

Uvod

Procesna avtomatika

Uroš Lotrič, Nejc Ilc

Vsebina predmeta

Uvod

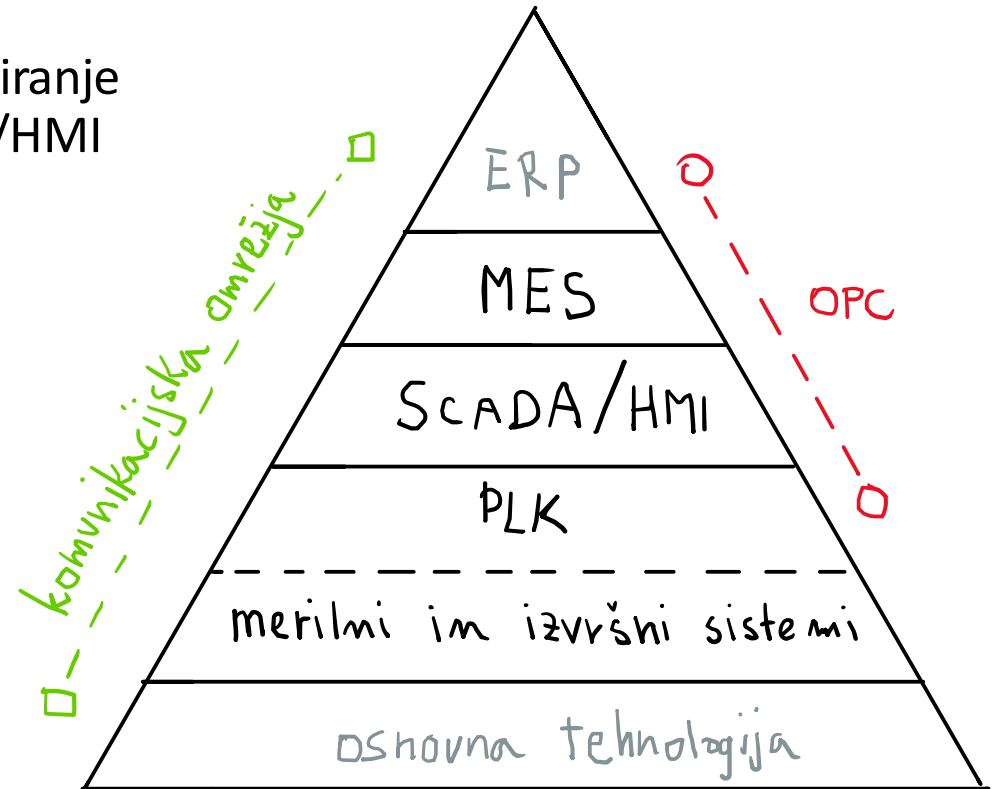
- Sistem, proces, vodenje, hierarhija sistemov vodenja

Sistemi vodenja

- Programirljivi logični krmilniki: arhitektura in programiranje
- Vmesniki za komunikacijo človek stroj, sistemi SCADA/HMI
- Merilni in izvršni sistemi
- Industrijska komunikacijska omrežja
- Programski aplikacijski vmesniki: OPC
- Višji sistemi vodenja: MES v povezavi z ERP

Izbrana poglavja

- Obisk v tovarni/skladišču, vabljeni predavanja
- Spoznavanje z električnim vezalnimi shemami
- Sistemi vodenja v podjetjih in sistemski inženiring
- Napake v sistemih vodenja in ukrepanje
- Dostopnost in varnost sistema
- Pametna tovarna



Organizacija predmeta

Sestava ocene

- 50 % laboratorijske vaje
 - 10 % ročno vodenje
 - 10 % avtomatsko vodenje
 - 15 % SCADA in OPC UA
 - 15 % poročilo
- 50 % ustni izpit

Ogled podjetja in obisk strokovnjaka

- Pričakujemo, da se boste udeležili vsaj enega od dogodkov

Literatura

- vaši zapiski s predavanj, prosojnice
- [G. Mušič, *Avtomatika*](#). Založba FE in FRI, 2014.
- [R. C. Dorf, *Modern Control Systems*](#), 12. izdaja. Pearson, 2011.
- [J. R. Hackworth, F. D. Hackworth, *Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications*](#). Pearson, 2004.
- [M. T. White: *Mastering PLC Programming: The software engineering survival guide to automation programming*](#), Packt Publishing, 2023.

