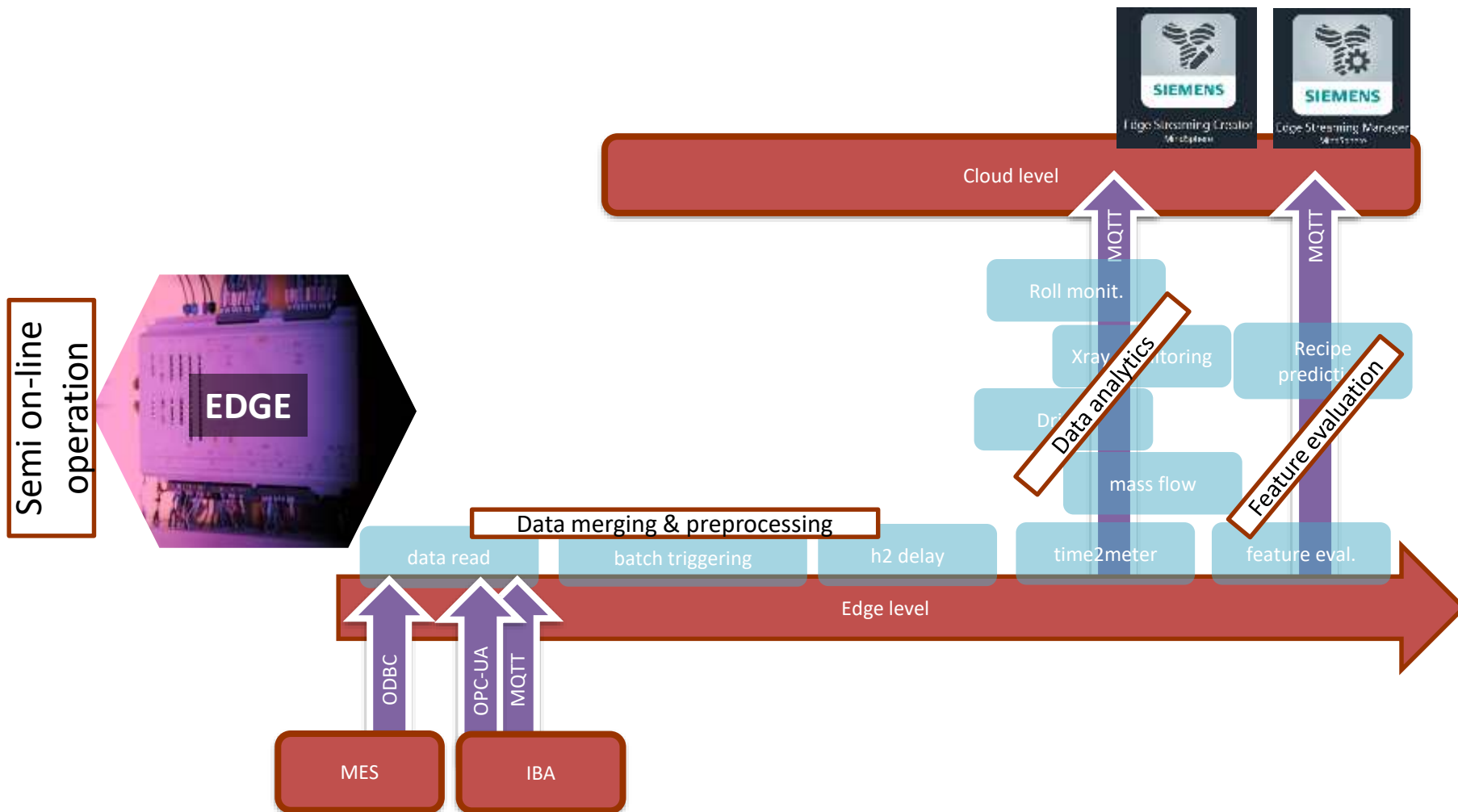
# Pregled izvedbenih okolij



