

# Automaatio- ja ohjausjärjestelmät

Kestävän kehityksen mahdollistajina

Outi Rask, [outi.rask@tuni.fi](mailto:outi.rask@tuni.fi)

31.5.2023

# Kuka?



- Outi Rask
- Automaatiotekniikan lisensiaatti
- Automaatiotekniikan lehtori, suuntautumisvastaava ja projektipäällikkö Tampereen ammattikorkeakoulussa
- Aiempi ura Tampereen teknillisessä yliopistossa (nyk. Tampereen yliopisto) tutkimus- ja opetustehtävissä automaatio- ja säätötekniikassa ja automaation tietotekniikassa
- Suomen Automaatioseura ry:n hallituksen puheenjohtaja

# Sisältö

## Automaatio- ja ohjausjärjestelmät lyhyesti

- Mitä ne ovat
- Tyypilliset järjestelmät
- Automaation ydin: säätöpiiri

## Kestävän kehityksen mahdollistajana

- Prosessien optimointi
- Käynnissäpito
- Energiatehokkuuden varmistaminen
- Jätteenhallinta ja kierrätys

# Automaatio- ja ohjausjärjestelmät



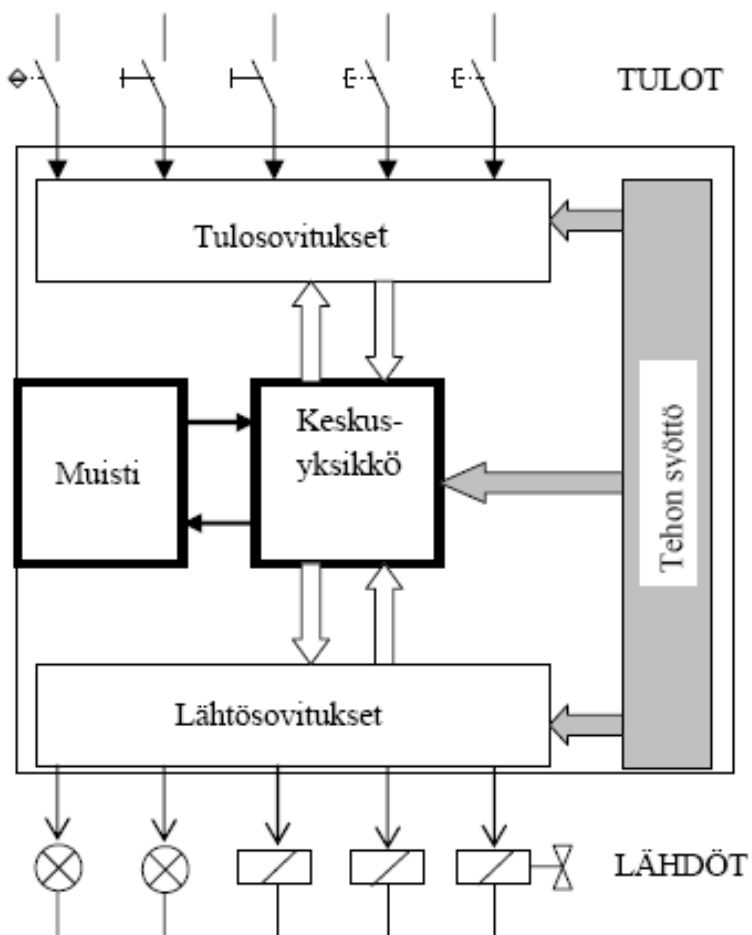
# Ohjelmoitavat logiikat eli PLC:t

- Mikroprosessoripohjaisia automaatiolaitteita, jotka sopivat suojausten ja ohjausten lisäksi hyvin myös SÄÄTÖÖN
- jaetaan usein pieniin kompakteihin ja suurempiin modulaarisiin
- modulaarisessa jännitelähde- ja prosessoriyksiköt sekä tarpeellinen määrä I/O-yksiköitä ja erikoisyksiköitä



Kuvat lainattu tuote-esitteistä  
<https://www.siemens.com/fi/fi.html>

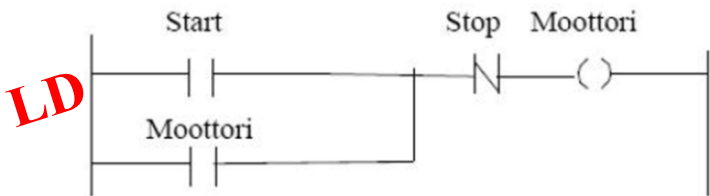
# PLC rakenne



## Muista:

- analogiasignaali:
  - Esim. lämpötilan mittaus, toiminta-alue anturilla 0...100 °C vastaa virtaviestiä 4...20 mA. 50 °C = 12 mA
  - Signaalin tarvitsema muistin määrä 16 bittiä eli sana
- digitaalisignaali/binäärisignaali
  - Esim. lampun ohjaus päälle ja pois, ts. ohjaussignaalilla kaksi arvoa 0 (esim. 4 mA) ja 1 (esim. 20 mA)
  - Muistista tarvitaan 1 bitti tilaa