Laboratorijske vaje

Oprema

- Beckhoff CX7000
- učni modeli Fischertechnik
- Simulator učnih modelov FTsim

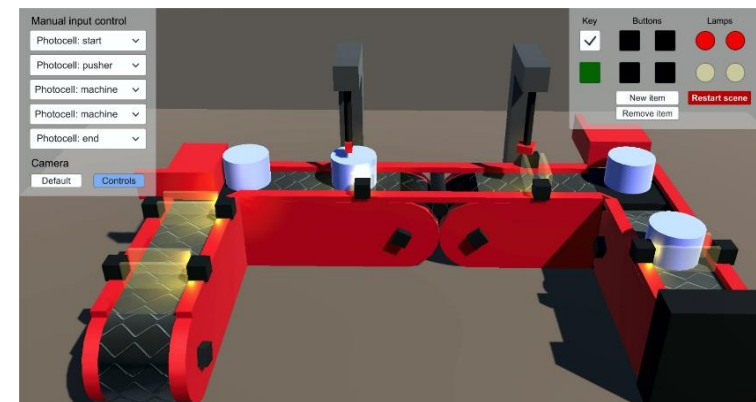
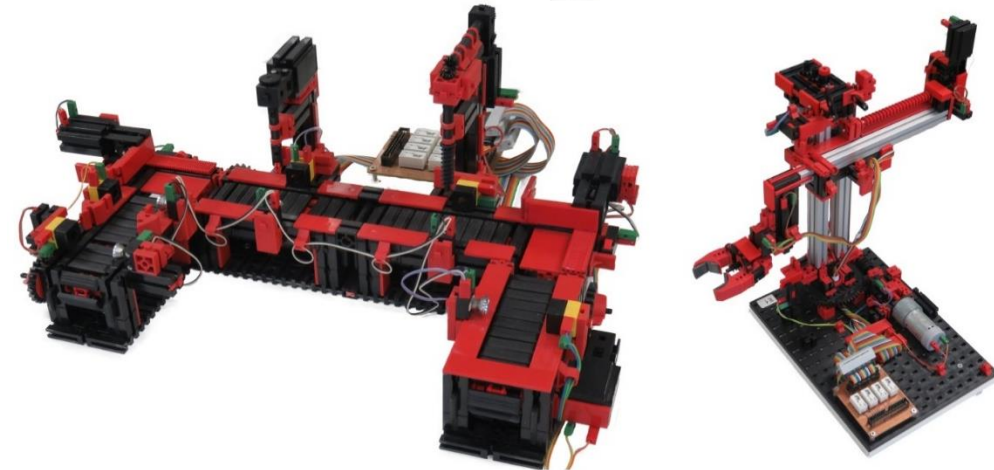
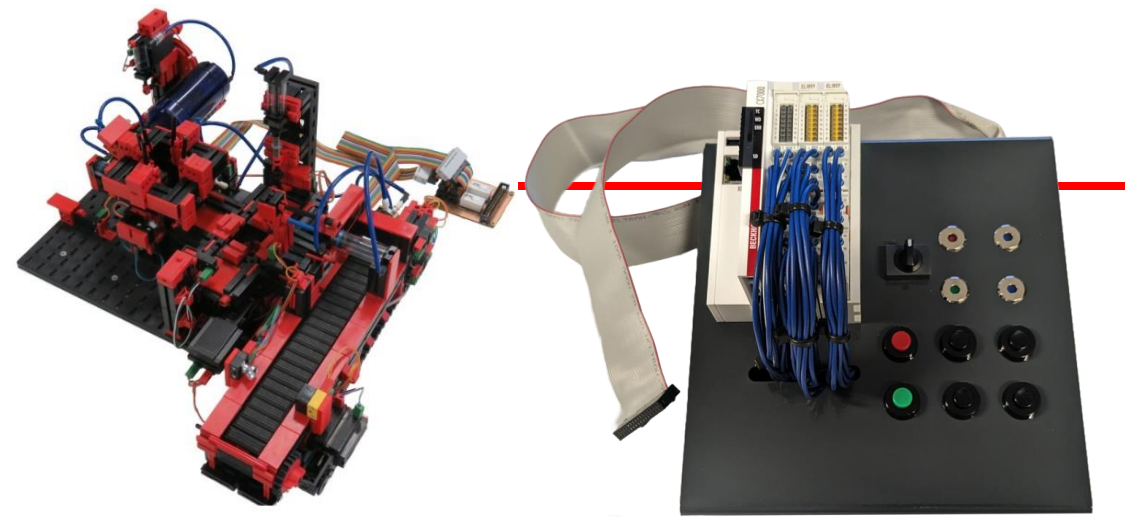
Delo na projektu v paru

- ročno vodenje
- avtomatsko vodenje
- nadzorni sistem SCADA
- protokol OPC UA / Beckhoff ADS

