

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistalenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Rask, O., Seppälä, J. & Salmenperä, M. (2021) Projektioppiminen automaatiosuunnittelussa. Automaatiopäivät24, 13-14 April 2021, Virtual Event. Proceedings - seminaarijulkaisut, ISBN: 13 978-952-5183-59-7, Organizing Committee Chair and Editor: David Hästbacka, Finland © 2021 Suomen Automaatioseura ry - Finnish Society of Automation, ISSN: 1455-6502.

Outi Rask*, Jari Seppälä ja Mikko Salmenperä

Projektioppiminen automaatio suunnittelussa

Tiivistelmä: Hajautettujen automaatiojärjestelmien olemus on muuttunut viimeisten vuosikymmenten aikana uusien älykkäiden kenttälaitteiden ja väyläratkaisujen tuodessa niihin entistä enemmän hajautusta. Laajeneva teknologinen paletti ja sen omaksuminen tutkintoon johtavissa opinnoissa vaatii käytännön projekteja. Tässä artikkelissa kerrotaan TUNI-korkeakouluyhteisön Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) ja Tampereen yliopiston (TAU) automaatiokoulutusten laboratoriotilojen yhteiskäytöstä yhden harjoituscasen kehityskaaren kautta.

Avainsanat: automaatiokoulutus, hajautettu automaatiojärjestelmä, projektioppiminen, haastelähtöinen oppiminen

***Vastuullinen kirjoittaja: Outi Rask:** Tampereen ammattikorkeakoulu, E-mail: outi.rask@tuni.fi

Jari Seppälä: Tampereen yliopisto, E-mail: jari.seppala@tuni.fi

Mikko Salmenperä: Tampereen yliopisto, E-mail: mikko.salmenpera@tuni.fi

1 Johdanto

Hajautettujen automaatiojärjestelmien olemus on muuttunut viimeisten vuosikymmenten aikana uusien älykkäiden kenttälaitteiden ja väyläratkaisujen tuodessa niihin entistä enemmän hajautusta. Lisäksi ohjelmistosuunnittelun, ohjelmoinnin ja tietoturvan osaamisen tarve on lisääntynyt merkittävästi. Tämä on osaltaan aiheuttanut muutostarpeita automaatioalan koulutukseen alan oppilaitoksissa.

Laajeneva teknologinen paletti ja sen omaksuminen tutkintoon johtavissa opinnoissa vaatii käytännön projekteja, joissa eri teoriaopintojaksoilla läpikäydyt teknologian osa-alueet (ohjelmointi, automaatiojärjestelmät, mittalaitteet ja instrumentit ml. älykkäät laitteet, älykkyyden hajauttaminen, väylätekniikat...) löytävät paikkansa mahdollisimman autenttisessa oppimisympäristössä.

Tässä artikkelissa esitellään Tampereen yliopiston ja Tampereen ammattikorkeakoulun automaatioalan

koulutuksen yhteistyötä yhdenlaisen esimerkin kautta ja AMK-opiskelijoiden koulutuksen näkökulmasta.

2 Taustaselvitys

Laboratoriotyöskentelyssä on kyse aina projektityöskentelystä ja haasteellisten tilanteiden ratkaisusta. Projektityöskentelyyn perustuva opetusmenetelmää kutsutaan project-based learning-nimellä (PBL) [1]. Tämä menetelmä on ollut 2010-luvulla merkittävässä asemassa erilaisessa oppimisessä, mutta erityisesti sitä on hyödynnetty tekniikan alan koulutuksissa. Sen on todettu tuovan toivottua motivaatiota opiskeluun käytännönläheisyytensä ansioista [2][3].