# Esimerkkejä IEC61131-3 standardin mukaisista kielistä



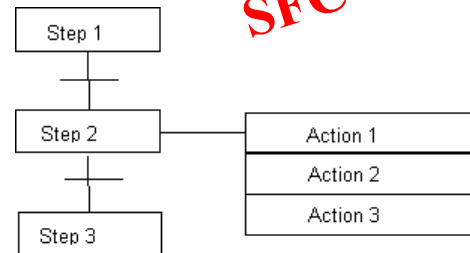
LD Start  
 OR Moottori  
 ANDN Stop  
 ST Moottori  
 21

IL

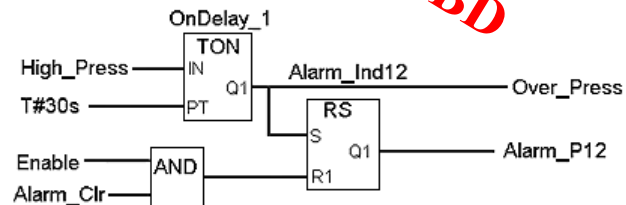
```

active = [0]; nwords = length(paragraph)
for w in range(1,nwords)
    # Check the feasibility of breaking after the word w
    print "Recent word:",w
    for a in active
        line = paragraph[a:w+1]
        if w == paragraph[nwords-1]
            badness = 0 # last line will be set perfect
        else
            badness = compute_badness(line)
            print "...Line:" ,line, "; Badness:" ,badness,
    if badness > pretolerance
        active.deactivate(a)
        print "Active point:",a,"deactivated"
    else
        # Compute the cost of breaking after w
        update_demerit(a,w,badness)
        active.append(w)
    
```