Poročilo

- projektna dokumentacija
- opis sistema
- navodila za uporabo

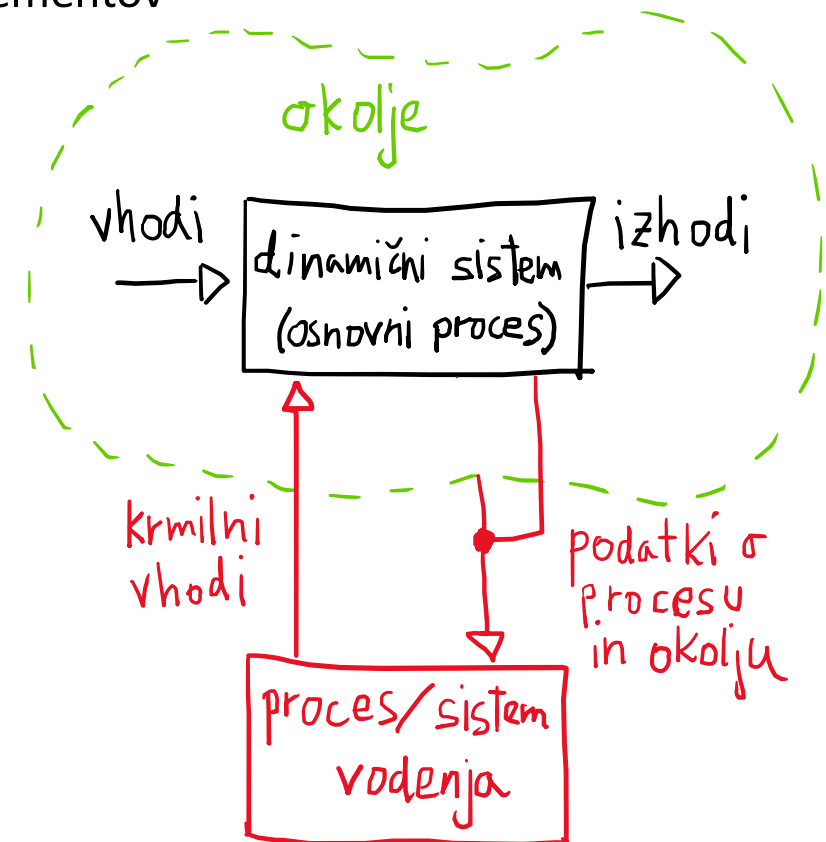
<https://youtu.be/c20JuLhELhk>



Vodenje procesov

Vodenje je proces, s katerim vplivamo na delovanje sistema z željo, da dosežemo zastavljeni cilj

- Sistem
 - Je množica med seboj in z okoljem povezanih, delujočih elementov
 - Povezava pomeni izmenjavo snovi, energije ali informacij
- Proces
 - Potek, postopek, dogajanje, ki povzroči spremembo stanja sistema
 - Pomembna komponenta je čas, sprememba stanja sistema
 - Tehnični proces je skupek soodvisnih potekov v sistemu, ki povzročijo preoblikovanje/premik/skladiščenje snovi/energije/informacije
- Vodenje
 - Sistem vodenja (proces = algoritem vodenja)
 - Ročno vodenje, avtomatsko vodenje, računalniško vodenje



Učinki avtomatskega vodenja

Produktivnost

- hiter odziv na zahteve trga
- podpora pri odločanju

Kvaliteta

- sledenje izdelkom
- skladnost z zakonodajo (farmacija)

Poraba energije

- pametno razvrščanje proizvodnje izdelkov
- izgorevanje

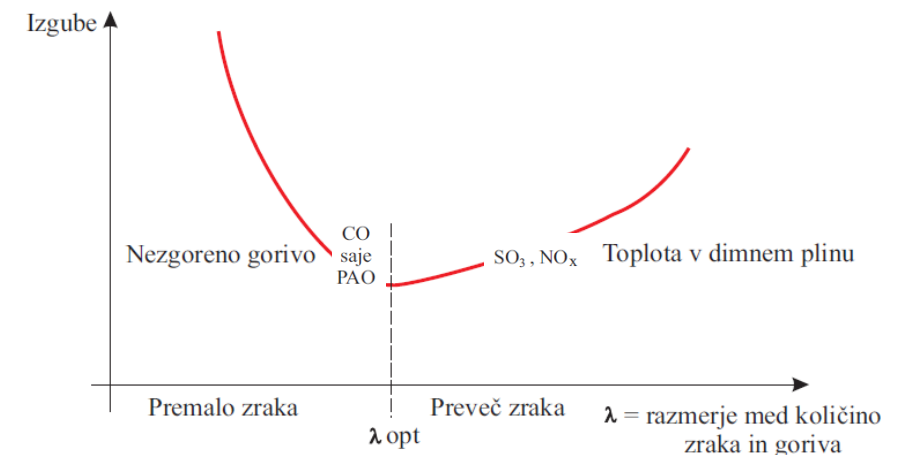
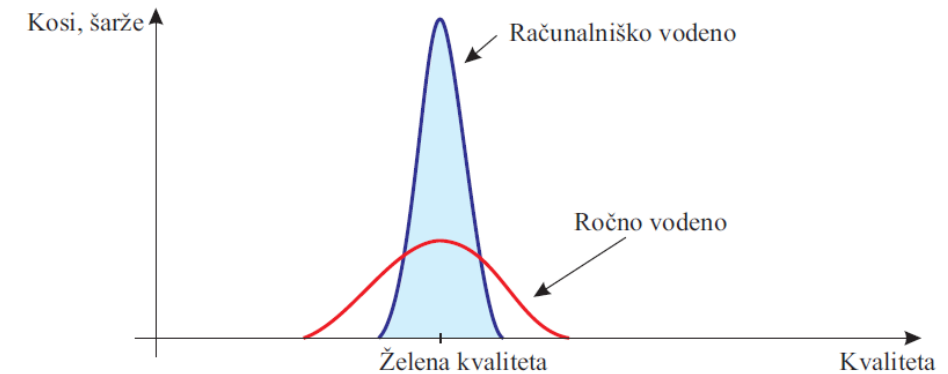
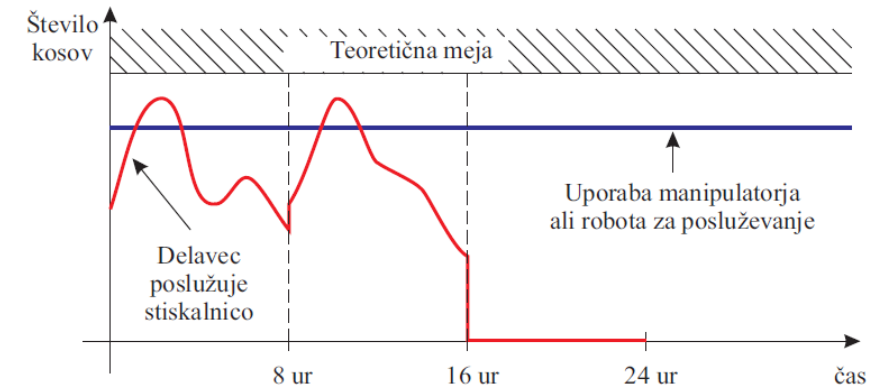
Ekološke izboljšave

Varčna raba surovin

- manj izmeta
- strojogradnja: tanjši profili, ...

