

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ENERGIA MITTAUS

TEKIJÄ Antti Pyykönen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Antti Pyykönen	
Työn nimi Energia mittaus	
Päiväys 03.05.2022	Sivumäärä/Liitteet 48/5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pasi Raatikainen Yara Suomi Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tavoitteena oli kehittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan sähköenergian kulutus seurantaa ja raportointia. Toimipaikalla kierrettävästä mittarin lukukierroksesta oli päästävä eroon ja mittareiden luenta automatisoitava. Sähköraportointiin tarkoitettua Excel-laskentataulukon oli määrä jäädä historiaan ja laatia korvaajaksi automaattinen raportointityökalu Valmet DNA automaatiojärjestelmään.</p> <p>Työ koostui projektin hallinnasta ja teknisien määrittelyjen laadinnasta, sekä suunnittelun, asennusurakoinnin ja DCS-töiden koordinoinnista. Projektia hallittiin Yarassa käytettävien projektinhallinta työkalujen avulla, suunnittelussa laadittiin kohteisiin asennusaineisto, joiden mukaisesti asennusurakoitsija toteutti asennukset. Asennuksien valmistuttua Valmet DNA automaatiojärjestelmässä laadittiin energian kulutus kohteelle kulutuksen laskenta sovellus. Sähköraportointi rakennettiin osaksi Valmet Report ohjelmaa ja energian kulutus laskennat suoritetaan sen alaisuudessa.</p> <p>Työn aikana tavoitteena olleiden muutettavien mittareiden kokonaismäärästä saatiin 68 % siirrettyä automaattisen luennan piiriin. Sähköraportointia varten laadittiin työkalu, jonka laskentojen toimintaa seurataan ja verrataan vanhaan Excel-pohjaiseen sähköraporttiin. Lopuille mittarin lukukierrokselle jääneille mittareille laadittiin käsisyöttökenttä, jolloin nekin saadaan mukaan uuteen raporttiin. Projektin toteumaa hidastivat komponenttien pitkät toimitusajat ja käytettävissä olleet rajalliset resurssit. Työ mahdollisti projektipäällikkönä toimineen opinnäytetyön laatijan ammatillisen kehittymisen ja antoi tulevaisuudelle työkaluja työskennellä vastaavissa tehtävissä.</p>	
Avainsanat Energia, mittaus, projekti, asennus, raportointi.	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Antti Pyykönen	
Title of Thesis Energy Measurement	
Date 3 May 2022	Pages/Appendices 48/5
Client Organisation /Partners Pasi Raatikainen Yara Finland Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of the work was to develop monitoring and reporting of electric energy consumption at Yara Finland Oy Siilinjärvi site. The aim was to automate the reading of the meters. The Excel spreadsheet for electrical reporting was to be replaced by an automatic reporting tool inside the Valmet DNA automation system.</p> <p>The work consisted of project management and technical specifications as well as coordination of design, installation and DCS work. The project was managed using project management tools used in Yara and installation material for the objects was produced by the design department, according to which the installation contractor carried out the installations. After the installations were completed, the site's energy consumption calculation application was developed into the Valmet DNA automation system. Electricity reporting was built as part of the Valmet Report program and energy consumption calculations are carried out under its authority.</p> <p>During the study, 68% of the total number of the meters were transferred to automatic reading. A tool was developed for electrical reporting the functionality of which is compared to the old Excel-based electricity report. A manual feed field was created for the remaining meters in the reading cycle, and they are included in the new report. The project was slowed down by the long delivery times of the components and the limited resources available. The work enabled the professional development of the thesis author, who worked as a project manager and the thesis project provided the author tools for working in similar tasks in the future.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Energy, monitoring, project, installation, reporting.</p>	