ST

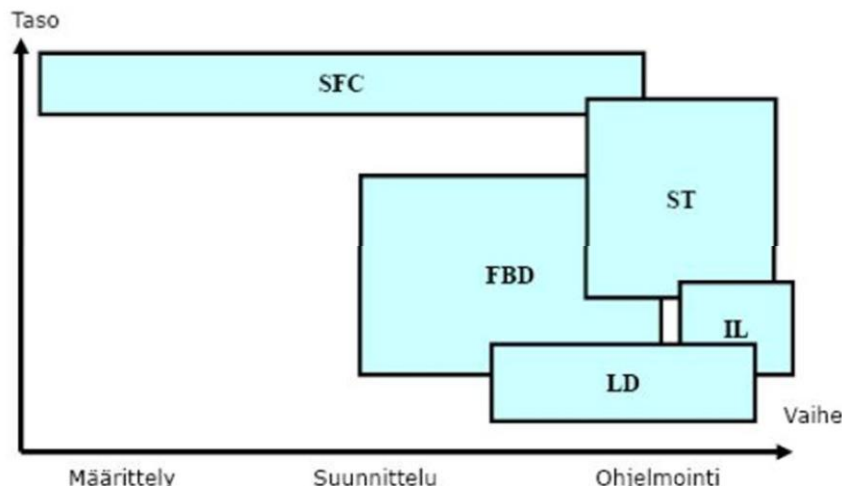


SFC



FBD

# Kielten soveltuvuudesta ja käyttökohteista





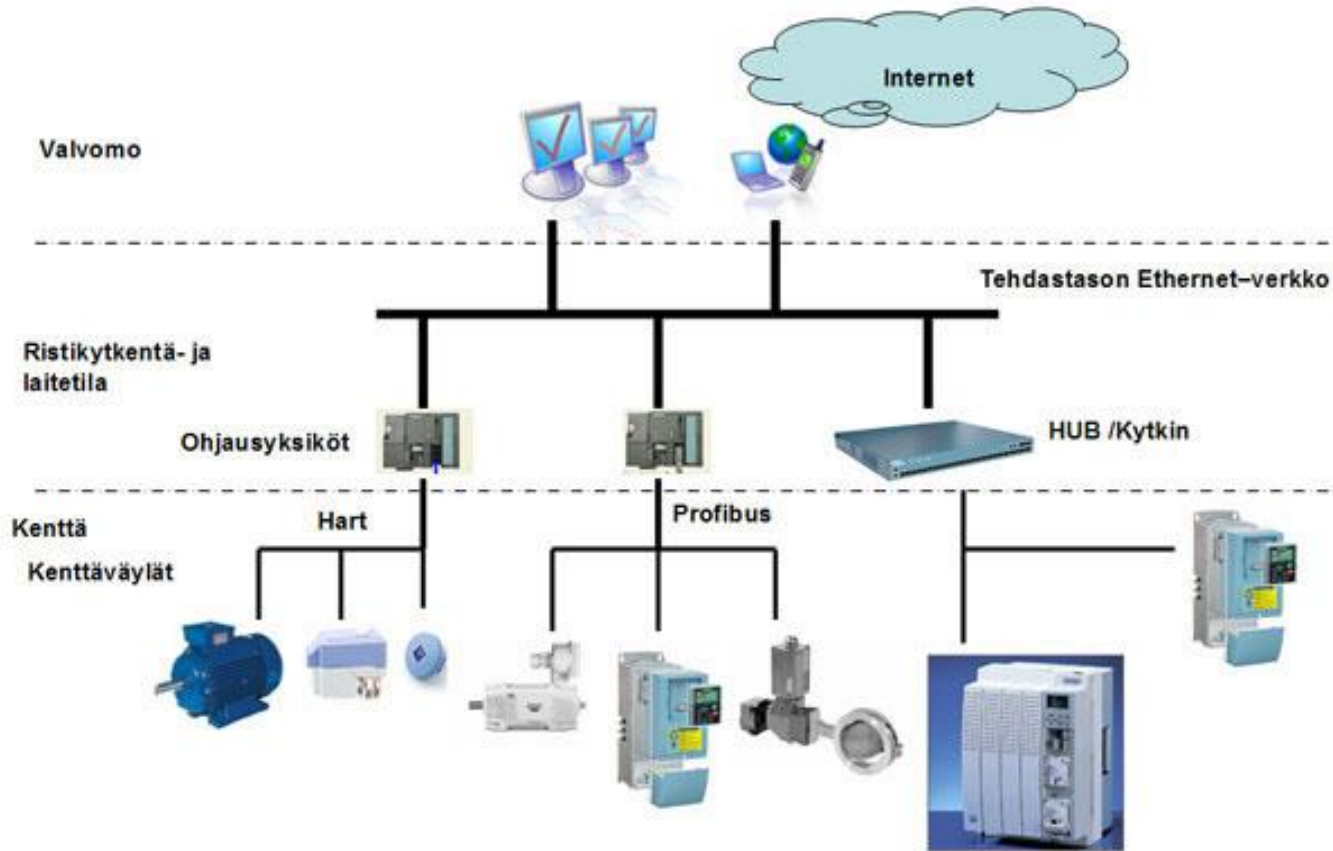
## Hajautetut automaatiojärjestelmät eli DCS:t

- Automaatiototeutus sisältää tulo- ja lähtöpiirejä, jotka sijaitsevat lähellä toimilaitteita
- Käytännössä kaikki valmistavan teollisuuden automaatiojärjestelmät ovat hajautettuja
- Usein ”avoimia” järjestelmiä



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Tyypillisen järjestelmän rakenne



Lähde:

[http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a2\\_automaatiojarjestelma.html](http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html)

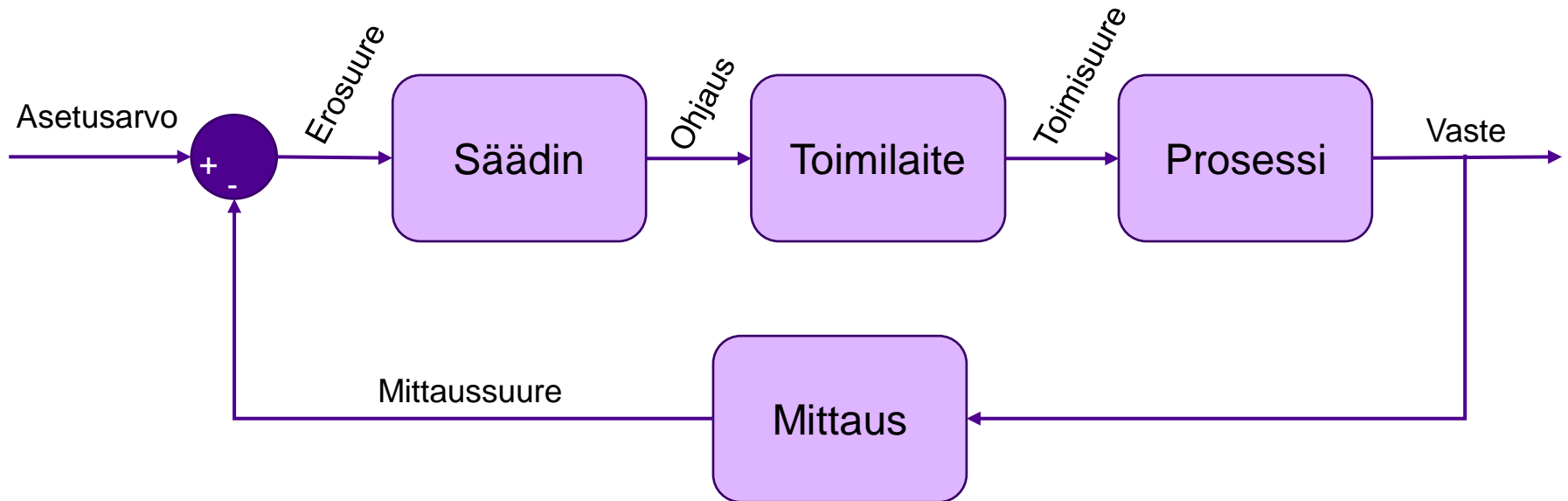
# DCS vai PLC?