Sociološke izboljšave

- boljši delovni pogoji
- manj monotono delo



Sistemi in procesi: delitev sistemov

naravni rezultat naravnega procesa <i>človek, galaksija</i>	umetni rezultat človeka <i>avto, šola</i>
fizični ureditev snovi, energije in prostora <i>žival, hiša</i>	konceptualni organizacija idej <i>načrt vezja, volilni sistem</i>
statični struktura brez aktivnosti <i>most, stol</i>	dinamični struktura z aktivnostmi <i>generator, ekonomija</i>
odprti velika interakcija z okoljem <i>rastlina, podjetje</i>	zaprti majhna interakcija z okoljem <i>ladja, samostan</i>
enostavni majhno število komponent, enostavne povezave <i>atom, molekula</i>	kompleksni veliko število komponent, zapletene povezave <i>človek, družba</i>

Sistemi in procesi: delitev procesov

Delitev glede na transformirani element

- Materialni procesi
 - Pretvorba snovi
- Energijski procesi
 - Pridobivanje in pretvorba energije
- Informacijski procesi
 - Obdelava, prenos, skladiščenje podatkov

Delitev glede na spremembo stanja

- Proizvodni procesi
 - Nastajanje snovi ali izdelka
- Distribucijski procesi
 - Posredovanje snovi, energije ali informacij iz enega na drugo mesto
- Skladiščni procesi
 - Skladiščenje snovi, energije ali informacij

Delitev glede na način predelave snovi

- Predelovalni procesi
 - fizikalno kemijska pretvorba snovi
- Izdelovalni procesi
 - prepogibanje, rezanje, sestavljanje

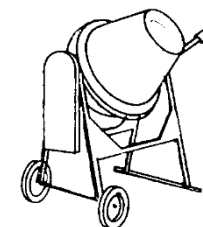
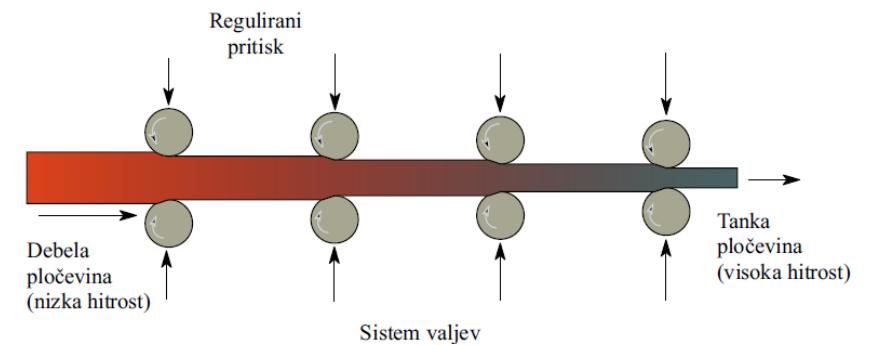
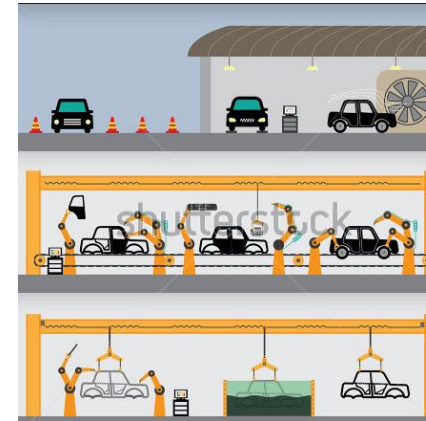
Sistemi in procesi

Delitev glede na tip procesnih spremenljivk

- Diskretni, kosovni, koračni

- Zvezni

- Paketni, šaržni



Sistemi in procesi

Delitev glede na tip procesnih spremenljivk

- Diskretni procesi
 - Nastopajo posamezni objekti, ki jih preoblikujemo, sestavljamo, transportiramo, skladiščimo, pri čemer ohranjajo svojo identiteto
 - Proizvodnja naprav iz sestavnih delov, pakiranje, skladiščenje
 - Proces lahko opišemo z
 - dobro definiranimi stanji in
 - jasnimi prehodi med njimi, ki jih prožijo razni dogodki
 - Diskretni procesi so običajno reverzibilni, ne pa monotoni
 - Sistem lahko vrnemo v prejšnje stanje, vendar ne vedno samo z umikom sprožitelja
 - Vračanje je večkrat mogoče samo preko več ostalih stanj
 - Primer: dvigalo se lahko vrne v pritličje, vendar ne tako, da spustimo gumb, s katerim smo ga poklicali
 - Diskretne procese lahko predstavimo kot končne avtomate
 - **Glavna naloga: krmiljenje** (ukazovanje)