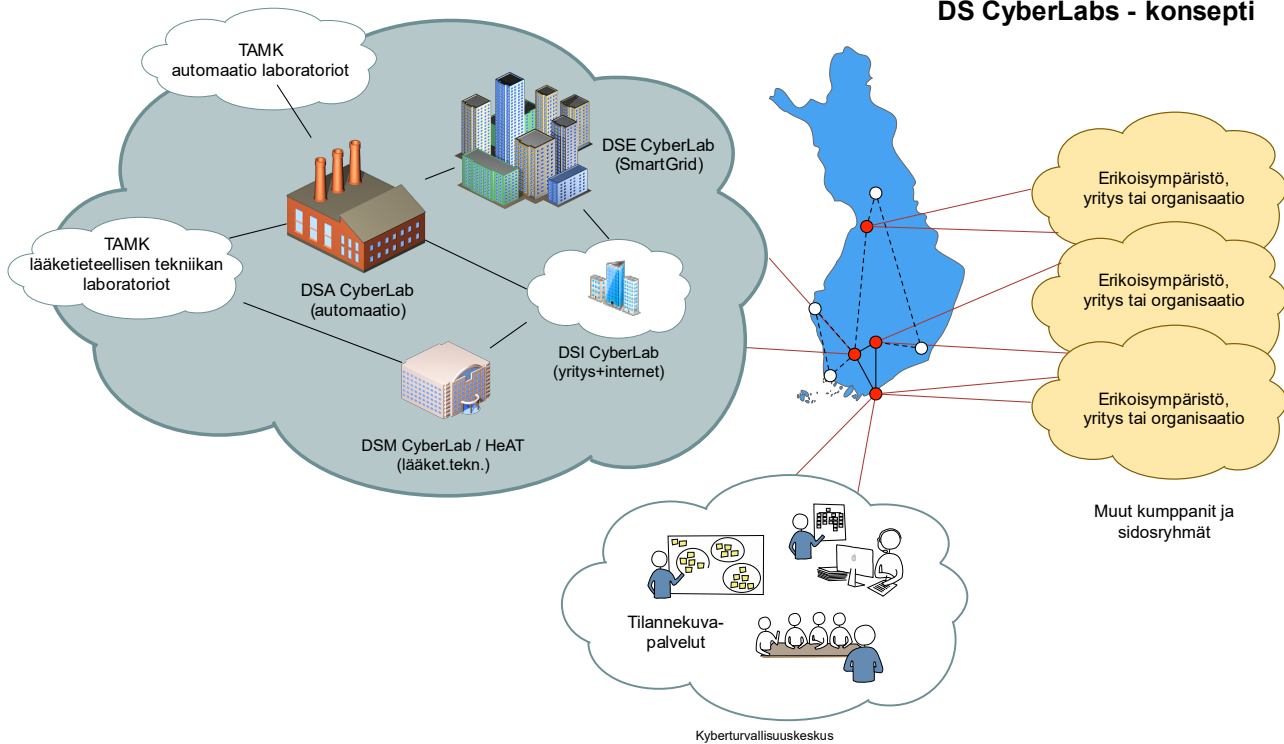
Toinen merkittävä opetus- ja oppimismenetelmä 2010-luvun laboratorio-opetuksissa on haastelähtöinen oppiminen, joka omaa hieman samantyyppisiä piirteitä, kun 1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa paljon käytetyssä ongelma-perustainen oppiminen oli. [4]

3 Projektityöskentely-ympäristö

Tampereen yliopiston Hervannan kampuksella on vuodesta 2013 alkaen kehitetty CyberLabs-nimistä kriittisen infrastruktuurin verkostoa tutkimuksen ja opetuksen käyttöön. Verkosto koostuu useiden tiedekuntien kyberturvallisuuteen liittyvistä laboratorioista ja niissä olevista laitteistoista. Erillisten ympäristöjen muuttuminen hiljalleen nykyiseksi kokonaisuudeksi sai merkittävän sysäyksen vuonna 2014 Suomen Akatemian FIRI-rahoituksen turvin, jonka seurauksena tuolloiseen Tampereen teknilliseen yliopistoon perustettiin TUTCyberLabs-kokonaisuus.

Työ Tampereen korkeakoulukonsernin laajuisesti alustaksi aloitettiin jo Tampere3-yhdistämisen suunnitteluajana ja se on realisoitunut 2019 keväällä Dependable Systems (DS) -yhteistyön julkistamiseen [5][6]. Eräs yhteistyön ilmentymä on Dependable Systems CyberLabs -verkosto (kuvat 1 ja 3). Tässä artikkelissa keskitytään automaation ja konetekniikan yksikön laboratoriossa (Dependable Systems Automation CyberLab) sijaitsevan tislaukskolonnin käyttöön TAMK:n neljännen vuoden automaatiotekniikan opiskelijoiden projektityyppiseen opiskeluun.