- Aikoinaan tietokonepohjainen säätötekniikka lähti kulkemaan kahta erillistä kehityspolkua
  1. Diskreetti säätö → PLC
  2. Regulaatiivinen säätö → DCS
- Diskreetti tarkoittaa tässä portaittaista säätöä, mm. on-off-säädöt. Alun perin binäärisiä (1 tai 0) ohjauksia
  - Konetekniikan tarpeet
- Regulaatiivinen viittaa tässä portaattomaan hienompijakoiseen ohjauksen laskentaan
  - Prosessiteollisuuden tarpeet



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Automaation ydin: säätöpiiri



# Automaatio kestävän kehityksen mahdollistajana



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Missä kaikessa automaatio on mukana?

kodeissa  
jätteenkäsittelyssä energiantuotannossa  
raideliikenteessä liikenteessä lentoliikenteessä sähköjaketelussa  
autoissa vesihuollossa keittiöissä

# kaikessa

infrassa jätteenlajittelussa teollisuudessa  
kerrostaloissa työkaluissa  
rakennuksissa



# Prosessien ja koneiden toiminnan optimointi



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Mitä tarkoittaa prosessin optimointi?

- Teollisuusprosessien suorituskyvyn, energiankäytön ja resurssien käytön optimointia
- Käytännössä
  - Hallitaan tuotannon virtauksia
  - Tarkkaillaan ja säädetään lämpötiloja, paineita, virtauksia, pitoisuuksia...
  - Seurataan materiaalien/raaka-aineiden käyttöä
  - Pyritään välttämään hylkyä



# Miten prosesseja optimoidaan?

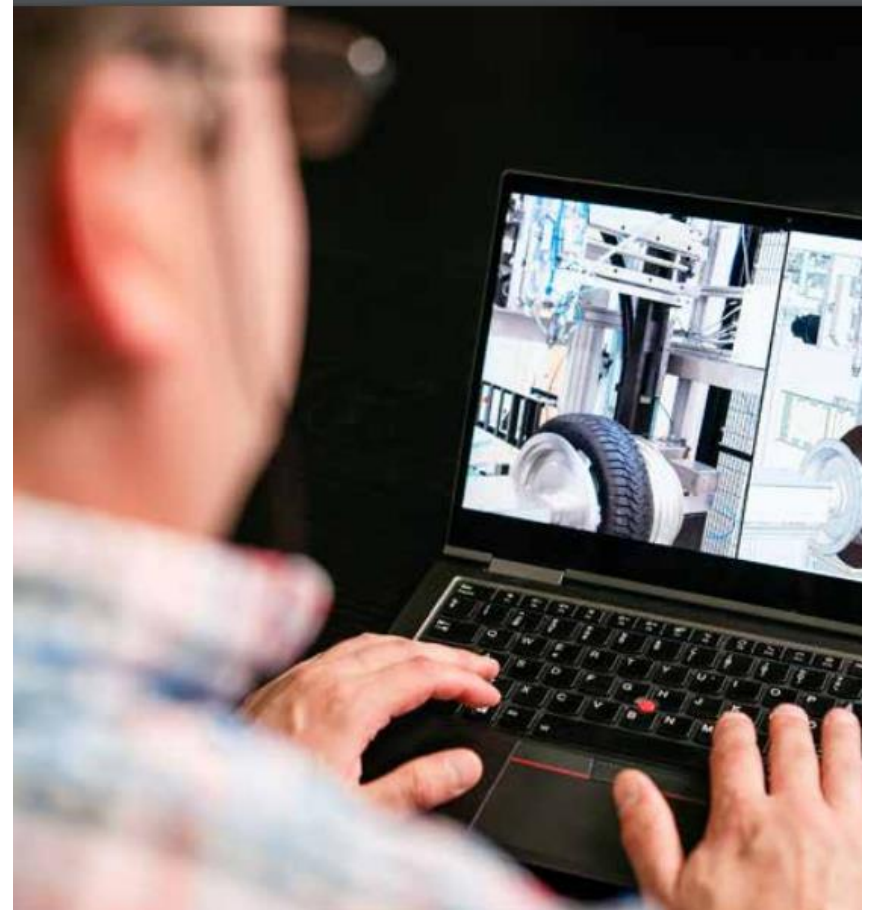
- Lyhyesti: säätötekniikan avulla
- Käytännössä
  - Valitaan säätöpiiriin tarkoitukseen sopiva säädin/säätöalgoritmi, yleisin PID-säätimen jokin variaatio
  - Valitun säätimen parametrit viritetään siten, että tuotanto toimii mahdollisimman optimaalisesti valittujen kriteerien mukaan. Kriteeri voi olla esim. energiatehokkuus, raaka-aineiden säästö, virhetuotannon minimointi tms.