Sistemi in procesi

Delitev glede na tip procesnih spremenljivk

- Zvezni procesi
 - Snov | energija | informacija se zvezno pretaka skozi proces
 - Proces deluje neprekinjeno, razen faze zagona, ustavitve, spremembe režima
 - Proizvodnja cementa, papirja, gumijevih profilov
 - **Glavna naloga: regulacija**
- Paketni procesi
 - Kombinacija zveznega in diskretnega postopka, ki sta zelo prepletena
 - Tipično zaporedje več zveznih procesov
 - Obdelava poteka na končni količini materiala imenovani paket, šarža, lot, ali angl. batch
 - Kemična industrija, farmacija, prehrambna industrija, gumarstvo
 - Polnjenje mešalnika, mešanje, praznjenje mešalnika
 - **Glavna naloga: krmiljenje (ukazovanje)**

Elementi vodenja

Cilji

- Naloga sistema, ki ga želimo voditi

Kriteriji - kvaliteta vodenja

- Hitrost, varnost, cena, užitek

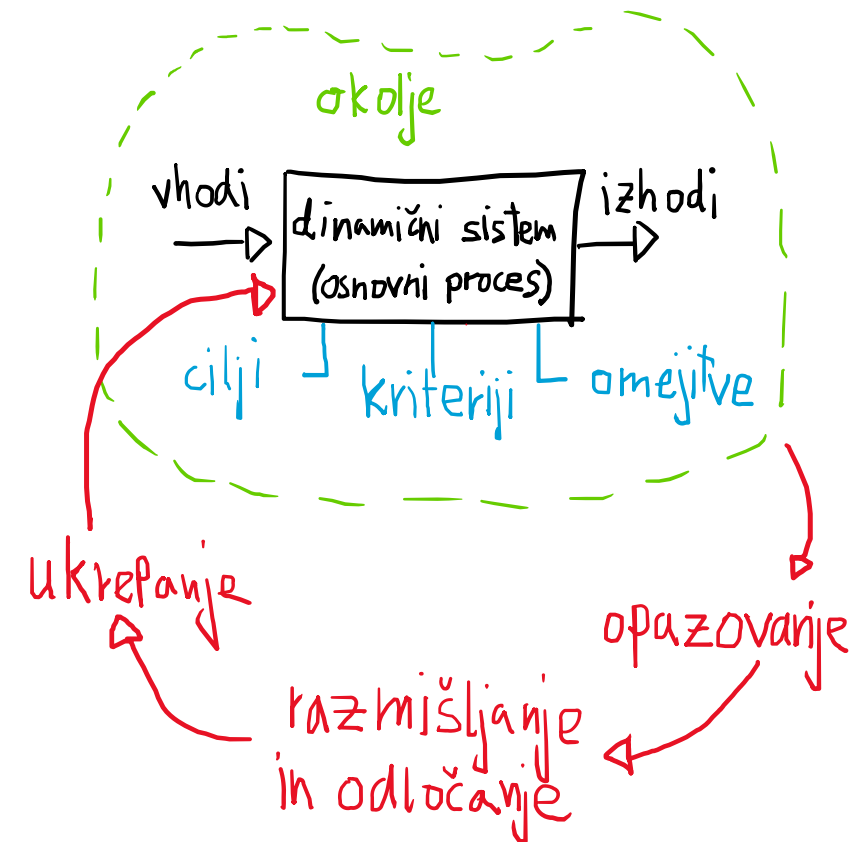
Omejitve

- Zunanje (predpisi, zahteve) in
- Notranje (zmogljivost sistema)

Opazovanje: pridobivanje informacij

Razmišljanje in odločanje: izbiranje ukrepov

Ukrepanje: načini in sredstva



Elementi vodenja

Opazovanje

- merilni sistem
- tipalo + merilni pretvornik
- standardizirani signali, vodila, protokoli

Razmišljanje in odločanje

- Algoritmi vodenja
- Primeri
 - mikro-krmilnik, vgrajeni sistemi
 - programirljivi logični krmilnik
 - industrijski regulator
 - danes zabrisana meja med krmilniki in regulatorji
 - procesni računalniki

Ukrepanje

- izvršni sistem
- aktuator + končni izvršni člen
- standardizirani signali, vodila, protokoli
- motorji, ventili, pnevmatski cilindri