DS CyberLabs - konsepti



Kuva 1. DSACyberLab ja sen kytkentä kansallisiin toimijoihin. Laboratorioiden väliin (harmaa pilvi) on rakennettu teollisuusverkko, joka on rakenteeltaan samanlainen kuin teollisuuslaitoksissa käytettävät verkot ja tarjoaa samat kyvykkyudet aina laitetason automaation tietoliikennetoteutuksista yritysjärjestelmien palveluihin. Yhteys TAMKin automaatiotekniikan laboratorioihin on parhaillaan valmisteilla KyLÄ-hankkeen [8] puitteissa.

Dependable Systems CyberLabs

Dependable Systems CyberLabs on Tampereen korkeakoulu yhteisön laboratorioiden verkosto, jonka tavoitteena on tarjota ketterästi hallintoitu ja tarpeisiin mukautuva kokonaisuus, joka mahdollistaa erityisesti toimialakohtaisen kyberturvallisuusopetuksen ja tutkimuksen. Tällä hetkellä verkostoon kuuluu perinteisen tietoturvatutkimuksen ympäristöjen lisäksi automaation, sähkötekniikan ja lääketieteellisen tekniikan laboratoriot.

Käyttötapaukset kattavat niin toimialakohtaisen perusopetuksen kuin kriittisen infrastruktuurin kyberturvallisuuteen liittyvän harjoittelun, opetuksen ja kehittämisen. Ydintavoitteena on yhdistää toimialaosaajat tietoturvaosaajiin ja päinvastoin, koska kyberturvallisuus on käytännössä aina toimialaan sovellettua ja toimialan erityispiirteiden huomioivaa tietoturvaosaamista.

Ympäristön kehittämiseksi erityisesti PK-sektoria ja Pirkanmaan yrityksiä palvelevaksi on tehty jo päättyneessä ESR-rahoitteisessa Kyberturvaaja-hankkeessa [7] sekä kehitetään edelleen loppuvuodesta 2020 alkaneessa ESR-rahoitteisessa KyLÄ-hankkeessa [8]. Tavoitteena on luoda sidosryhmien toimintaa palvelevat mallit ja konseptit, jotka ottavat huomioon sekä asiakkaiden tukitarpeet kyberturvallisten tuotteiden ja palveluiden

kehittämiseksi että korkeakoulukonsernin lakisäätöiset tehtävät.