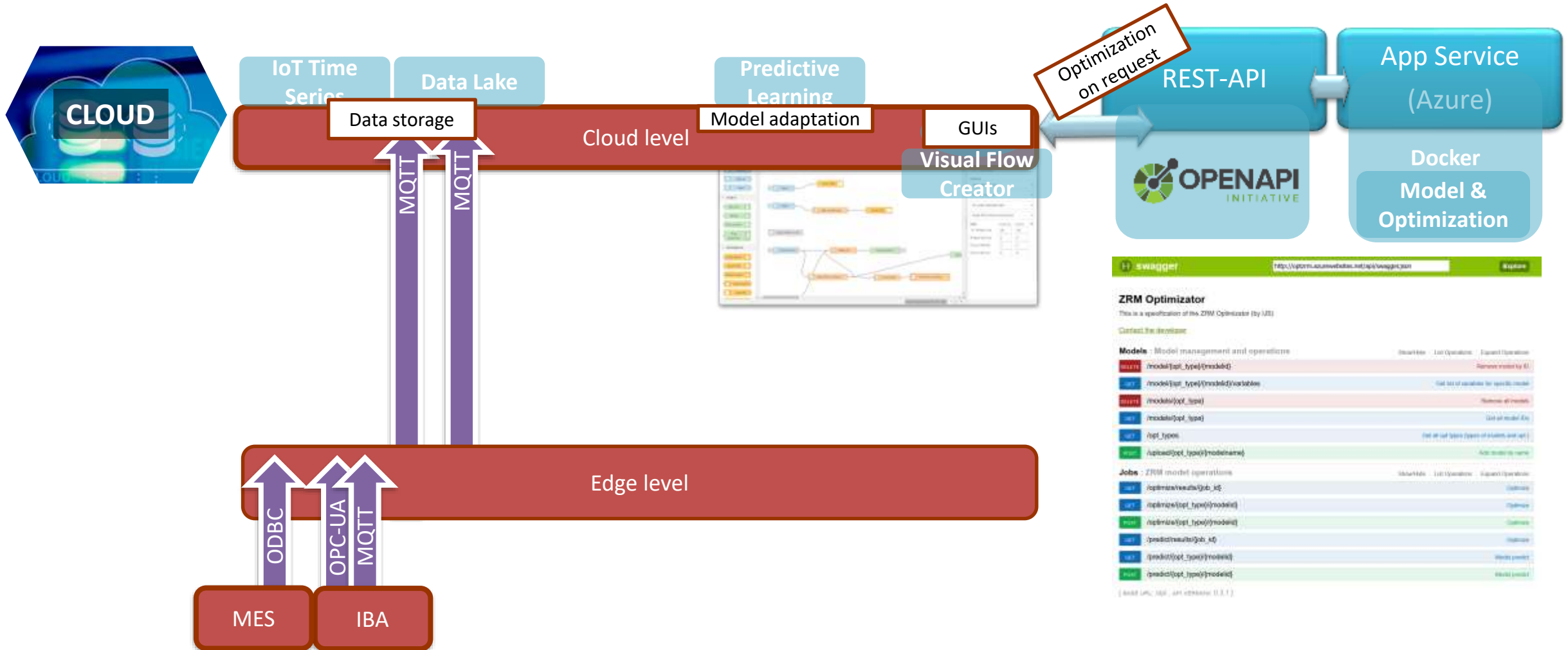
Semi on-line: process data after each rolling pass