# Voi olla myös

- Koneiden toiminnan ja tehokkuuden optimointia
  - Johon monesti myös liittyy paitsi toimintaprosessien tehostaminen niin myös säätötekniisten ratkaisujen parantaminen

# Esimerkki: A-Tekniikan nastoituskone

- A-Tekniikan nastoisukoneen tehokkuus viritettiin huippuunsa tuotekehitysprojektissa
  - Siemensin kanssa tehty projekti, jossa tehtiin täysautomatisoitu A-TEC 600 –nastoituskone
- A-Tekniikka Helsingissä vuonna 1986 perustettu yritys
  - Erikoistunut nopeisiin ja automaattisesti toimiviin nastoituskoneisiin (mm. nastoitusrobotit ja nastoituksen laadun tarkastuskoneet)
  - Suurin osa mailman nastarenkaista nastoitetaan heidän laitteillaan



Lähde: Österberg 2023

# Esimerkki: A-Tekniikan nastoituskone

- Laite skannaa renkaan, kuvantaa sen, tunnistaa reikien paikat ja lopuksi mittaa nastojen ulkonemat
  - Renkaassa jopa 200-300 nastaa → automatisoitu skannaus nopeuttaa ja helpottaa toimenpidettä merkittävästi
  - Pari nastaa sekunnissa ja tasainen laatu
- Laatu paranee ja luonto kiittää
  - Energiankulutusta pyrittiin minimoimaan
  - Nykyajan nastarengas kuluttaa tienpintaa huomattavasti vähemmän kuin joitain vuosia sitten
  - Pito renkaalla on parempi
  - Traficom säätelee ja valvoo nastoja ja nastarenkaita koskevia teknisiä vaatimuksia



Lähde: Österberg 2023

# Esimerkki: Pankaboardin jauhimet

- Pankaboardin kartonkitehdas Lieksassa asennutti Valmet MAP-selluanalysaattorin vuonna 2017
  - Tehostaa jauhinten ohjausta kartonkikoneiden eri massaseoksilla, joita on useita
- Jauhatuksella
  - parannetaan kuitujen sitomiskykyä, jotta ne muodostavat vahvan ja sileän paperiarkin
  - Parannetaan arkin suotautuvuuteen ja kuivumiseen



Lähde: Farrand 2018



# Esimerkki: Pankaboardin jauhimet

- Uudella järjestelmällä mitataan freeness-arvoa, joka on suodatuspotentiaalin pääasiallinen tunnusluku
  - Sen perusteella käyttäjät asettavat jauhatusvoimakkuuden sopivaksi
  - Vältetään ylimmän ja alimman paperikerroksen massaseosten liiallinen jauhatus, joka johtaa paitsi energiahukkaan myös tiiviimpään kuituverkkoon
  - Tiivis kuituverkko heikentää keskimmäisen kerroksen vedenpoistoa ja aiheuttaa rakkuloitumista ja delaminaatiota kuivaimessa
- Tärkein tavoite oli vähentää huonon suotautuvuuden aiheuttamia katkoja puhalluksessa
- Freenes-mittausjärjestelmään kuuluu
  - 12 automaattista näyttöä, joilla mitataan freeness-arvoa useista kohdista prosessia ja kartonkia
  - Automaattinen analysointilaite, joka antaa mittauspäivitykset järjestyksessä kaikista 12 pisteestä n. tunnissa
- Investointi maksaa itsensä takaisin kuukausissa