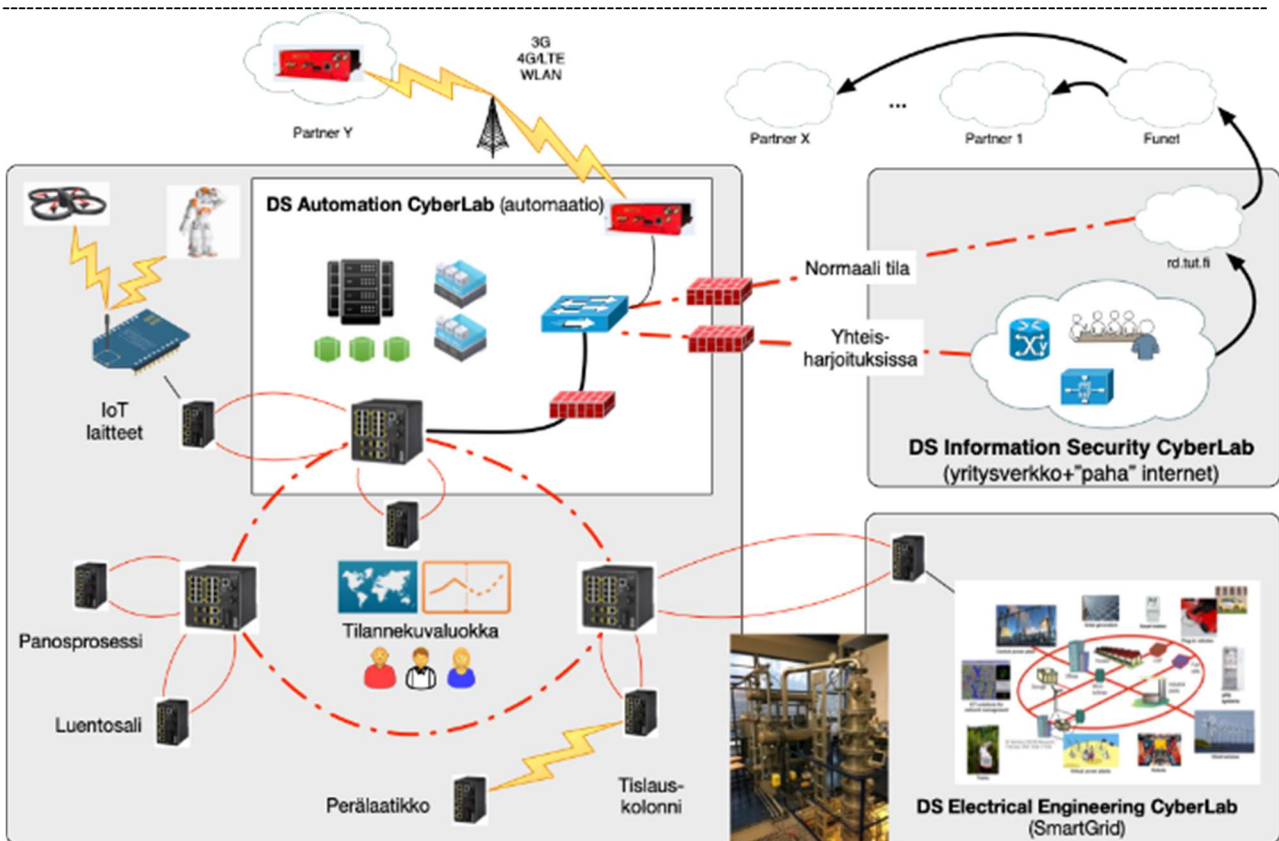
Tampereen yliopiston tislaukolonni

Tampereen yliopiston Hervannan kampuksella sijaitseva tislaukolonni (kuva 2) on yli 30 vuotta palvellut opetus- ja tutkimuskäytössä automaatioalan opiskelijoita ja tutkijoita. Viimeisen 10 vuoden aikana sen automaatiojärjestelmää, laitteita ja väyläratkaisuja on uudistettu merkittävästi.



Kuva 2. TAMKin 4. vuoden opiskelijoita työskentelemässä TAU:n tislaukolonnilaboratoriossa Hervannassa.

Kolonnilaitteisto muodostuu kolonnista, säiliöistä, lämmönsiirtimistä, putkistoista, pumpuista, venttiileistä, lauhteenpoistimista ja höyrykehittimestä. Kolonnitornin korkeus on 5,7 m ja



Kuva 3. DSACyberLab ja yhteydet muihin CyberLabs-verkoston laboratorioihin.

halkaisija 0,3 m. Torni muodostuu 12 kellovälipohjasta, jotka tehostavat tislausprosessin toimintaa parantamalla erottelukykyä. Kolonniin syötetään liuosta kahdesta 1 m³:n syöttösäiliöstä, joissa on noin 30-40 % vesi-etanoli-liuosta. Lopputuote syötetään kolonnin huipulta lauhduttumien kautta tisesäiliöön. Kolonnin pohjalta ylimääräiset nesteet ohjataan puolestaan alitesäiliöön.

Kyseessä on binääritislausprosessi [10], jossa raaka-aineena olevasta vesi-etanoli-liuoksesta on tarkoitus erotella etanoli ja vesi omiin säiliöihinsä. Vastaavia prosesseja käytetään mm. petrokemianteollisuudessa.

Kolonniissa ohjataan säätöventtiilien avulla ainevirtauksia, jotka vaikuttavat haluttuihin suureisiin: paineisiin, pitoisuuksiin, lämpötiloihin ja ainetaseisiin. Säätöjen toteuttamiseen tarvitaan prosessista mainittua informaatiota: lämpötiloja, pinnankorkeuksia, paineita, pitoisuuksia ja virtauksia. Säädön tavoitteena on halutunlaisen ja laadukkaan lopputuotteen saavuttaminen.

Tislausprosessi on epälineaarinen monimuuttujaprosessi, jossa on voimakkaita ristikkäisvaikutuksia. Tämä tekee ympäristöstä erinomaisen harjoitusympäristön sekä käytännönläheisiin ammattikorkeakouluopintoihin että teoreettisempiin yliopisto-opintoihin. Harjoituksia voidaan helposti myös varioida eri vaiheessa opintoja oleville opiskelijoille sopiviksi. Ympäristössä voidaan

mm. tehdä konfigurointiharjoituksia, tutkia kentälaitteita ja niiden toimintaa, harjoitella prosessin ohjausta ja häiriöiden kompensointia myötä- ja takaisinkytkennöillä sekä tutkia säätöteknisiä teorioita käytännössä.