Zgodovinski pregled

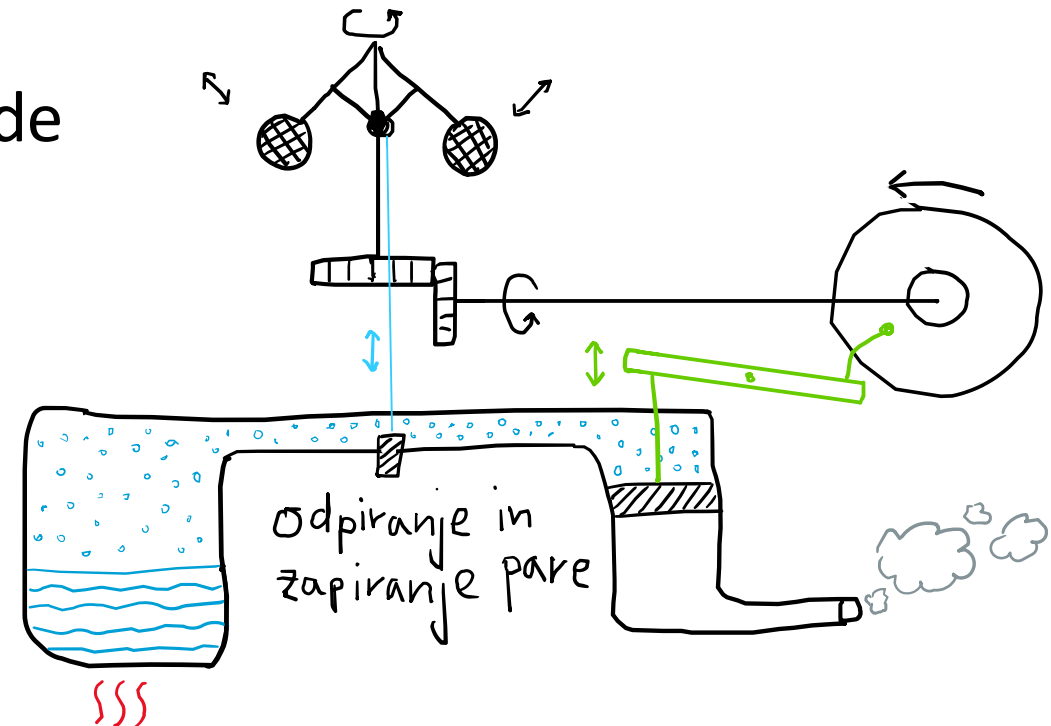
Vodenje je staro toliko, kot so stari dinamični tehniški sistemi

Drevak: vodenje opravlja človek

Antika: samodejno reguliranje pretoka vode (Ktezibijeva vodna ura "klepsidra")

Moderni začetki

- Avtomatska regulacija nivoja temperature v valilnici jajc (1620)
- Wattov centrifugalni regulator (1788)



Zgodovinski pregled

1800: koncept izmenjave delov v proizvodnji pušk

- Začetek masovne proizvodnje

1868: intuicija in izumi

- Maxwellov matematični opis centrifugalnega regulatorja
- Vyshnegradski: teorija regulatorjev

1913: avtomatska sestavljalnica avtomobilov, Ford

Do II. svetovne vojne

- ZDA: razvoj telefonskega sistema in elektronskih ojačevalcev, opis v frekvenčnem prostoru
- Povratno-zančni ojačevalniki (Bode), stabilnost sistemov (Nyquist)
- Rusija: opis v časovnem prostoru

II. Svetovna vojna

- Avtomatski piloti, balistični sistemi, radarska antena
- Vodenje postane svoja disciplina

Zgodovinski pregled

1960 – 1980

- Prvi procesni računalnik, Texaco, Port Arthur, ZDA, 1959
- Pojav prvih programirljivih robotov
- Razcvet teorije vodenja, diferencialne enačbe

1980 –

- Študij robustnih sistemov vodenja
- Poudarek na avtomatizaciji (stroški)
 - mikroprocesorji, mikroračunalniki, zamenjava analognih sistemov z digitalnimi
- Povratno-zančno vodenje v avtomobilih (1995)
- Razvoj elektronike in računalniške tehnologije
- Raziskovanje Marsa z avtonomnimi vozili

Hierarhija sistemov vodenja

V arhitekturi sistemov vodenja je zelo malo razlik kljub temu, da se aplikacije med seboj precej razlikujejo.