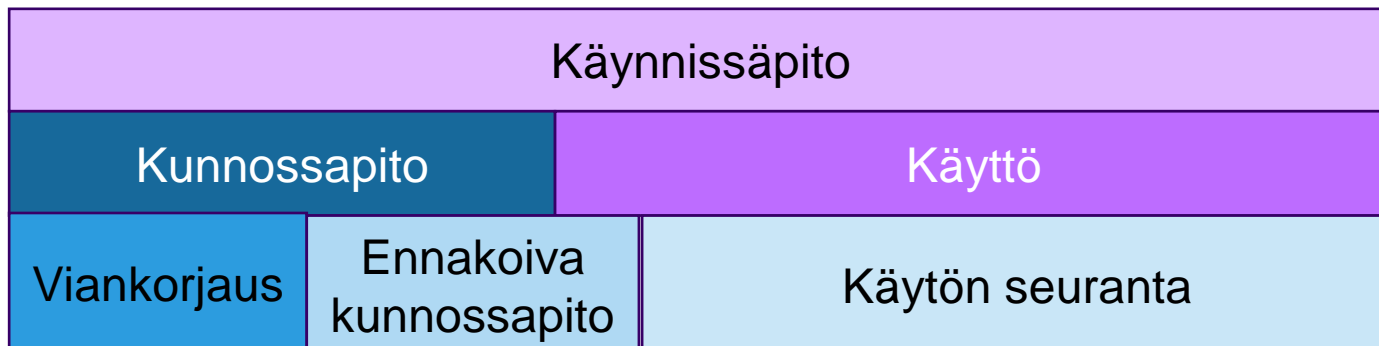
Lähde: Farrand 2018

# Käynnissäpito



# Mitä tarkoittaa käynnissäpito?

- Tuotantolaitteiston pitämistä käytössä mahdollisimman monta tuntia vuorokaudessa (ts. korkealla käyttöasteella)





# Miten edistää kestäväää kehitystä?

- Automaatio- ja etävalvontajärjestelmät mahdollistavat laitteiden ja prosessien jatkuvan seurannan ja analysoinnin etänä
  - Vähentää tarvetta manuaalisille tarkastuksille ja säännöllisille huoltotoimenpiteille → säästyy aikaa, resursseja ja energiaa
  - Etävalvonta voi havaita ongelmat tai vikatilanteet varhaisessa vaiheessa, jolloin niihin voidaan puuttua nopeammin

# Esimerkki: Fingridin digitaalinen kunnonvalvonta

- Kantaverkkoyhtiö Fingrid hallitsee Suomen sähkönsiirtojärjestelmän kantaverkkoa
- Kantaverkon digitaalinen kunnonvalvonta:
  - Turvataan kansalaisten sähkönsaanti kaikissa olosuhteissa
  - Tavoitteena havaita kehittyvät viat ajoissa
  - Hanke käynnistyi 2019 ja kattaa koko kantaverkon 2025
  - Kattaa 123 sähköasemaa, joissa 20 000 laitetta (muuntajia, kytkimiä ja erottimia)
  - Kokonaishinta 2,5-3,8 miljoonaa euroa



**Lähde:** Nortio 2023

## Esimerkki: Fingridin digitaalinen kunnonvalvonta

- Ongelmana tällä hetkellä häiriöiden erottaminen vikasingaaleista
  - Häiriöitä sähköaseman ulkopuolisista RFI-singaaleista, joita voi tulla mm. matkapuhelinliikenteestä tai auringonpurkauksista
  - Jokaisella asemalla useita antureita seuraamassa RFI-signaalia
    - → jos kaikki anturit antaa hälytyksen, on todennäköisesti kyse ulkopuolisesta häiriönlähteestä
    - → jos vain 1 havaitsee tai yksi havaitsee voimakkaampana kuin muut, on todennäköisesti kyse sähköverkossa olevasta viasta
- Kantaverkon reaaliaikainen valvontaa tehdään jatkuvasti 24/7, mutta kunnossapidossa antureiden tuottamaa data analysoidaan muutaman kerran viikossa
  - Raportit sähköasemakohtaisia
  - Havainnot hyvin harvoin ennakoivassa kunnossapidossa johtavat nopeisiin toimenpiteisiin

**Lähde:** Nortio 2023

# Energia- tehokkuuden varmistaminen



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Energiatehokkuuden varmistaminen

- Automaatiojärjestelmät optimoivat energiankulutusta teollisuusprosesseissa
  - Esim. sensorit ja älykkäät ohjausjärjestelmät voivat tarkkailla ja säätää laitteiden toimintaa reaaliaikaisesti  
→ energiaa käytetään vain oleelliseen ja tarvittava määrä
- Automaattiset valaistusjärjestelmät säätelevät valaistuksen voimakkuutta ja päälle/pois –tilaa tilojen käytön mukaan  
→ vähentää tarpeetonta sähkönkulutusta