4 Projektien kehityskaari

Tampereen ammattikorkeakoulun automaatioalan 4. vuosikurssin opiskelijat ovat vierailleet tislauslaboratoriossa tekemässä harjoituksia osana aineopintoihinsa kuuluvaa 5 opintopisteen laajuista opintojaksoa. Tutkimusaineistona on tässä käytetty opiskelijoilta kerättyä suullista ja kirjallista palautetta sekä opettajan muistiinpanoja eri toteutuksilta vuosilta 2015-2019. Vuonna 2020 laboratorio oli suljettu Covid-19 -pandemian vuoksi.

Ensimmäinen versio konseptista

Ensimmäisessä konseptissa ei vielä voinut varsinaisesti puhua konseptista eikä projektistakaan. Harjoitukset tehtiin isoissa n. 10 hengen ryhmissä ja ne kestivät 8 oppituntia. Ryhmä saapui tislauslaboratorioon tutustuttuaan ensin joihinkin laboratorion laitteistoihin liittyviin dokumentteihin. Heille oli etukäteen annettu tutkittaviksi prosessin toiminnallinen kuvaus, PI-kaavio sekä järjestelmäkaavio ja joitain piirroksia kenttäkaapeista.

Toteutuksen aiemmillä oppitunneilla opiskelijat olivat opiskelleet järjestelmäkaavioiden tekemistä, instrumenttipiirikaavioita, moottoripiirikaavioita sekä hajautetun automaatiojärjestelmän sovellussuunnittelua. Varsinaisten esiselostustehtävien puuttuessa vain osa opiskelijoista oli valmistautunut labraan tullessa tutustumalla annettuihin materiaaleihin. Tämä hidasti harjoituksen aloitusta.

Harjoituksen alussa tutustuttiin prosessilaitteistoon ja prosessin kulkuun opettajan ohjauksessa. Tämän jälkeen puolet opiskelijoista alkoivat tutkia prosessilaitteistoa tarkemmin ja selvittämään, miten viestit kulkevat kentältä järjestelmään. Toinen puoli ryhmästä tutustui automaatiosovelluksen toteutukseen ja yrittivät ymmärtää, miten se on toteutettu ja millainen rakenne ohjelmassa on.

Kun nämä asiat oli selvitetty, tutustuttiin järjestelmän ylösajoon ja prosessin ohjaukseen. Tehtävänä oli ohjata prosessia ja miettiä miten saadaan 80% etanolia tisesäiliöön. Harjoituksen lopussa opiskelijat ensin selvittivät, miten prosessi ajetaan hallitusti alas ja toteuttivat alasajon opettajan valvonnassa.

Palaute opiskelijoilta oli tästä harjoituksesta lähestulkoon pelkästään positiivista. Opiskelijat kokivat konkreettisen harjoituksen mielekkääksi. He kokivat oppineensa toteutuksen muista osioista harjoituksen ansioista paljon enemmän.

Negatiivisena palautteena tuli selkeä viesti siitä, että ryhmäkoko oli liian suuri eikä kaikille riittänyt mielekästä tekemistä koko päiväksi. Lisäksi koettiin, että harjoitus olisi voinut olla jakautunut useammalle päivälle siten, että välissä olisi päässyt valmistautumaan rauhasa seuraaviin vaiheisiin. Lisäksi osalla heräsi mielenkiinto päästä itse tekemään ohjaussovellusta järjestelmään ja testata sen toimivuutta oikeassa ympäristössä.

Toinen versio konseptista

Toisen kierroksen harjoitus oli jo enemmän projektityyppinen. Labroihiin valmistauduttiin tekemällä etukäteen muutaman ohjelmamoduulin tiettyihin kohtiin prosessia. Moduulien rajapinnat oli määritelty valmiiksi ja prosessin toiminnallisesta kuvauksesta tuli miettiä moduulin toiminnallisuus. TAMKin ValmetDNA-järjestelmällä tehtiin myös ensimmäiset versiot sovelluksista ja ne testattiin mahdollisimman pitkälle valmiiksi ennen varsinaista laboriopäivää. Myös suunnitelma sille, miten moduuleita aiotaan testata laboratoriossa, pyydettiin tekemään ennakkoon. TAMKin suunnittelutyökalujen rajallisuus esti kunnollisten testauksien tekemisen

etukäteen, joten varsinainen testaaminen jäi laboratorioharjoituksen yhteydessä tehtäväksi. Tämä aiheutti merkittäviä haasteita usean ryhmän kohdalla.