Off-line: trigger analytics on demand

# Pregled modulov na Edge nivoju



# Pregled modulov na nivoju Oblaka



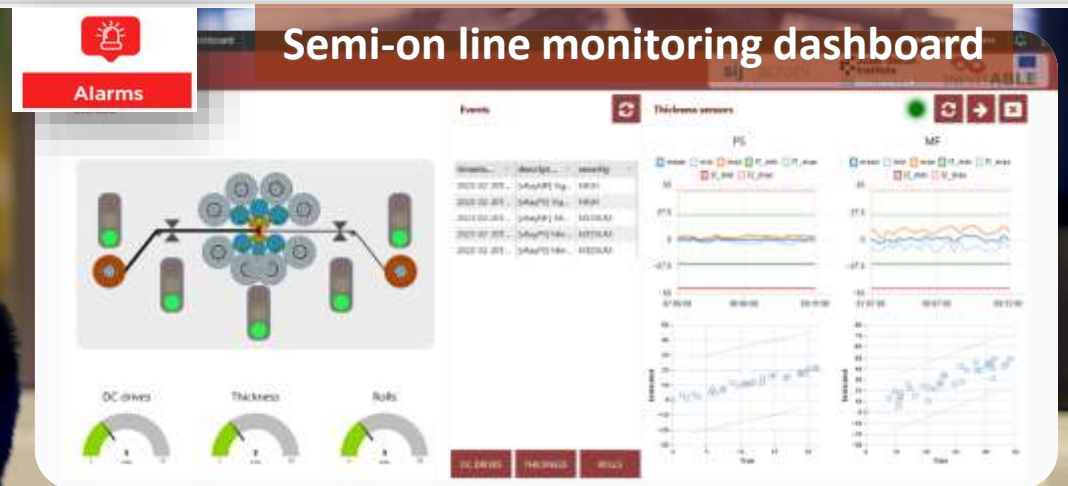


# Uporabniški vmesniki

Basic process monitoring dashboard



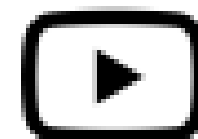
Semi-on line monitoring dashboard



On-line recipe adaptation and optimization

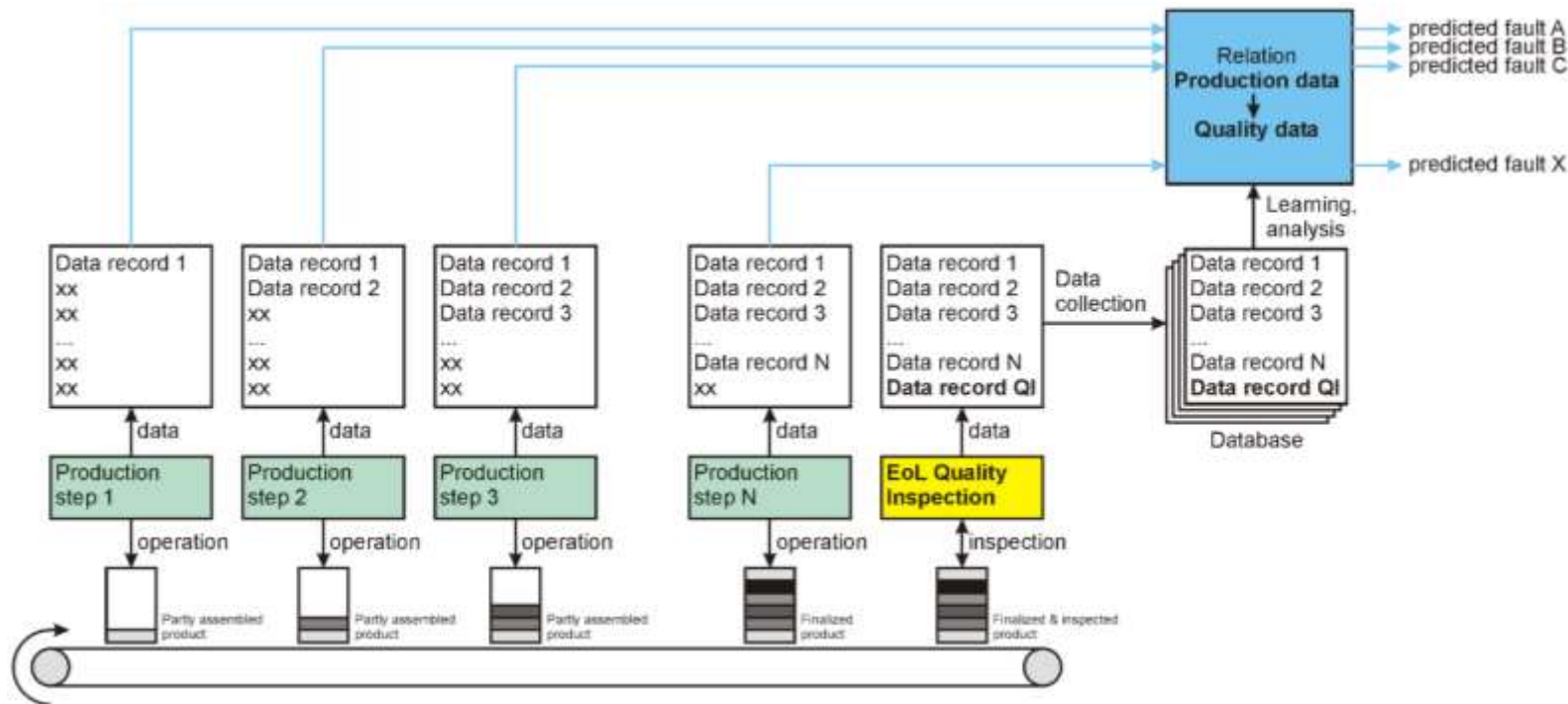


# Virtualni vpogled v SIJ Acroni



# Namesto zaključka

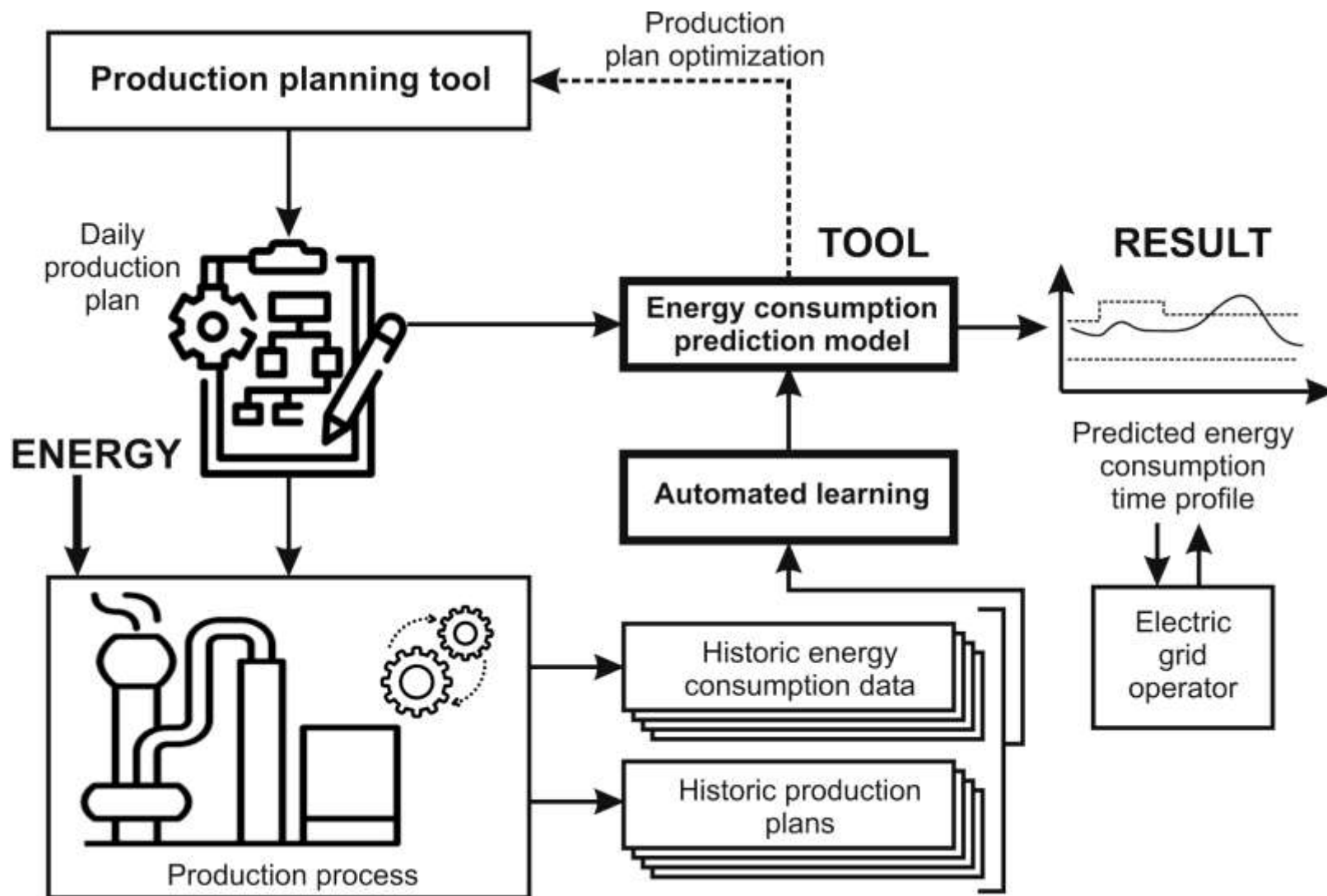
---



## Kontrola kvalitete, Zero defect manufacturing

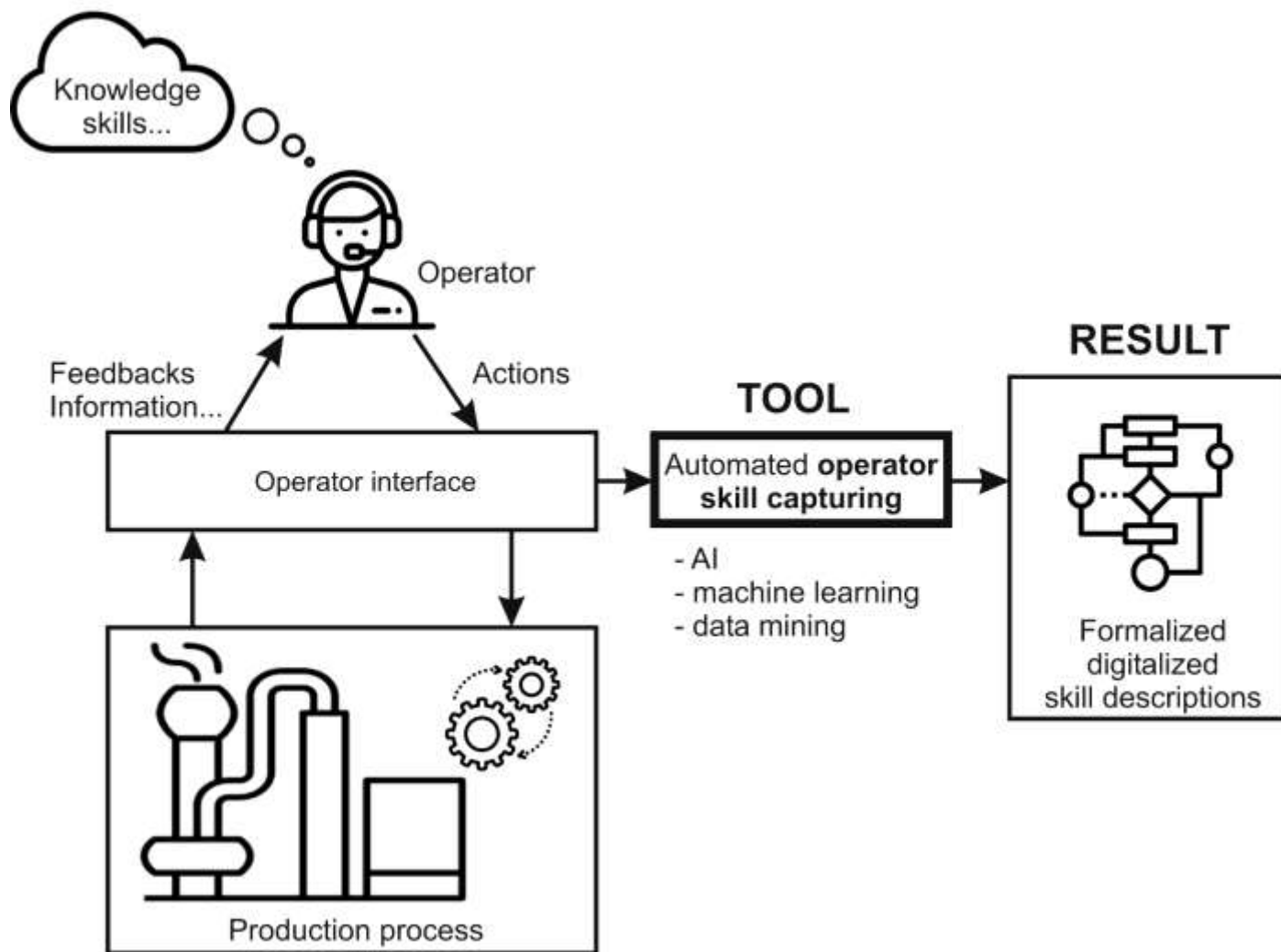
- Razširitev obstoječih tehnologij za nadzor kvalitete
- **Nadzor → Vodenje**
- Samodejna gradnja prediktivnih modelov kvalitete (zgodovinski podatki, strojno učenje)