# Esimerkki: Tanskalainen sähkölautta

- Ellen –lautta
  - Maailman suurin täysin sähköllä kulkeva lautta
    - 31 henkilöautoa tai 5 kuorma-autoa
    - 198 matkustajaa
  - Pisin kuljettu matka tähän asti yhdellä latauksella (92 km)
  - Akkujen kokonaiskapasiteetti 4,3 MWh
    - Käyttää tuuli- ja aurinkoenergiaa
- Valmet DNA automaatiojärjestelmä
  - Koneistovalvontajärjestelmä
    - Ohjataan ja valvotaan lautan koneistoa ja hälytyksiä
  - Hälytys- ja trenditietojen historiatiedonkeruuasema
    - Kerää Danfossin sähkönhallinta- ja klutusjärjestelmästä tietoja
  - Ohjataan ja valvotaan myös mm. valoja, aurinkoterassia ja ovia



Lähde: Städter 2023



## Esimerkki: Laitosautomaatio energiakonversion tukipilarina

- Energiamarkkinan myllerryksessä tarve tehokkaalle tuotanto- ja varastointiprosessien hallinnalle ja käytön optimoinnille kasvaa tulevaisuudessa

- Vedyn ja synteettisten polttoaineiden tuotanto tulee kasvamaan → tarvitaan toimiva ja **luotettava automaatiojärjestelmä** ohjaamaan nopeasti muuttuvia tilanteita

- Esimerkiksi veden elektrolyysiin pohjautuva vedyn tuotanto mahdollistaa erittäin nopean sähkönkulutuksen säädön ja polttokennoteknologia taas nopean sähkön tuottamisen

- Huomioiden vedyn ja siitä valmistettävien synteettisten polttoaineiden varastot, liki reaaliaikaiset akkuvarastot, lopputuotteiden opitimoitun jakelun ja kulutuksen sekä regulation mukaan muuttuvan toimintaympäristön, on käsissä melkoisen monimutkaisesti hallittava kokonaisuus



Lähde: Rinne ja Plit 2022

## Esimerkki: Laitosautomaatio energiakonversion tukipilarina

- Tarvitaan luotettava automaatiojärjestelmä, jolla kokonaisuutta voidaan hallita reaaliaikaisesti
- P2X Solutions rakentanut 2022 Suomen ensimmäisen vihreän vedyn ja synteettisen metaanin tuotantolaitoksen Harjavaltaan
  - Nimellinen sähköteho 20 MWh
  - Vuosittainen vedyn tuotantokapasiteetti n. 3000 tonnia (vastaa 250 vetykäyttöisen rekan vuosittaista kulutusta)
  - Tulevaisuuden tavoitteena rakentaa 1000 MW elektrolyysikapasiteettia vuoteen 2031 mennessä



Lähde: Rinne ja Plit 2022



## Esimerkki: Laitosautomaatio energiakonversion tukipilarina

- Turvallisuus ja päästöttömyys kaikessa tekemisessä
  - Vedyn monipuolisuuden toinen puoli on vetymolekyylin pieni koko ja erittäin korkea reaktiivisuus, mitkä aiheuttavat korkeat vaatimukset laitteistolle ja käytölle turvallisen toiminnan takaamiseksi
  - Vedylle olemassa värikoodit, kuten vihreä, sininen ja harmaa, joilla kuvataan vedyn tuotantomenetelmästä aiheuttamia ilmastopäästöjä
  - Tärkeintä on kuitenkin toteuttaa vihreää siirtymää päästöjä vähentämällä



Lähde: Rinne ja Plit 2022

Automaatiopalkinnon  
2023 voittaja!

# Esimerkki: PONSSE EV1

- Ponsse Oyj:n ja Epec Oy:n yhdessä kehittämä sähkökäyttöisen metsäkoneen teknologiakonsepti
- Kehitetty Ponssen kuormatraktoreiden suosituimman kokoluokan, 15 tonnin kuormankantokyvyn kuormatraktoriin
  - Täysin sähköinen voimalinja
  - Epec:n tehonjakoyksikkö
  - Epec:n voimalinjan ohjausyksikkö
  - Koneen ajovoimansiirto toimii pelkästään akuista saatavalla energialla
- Testaus ja kehitystyö jatkuu edelleen, mutta jo nyt on nähtävissä, että teknologialla saavutetaan selkeä polttoainekulutuksen alentuminen kyseisessä kokoluokassa.