Harjoitusohjeita oli kolmenlaisia: yksi aamupäivän ryhmille, toinen päiväryhmälle ja kolmas iltapäivän ryhmälle. Aamupäivän ryhmän tehtäviin kuului prosessin ylösajo ja illan ryhmän tehtäviin alasajo. Näistä tuli myös kirjata sekvenssit ylös raporttiin. Keskipäivän ryhmällä ei näitä tehtäviä ollut vaan he keskittyivät hieman haastavampiin prosessin ohjauksellisiin tehtäviin. He muun muassa selvittivät muita ryhmiä tarkemmin prosessin toimilaitteita ja ohjausjärjestelmän rakennetta.

Kaikkien ryhmien tehtävät kuitenkin liittyivät erilaisilla painotuksilla oheisiin kokonaisuuksiin:

1. Omien piirien lataus järjestelmään ja testaaminen
2. Säätoimenpiteiden tekeminen prosessille (säädinten virittäminen, erilaiset säätoimet jne.)
3. Toimilaitteisiin tutustuminen
4. Ohjausjärjestelmän laitteistojen tutkiminen (väylät, IO-kaappien sisällöt jne)
5. Ohjaussovelluksen selvittäminen
6. Prosessin ylös-/alajasosekvenssin selvitys

Näissä harjoituksissa aikaa oli todella vähän, 4 oppituntia laboriotyöskentelyä. Tämän koettiin olevan liian vähän. Ryhmän koko oli 4-5 opiskelijaa, mikä vaikutti toimivalta ryhmäkoolta kolonnilla työskentelyyn. Tehtävät olivat hiotumpia ja paremmin valmisteltuja kuin edellisessä versiossa, mutta laboratoriossa työskentelyä puolet vähemmän. Lisäksi ValmetDNA-järjestelmien versioeroista johtuvat hankaluudet moduulien siirrossa TAMKin järjestelmästä TAU:n Hervannan kampuksen järjestelmään aiheutti ongelmia useamman ryhmän kohdalla. Piirit piti käytännössä tehdä uudelleen harjoituksen aikana.

Kolmas versio konseptista

Tähän versioon tehtiin pieniä hienosäätömuutoksia verrattuna edelliseen. Suunnittelutyökalujen haasteet pysyivät samoina järjestelmien pysyessä entisellään. Aiemman toteutuksen opiskelijapalautteen pohjalta jätettiin päivän keskimäinen ryhmä pois ja pidennettiin kahdella tunnilla laboriotyöskentelyyn varattua aikaa. Työmäärältään tämä harjoitus oli tässä vaiheessa n. 1/3 koko 5 opintopisteen toteutuksesta (n. 1,7 opintopistettä).

Opiskelijat ovat pitäneet poikkeuksetta näitä harjoituksia mielekkäinä. Työtä pidettiin hyvänä

erityisesti sen käytännönläheisyyden vuoksi. Opiskelijat kertovat useammassa palautteessa, että tässä harjoituksessa moni teoriatunneilla ja pienemmissä laboratorioharjoituksissa esille tullut asia löysi paikkansa todellisessa teollisuusprosessissa. Tällaisia asioita olivat mm. sovellusohjelman merkitys ja käyttöliittymän käyttö. He eivät tehneet näyttöjä tässä työssä, mutta he olivat tehneet samalla työkalulla näyttöjä aikaisemmalla toteutuksella. Myös toimilaitteiden näkeminen toiminnassa oikean prosessin yhteydessä koettiin mielenkiintoiseksi.