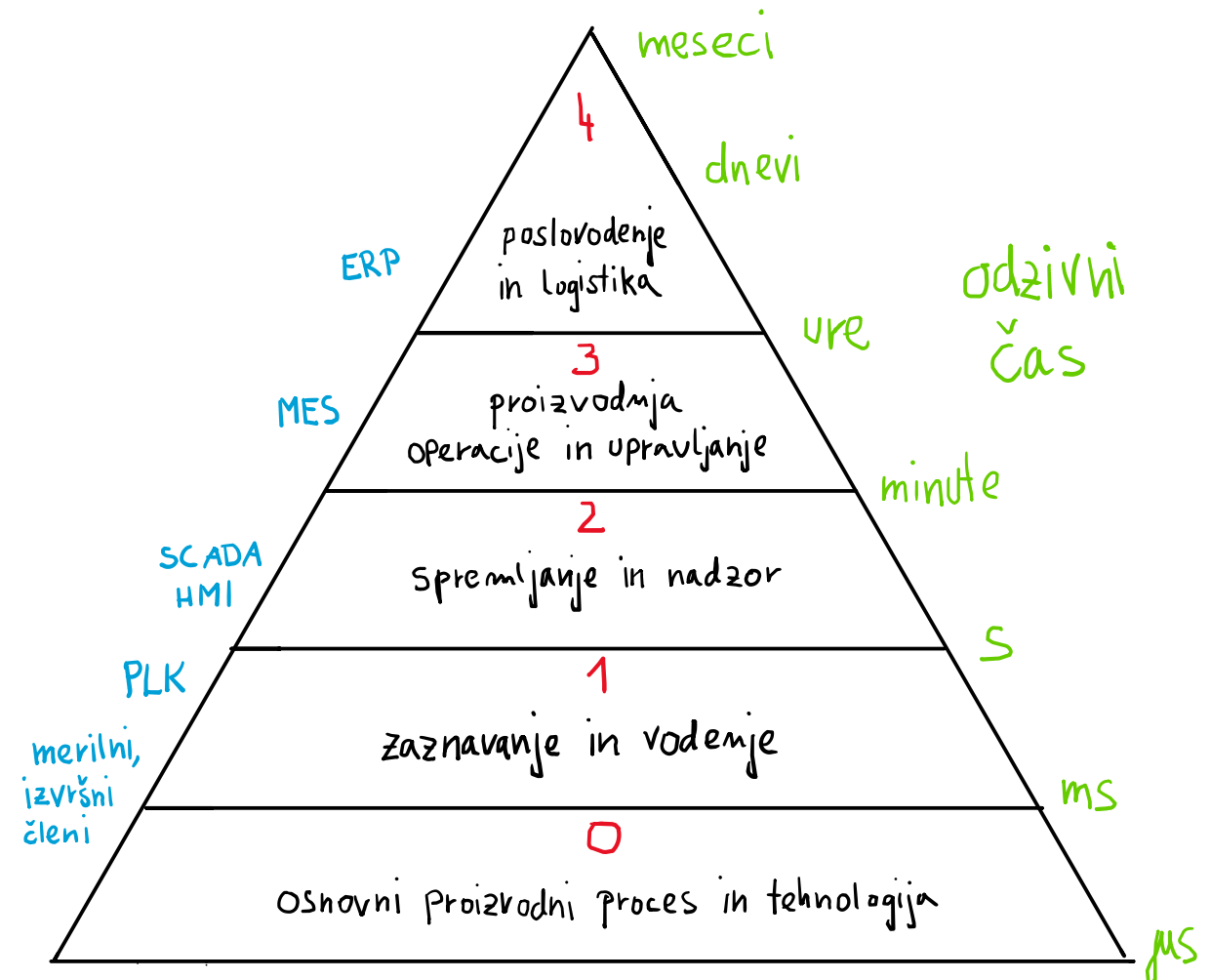
Razlogi, da se, na primer, sistem vodenja hidroelektrarne ne uporablja tudi za avtomatizacijo pivovarne, so predvsem v

- obstoječih povezavah med strankami in kupci
- posebnih zahtevah (eksplozijsko varna območja)
- predpisih (FDA, Federal Drug Administration)
- tradiciji

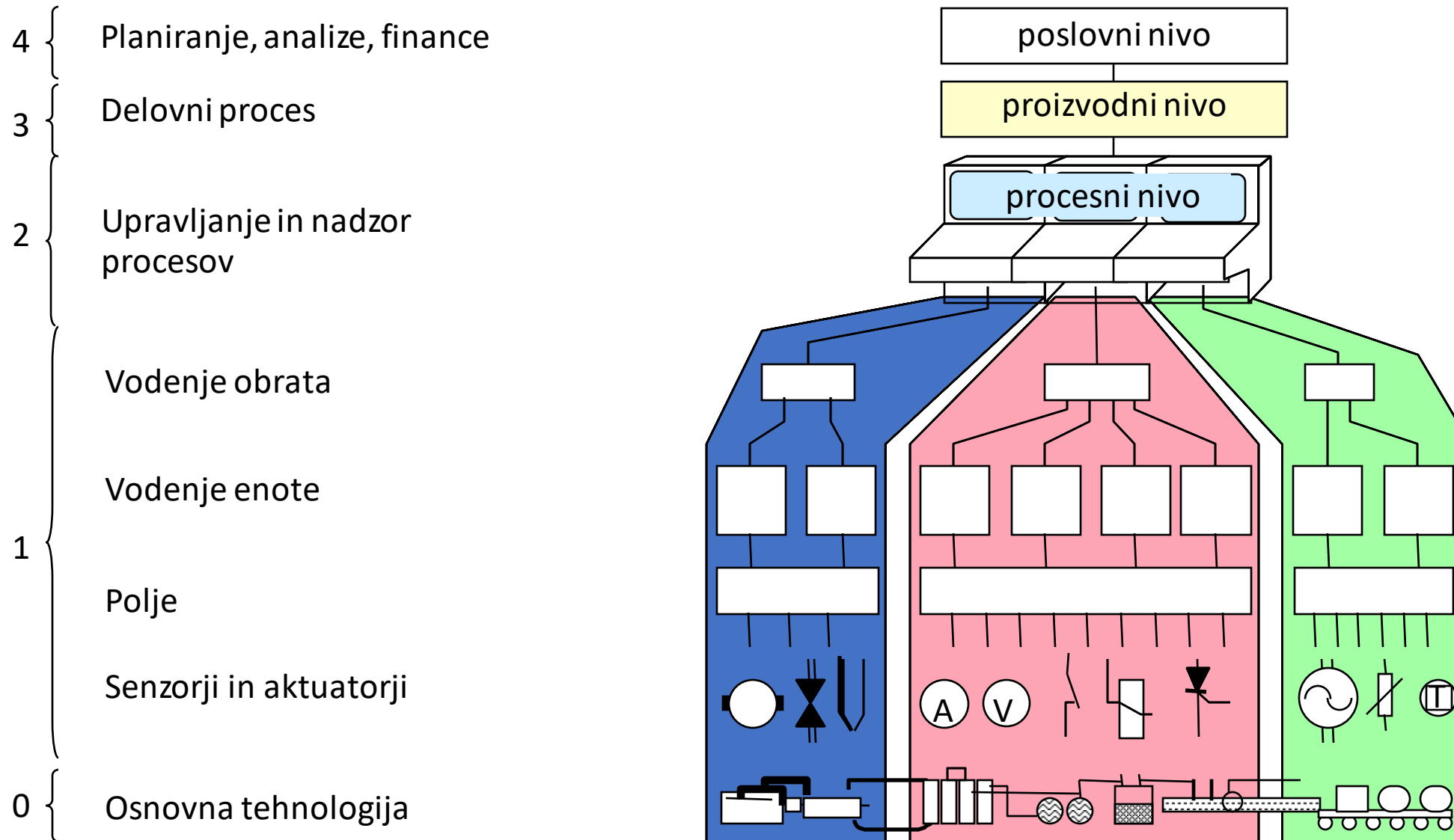
Hierarhija sistemov vodenja: standard ANSI/ISA 95