Lähde: Suomen  
Automaatioseura 2023

# Jätteenhallinta ja kierrätys



Kuva: Craiyon v3, tekoälysovellus

# Automaation merkitys jätteiden käsittelyssä

- Automaatiojärjestelmiä käytetään jätteiden
  - **lajittelussa** mm. konenäön ja robottien avulla
  - **kierrätyksessä** mm. kierrätysprosessin ohjauksessa, jätteenpolttolaitoksen ohjauksessa, biomassan kompostoitumisen valvonnassa ja hallinnassa jne.
  - **uudelleenkäytössä** esimerkiksi metallien tai lasin osalta
- Järjestelmät voivat mm.
  - Tunnistaa ja erotella materiaaleja
  - Hallita jätteiden keräystä
  - Optimoida kierrätysprosesseja
- Näillä vähennetään todellisen jätteen määrää kun pystytään hyödyntämään resurssit tehokkaammin

## Esimerkki: Tarastenjärven hyötyvoimalaitos

- Poltetaan vuosittain 180 000 tonnia erilaisia jätelajeita
- Laitokseen ohjautuvat jätelajit punnitaan ja kirjataan Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksen vaaka-asemalla
  - Laitoksella jätelajit puretaan suljetun ja alipaineistetun vastaanottohallin kautta jätelajit bunkkeriin
  - Bunkkeri on varustettu erilaisilla turvajärjestelmillä, kuten automaattisella sammutusjärjestelmällä
  - Bunkkerin hyötytilavuus 9000 m<sup>3</sup>
- Energian talteenotto perustuu yhdistettyyn lämmön- ja sähköntuotantoprosessiin (CHP\*)
  - Kokonaishyötysuhde n. 85 %

**Lähde:** Tammervoima 2014



# Esimerkki: Tarastenjärven hyötyvoimalaitos



1. Vastaanottohalli  
2. Jätebunkkeri

3. Kahmarinosturit  
4. Arinakattila

5. Höyryturbiini  
6. Kuonabunkkeri

7. Savukaasunpuhdistus

*Kuva 1. Tammervoiman hyötyvoimalaitoksen pituuspoikkileikkaus.*

## Esimerkki: Tarastenjärven hyötyvoimalaitos

- Laitoksen käyntiä valvotaan ja ohjataan laitoksen valvomosta käyttöhenkilöstön toimesta 3-vuorotyönä
- Tarkkaillaan
  - palamisprosessin,
  - polttoaineiden käytön,
  - puhdistuslaitteiden toiminnan JA
  - päästöjen osalta
- Valvontaa ja ohjausta tehdään automaatiojärjestelmällä
- Kerätään mm. dataa käynnistyksistä, merkittävistä käyttötapahumista, käyttöhäiriöistä ja pysäytyksistä

**Lähde:** Tammervoima 2014

# Lähteet

- Craiyon v3, tekoälysovellus kuvien piirtoon, <https://www.craiyon.com/>
- Farrand, Nigel. Jatkuvaa optimointia jauhatuksessa. Automaatioväylä 6/2018, s. 10-11. [https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4836/automaatiovayla\\_6\\_2018.pdf](https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4836/automaatiovayla_6_2018.pdf)
- Nortio, Jukka. Miljardihanke turvaa sähkönsaannin. Automaatioväylä 2/2023, s. 8-11. [https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4772/automaatiovayla\\_2\\_2023.pdf](https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4772/automaatiovayla_2_2023.pdf)
- Opetushallitus, [http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a2\\_automaatiojarjestelma.html](http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html)
- Rinne, Tuomo ja Plit, Herkko. Laitosautomaatio energiakonversion tukipilarina. Automaatioväylä 5/2022, s. 14-15. <https://www.automaatiovayla.fi/verkkolehdet/2022-05/#/article/14/page/1-1>
- Siemens verkkosivut, <https://www.siemens.com/fi/fi.html>
- Städter, Soili. Tanskalainen sähkölautta luottaa Valmetin automaatioon. Automaatioväylä 3/2023, s. 14-15. <https://www.automaatiovayla.fi/artikkelit/tanskalainen-sahkolautta-luottaa-valmetin-automaatioon/>
- Suomen Automaatioseura. Automaatioseuran Automaatiopalkinnon voittaja 2023 on sähköinen kuormatraktorikonsepti PONSSE EV1. Tekniikka & Talous, 26.4.2023. <https://www.tekniikkatalous.fi/kumppanisisallot/automaatioseura/automaatiopalkinnon-voittaja-2023-on-sahkoinen-kuormatraktorikonsepti-ponsse-ev1/>
- Tammervoima Oy. Tarastenjärven hyötyvoimalaitoksen tarkkailusuunnitelma. 31.12.2014. <https://tammervoima.fi/wp-content/uploads/2020/10/TaVon-tarkkailusuunnitelma-311214.pdf>
- Österberg, Onerva. Nastat renkasiin ennätystahtiin. Automaatioväylä 1/2023, s. 16-17. [https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4619/automaatiovayla\\_1\\_2023.pdf](https://www.automaatiovayla.fi/site/assets/files/4619/automaatiovayla_1_2023.pdf)