Unelmakonsepti

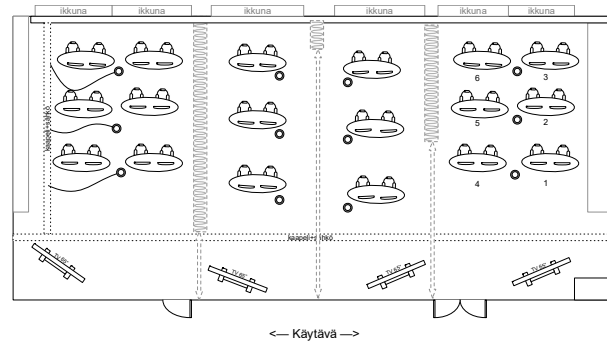
Aiempien kokeiluiden pohjalta on laadittu kokonaan uusi konsepti projektille. Sitä oli tarkoitus testata syksyllä 2020, mutta koronan vuoksi testailut siirtyivät.

Uusi projekti tulee olemaan työmäärältään selvästi suurempi, kuin aikaisemmat demoversiot ovat olleet. Jatkossa kolonnista on tarkoitus tehdä pääprojekti kyseiselle opintojaksolle (laajuus 3-4 opintopistettä). Tämä tarkoittaa, että opiskelijat suunnittelevat ja tekevät kolonnin ohjaussovelluksen pitkälti itse. Muutamia osia on tarpeen antaa valmiina, jotta prosessi pysyy kasassa.

Projekti sisältää seuraavanlaiset osat:

- Määrittely:** Tutustutaan opettajan avustuksella kolonnin määrittelydokumentaatioon ja käytettävissä olevaan muuhun dokumentaatioon (IO-kaappikuvat, ristikytkentätaulukot, PI-kaavio, toiminnallinen kuvaus jne.).
- Suunnittelu:** Tehdään toteutussuunnitelma toiminnallisen kuvauksen ja muiden lähtötietojen pohjalta.
- Toteutus:** Toteutetaan säätöpiirit ja muut ohjelmamoduulit ValmetDNA-suunnittelutyökaluilla.
- Testaus:** Tehdään moduulitestaukset suunnitteluympäristössä. Tehdään lopuksi FAT-testi (Factory Acceptance Test, tehdastesti toimittajan tiloissa) opettajan kanssa.
- Käyttöönotto:** Viedään testatut ja tarkastetut sovellukset prosessiasemalle ja viritetään säätimet käyttötarkoitukseen sopiviksi koeajon yhteydessä.
- Kelpoistus:** Tehdään SAT-testi (Site Acceptance Test, tehdastesti käyttöönoton yhteydessä). Testataan ja tehdään tarvittavat korjaukset.

Työskentely sisältää useamman vierailun Hervannan kampuksella, mutta suurin osa työstä pystytään jatkossa tekemään etänä TAMKin tiloista. TAMKin ValmetDNA-ympäristö tullaan päivittämään uuteen vuoden 2021 aikana ja KyLÄ-hankkeen yhteydessä Dependable Systems CyberLabs verkko laajenee TAMKin kampukselle. Rakenteilla on TAMKin tiloihin Hervannan kampuksella jo hyväksi havaitun tilannehuoneen (kuva 4) kaltainen tila [11]. Tässä tilassa voidaan järjestää automaatioon liittyvää koulutusta siten, että laitteet ovat irrallaan korkeakoulu yhteisön TUNI-verkosta. Kahden verkkokortin avulla opiskelijat pääsevät tietoturvallisesti luokan koneilta tarpeen mukaan sekä TUNI-verkossa oleviin tiedostoihinsa ja Internetiin että ValmetDNA-suunnitteluympäristöön.



Kuva 4. TAU:n tilannehuone, jonka äänieristävät väliseinät mahdollistavat ryhmäharjoitukset opetus- ja koulutustilanteissa. [11]

Hervannan kampuksella vierailaan muutamia kertoja projektin aikana. Harjoituksen alussa käydään tutustumassa ympäristöön parin tunnin harjoituksessa, jonka aikana opiskelijat tutustuvat opettajan johdolla laitteistoon ja prosessin kulkuun. Tämän jälkeen olemassa olevaan ohjaussovellukseen tutustutaan pintapuolisesti opettajan johdolla TAMKin tiloista samalla, kun opiskelijat opiskelevat automaatiojärjestelmän ohjelmointityökalua ja ohjelmointia ValmetDNA-ympäristössä.

Ohjelmointi tehdään n. 5 opiskelijan työryhmissä, tiimeissä. Todennäköisesti tiimejä tulee olemaan 6-7 kpl. Jokaiselle ryhmäläiselle annetaan jokin osajoukko toteuttavia piirejä, joita he ryhmänä lähtevät työstämään.