Integracija poslovnih informacijskih sistemov in sistemov vodenja

- Standard podaja terminologijo in dobro prakso za razvoj vmesnika
 - poenotena komunikacija med strankami in kupci
- Primeren za vse sisteme
- Dosledno navaja modele vodenja in funkcionalnosti posameznih aplikacij



Hierarhija sistemov vodenja: standard ANSI/ISA 95



Hierarhija sistemov vodenja

Zaznavanje in vodenje (plast 1)

- Senzorji in aktuatorji
 - Nameščeni na osnovno tehnologijo
- Polje
 - Zajemanje podatkov z merilnih členov
 - Digitalizacija, prenos podatkov
 - Aktivacija izvršnih členov
- Vodenje enote
 - Merjenje
 - vzorčenje, pretvorba, obdelava, nastavitve
 - Vodenje
 - krmiljenje in regulacija
 - Nastavljanje referenčnih vrednosti in parametrov
 - Zahteve:
 - upoštevanje zaporedja,
 - zaščita in zaklepanje (medsebojne odvisnosti)
- Vodenje obrata
 - Vodenje samostojnega dela sistema
 - Koordinacija posameznih enot
 - Nastavljanje referenčnih vrednosti in parametrov
 - Vodenje več enot kot celote

Spremljanje in nadzor (plast 2)

- Upravljanje in nadzor procesov,
- Zajemanje podatkov, vodenje dnevnika,
- Procesna podatkovna baza
- Optimizacija, sprotne operacije
- Nadzorna soba

Proizvodnja: operacije in upravljanje (plast 3)

- Upravljanje z viri (delovna sila, surovine, izdelki)
- Vodenje proizvodnje (razvrščanje opravil, skrb za delovni proces)
- Koordinacija aktivnosti na različnih lokacijah
- Nadzor kvalitete
- Vzdrževanje (preventivno, korektivno, napovedno)
- Skladiščenje

Poslovanje in logistika (plast 4)

- Strateško odločanje
- Nabava, prodaja
- Planiranje, analize, finance
- Kadri, pravna služba, dokumentiranje

Hierarhija sistemov vodenja: obdelava podatkov

Spodnje plasti (0 in 1)

- Veliko število enostavnih podatkov
- Procesiranje je trivialno
 - Nekoč izvedeno s strojno opremo,
 - Danes računalniško vodeno, razen varnostnih sistemov, pri vzdrževanju in zagonu
- Časovne zahteve v ospredju: hitra odzivnost – tipični časi 0,1 ms do 1 s

Spremljanje in nadzor (plast 2)

- Predstavitev kompleksnih podatkov operaterju
- Pomoč pri odločanju (ekspertni sistem) in vzdrževanju
- Poznavanje baze znanja in podatkovne baze sistema
- Odzivnost: 100 ms do minute

Višje plasti (3 in 4)

- Z dviganjem po hierarhiji vodenja imamo manjše število bolj kompleksnih podatkov (zbirna poročila)
- Procesiranje in odločanje je kompleksno (uporaba modelov)
- Vedno bolj ohlapne časovne zahteve (minute, ure, dnevi, meseci)

Vloga računalniških sistemov v vodenju

- Medsebojna integracija
- Zagotavljanje ažurnih in pravilnih informacij na plasti, med plastmi in pri komunikaciji z okolico
- Možnost spreminjanja sistema
- Zagotavljanje zanesljivega delovanja
- Možnost zasilnega delovanja
- Obvladovanje podatkov (varovanje, arhiviranje)

Zaznavanje in vodenje (plast 1)

- Zajemanje podatkov
- Predprocesiranje
- Krmiljenje in regulacije
- Prenos podatkov med operaterjem in sistemom
- Prikazovanje stanja procesa
- Beleženje dogodkov
- Zaščita in zaklepanje - preprečevanje nevarnih operacij

Vloga računalniških sistemov v vodenju

Primer delovnega procesa

- Poslovođenje
 - Sprejem naročila
 - Naročilo surovin
 - Prodaja izdelka
- Proizvodnja
 - Sprejem surovin
 - Vnos v bazo in izolacija,
 - Vzorčenje,
 - Sproščanje in skladiščenje
 - Proizvodnja
 - Prenos iz skladišča
 - Razporeditev na stroje
 - Nastavitev stroja
 - **Vodenje proizvodne linije**
 - Pakiranje
 - Skladiščenje (izolacija)
 - Pošiljanje
 - Vzorčenje in sproščanje
 - Prenos iz skladišča
 - Odprema