- Identifikacija spremenljivk, ki imajo vpliv na kvaliteto izdelkov
- Preprečevanje nadaljnje proizvodnje izdelkov z napako
- **Prihraniti čas, material in energijo**





## Napovedovanje in nadzor porabe energije

- Napovedovanje časovnega profila porabe energije
- Samodejno izdelan model napovedovanja porabe energije z uporabo zgodovinskih podatkov in algoritmov strojnega učenja
- Nadzor (prilagajanje) časovnega profila porabe energije za izpolnjevanje zahtev upravljavca električnega omrežja (fleksibilnost povpraševanja)
- Pomoč pri uravnoteženju električnega omrežja in **uporabe obnovljivih virov energije**



## Zajemanje človeških veščin & znanj ter digitalizacija

- Tehnološki procesi so odvisni od človeških spretnosti in znanja.
- Težave v primeru **fluktuacije človeških virov** – znanje se lahko izgubi
- Zajemanje spretnosti in znanja z digitalnim pridobivanjem povratnih informacij o procesih in operativnih ukrepih
- Formaliziranje spretnosti in znanja v obliki algoritmov z uporabo umetne inteligence in strojnega učenja



- Substitution of fossil Combustion in Industrial high- Temperature processes by ADvanced ELectrical and plasma heating technologies
  - Sustainable electrification of high temperature heating systems (resistance and plasma heating)
  - Electrification with renewable electricity
  - Improve the product quality, process safety, flexibility, and ease of process control