5 Johtopäätökset ja yhteenvedo

Parannusehdotuksia on myös tullut ja niitä on käytettävissä olevien resurssien puitteissa otettu jo vuosien varrella käyttöön. Yksi isoimmista ongelmista on koettu olevan liian lyhyt aika, joka laboratorioissa on

vietetty. Tästä johtuen tulevaisuudessa tavoitteena on hyödyntää tisluslaboratoriota entistä laajemmin ja toteuttaa projektityönä tiimeissä suurempi kokonaisuus sen ohjausjärjestelmästä. Tavoitteena on päästä myös hyödyntämään laajemmin laboratoriossa olevaa älykästä laitteistoa ja väyliä.

CyberLab on laajenemassa myös TAMK:n tiloihin Tampereen Kaupin kampukselle. Mahdollistaa monipuolisemman yhteistyön TUNIn Kaupin (TAMK) ja Hervannan kampusten välillä monilla muillakin automaatioon liittyvillä toteutuksilla. Toivottavaa on, että yhteistyö jatkossa lisääntyy uuden verkkoympäristön myötä entisestään. Tämä rikastuttaisi molempien oppilaitosten automaatiotekniikan opiskelijoiden opintoja.

Haasteita kuitenkin edelleen on ratkaistavana. Tislauskolonnia on päivitetty viimeisen n. 10 vuoden aikana paljon, mutta ympäristössä on edelleen päivitettävää. Kriittisessä tilassa tällä hetkellä on prosessin höyrykattila, joka on alkuperäisessä kunnossa. Mikäli tätä ei saada lähitulevaisuudessa korjattua tai uusittua, saattaa kattilasta aiheutua työskentelylle turvallisuusriski eikä sitä voida käyttää. Höyrykattilan puuttuminen prosessista tekee siitä luonnollisesti käyttökelvottoman. Ratkaisua tähän etsitään parhaillaan ja sellainen toivon mukaan löydetään. Oppimis- ja tutkimusympäristönä kyseinen prosessi on kuitenkin vertaansa vailla hyvin monella tapaa. Korkeakoulutasoisen insinööritieteiden koulutuksen haastelähtöiselle oppimiselle tämän kaltainen autenttinen oppimisympäristö on erityisen tärkeä.

Lähteet

- [1] Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving schools*, 19(3), 267-277.
- [2] Herzig, M., Habel, S., Lang, M. ja Dorschu, A. Influence of project-based learning on motivation of first-year students in energy engineering. SEFI 48th annual conference 2020: Engaging engineering education, proceedings.
- [3] Anazifa, R. D., & Djukri, D. (2017). Project-Based Learning and Problem-Based Learning: Are They Effective to Improve Student's Thinking Skills?. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346-355.
- [4] Johnson, L. F., Smith, R. S., Smythe, J. T., & Varon, R. K. (2009). Challenge-based learning: An approach for our time (pp. 1-38). *The new Media consortium*.
- [5] Dependable Systems Platform, <https://research.tuni.fi/dependablesystems/>, viitattu 2021-03-11
- [6] Dependable Systems CyberLabs, <https://research.tuni.fi/dependablesystems/cyberlabs/>, viitattu 2021-03-11
- [7] Kyberturvaaja-hanke, <https://projects.tuni.fi/kyberturvaaja/>, viitattu 2021-03-11
- [8] KyLÄ-hanke, <https://projects.tuni.fi/kyla/>, viitattu 2021-03-11
- [9] Seppälä, J., Salmenperä, M., Koivisto, H., Harju, J., Repo, S., Holmström, J. ja Ahonen, P. Towards automation security research and training environment. 18 Mar 2015 Proceedings of Automaatio XXI, The Industrial Revolution of Internet – From Intelligent Devices to Networked Intelligence. Helsinki, Finland: Suomen Automaatioseura ry, (SAS Julkaisusarja; vol. 44)
- [10] Naletov, V. A., Kolesnikov, V. A., Glebov, M. B., & Naletov, A. Y. (2019). Information-probabilistic approach to the organization of a binary distillation process. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 53(3), 410-418.
- [11] Pyrhönen, V-P., Seppälä, J. & Salmenperä, M. Computer-supported collaborative learning: Praxes in new cell-oriented configurable PC-classroom. SEFI conference 2016: Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation. 9 p.