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	7
2 TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT .....	8
2.1 Sähköenergia.....	8
2.1.1 Sähköenergiamittari.....	8
2.1.2 Virtamuuntajat .....	10
2.2 LoRaWan.....	11
2.3 MODBUS .....	11
2.4 Valmet DNA.....	12
2.4.1 Kenttäliitynnät .....	13
2.4.2 Suunnitteluympäristö .....	16
2.4.3 Valmet DNA Report.....	17
2.5 ISO 50001 .....	18
3 PROJEKTOINTI.....	19
3.1 Suunnittelu.....	20
3.2 Asennukset.....	25
3.3 Energian laskenta sovellus.....	29
3.4 Kustannukset.....	32
3.5 Energy Measurement part 2.....	32
3.5.1 Louhos alueen energia raportointi.....	33
3.5.2 Kustannus arvio.....	35
4 ENERGIA RAPORTOINTI.....	36
4.1 Kulutus laskenta .....	36
4.2 Sähköraportti.....	37
5 POHDINTA .....	38
6 LÄHTEET.....	39
LIITE 1: MITTAUSKOHTEIDEN TOIMENPITEET .....	41
LIITE 2: AFRY SUUNNITTELUN TOIMEKSIANTO.....	42
LIITE 3: TOTEUTUNEET KUSTANNUKSET .....	43
LIITE 4: SÄHKÖRAPORTTI .....	44
LIITE 5: UUSI SÄHKÖRAPORTTI .....	45

## KUVALUETTELO

Kuva 1. KWh-mittari (Honkanen 2007, CC BY) .....	8
Kuva 2. Impulssimittari (Heikura julkaisuaika tuntematon, CC BY) .....	9
Kuva 3. Staattinen mittari (Heikura julkaisuaika tuntematon, CC BY) .....	10
Kuva 4. Virtamuuntajan sydämet (ABB 2000, CC BY-NC) .....	10
Kuva 5. MODBUS Network Architecture (Commons 2012, CC BY-SA) .....	12
Kuva 6. Valmet DNA järjestelmä rakenne (Valmet 2015, CC BY-NC-ND) .....	13
Kuva 7. DNA Operate (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	13
Kuva 8. Kenttäliittynät (Valmet 2015, CC BY-NC-ND) .....	14
Kuva 9. CIO I/O-kortin kytkennät (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	15
Kuva 10. I/O-korttien erot (Valmet 2015, CC BY-NC-ND) .....	15
Kuva 11. Suunnitteluympäristö (Valmet 2015, CC BY-NC-ND) .....	16
Kuva 12. FBCad sovellus (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	17
Kuva 13. DNA Report (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	17
Kuva 14. Suunnittele-toteuta-arvioi-toimi-kehä (ISO 50001 2018, CC BY-NC-ND) .....	18
Kuva 15. hyväksyntä portaat (Yara julkaisuaika tuntematon, CC BY-NC-ND) .....	19
Kuva 16. WBS-rakenne (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	20
Kuva 17. KPi raportointi (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	20
Kuva 18. Työselitys lannoitetehtas (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	22
Kuva 19. Pulssilähdön I/O-liityntä (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	23
Kuva 20. KAT3-EI12 automaatiopiirikaavio (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	23
Kuva 21. Laiteluettelo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	24
Kuva 22. Kaapeliluettelo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	24
Kuva 23. LA844.3 piirikaavio (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	25
Kuva 24. LA844.3 keskuslähtö (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND) .....	26
Kuva 25. Wago virtamuuntaja asennettuna (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND) .....	27
Kuva 26. LA844.3 lähdön DIN-kisko (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND) .....	28
Kuva 27. ABB A44 asennettuna (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND) .....	28
Kuva 28. LA844.3 lähtö valmiina (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND) .....	29
Kuva 29. KAT3 sähköenergia (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	30
Kuva 30. I/O-tulo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	30
Kuva 31. aika laskuri (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	31
Kuva 32. Skaalaus (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	31
Kuva 33. KAT3-EI12 sähköenergia (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND) .....	32

Kuva 34. Carlo Gavazzi SIU-MBx—arkkitehtuuri (Carlo Gavazzi 2018, CC-BY-ND) .....	34
Kuva 35. Carlo Gavazzi LoRaWan-verkon rakenne (Carlo Gavazzi 2019, CC-BY-ND).....	35
Kuva 36. Energy Measurement Part 2 WBS (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND).....	36
Kuva 37. Laskentapaketti (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND).....	37

## 1 JOHDANTO

Energian kulutuksen globaali kasvu on osaltaan aiheuttanut kasvihuonepäästöjen kohoamisen ja sen myötä uhkan maapallon asuinkelpoisuuden säilymiselle. Tekniikan kehittyessä yhä useampi laite kuluttaa energiaa ja energiankulutuksen kokonaisvaltaisella seuraamisella voidaan havaita uusia kehityskohteita, sekä parantaa kulutus tottumuksiamme. Energiatehokkuus on tärkeää tänään ja huomenna.

Teollisuus lukeutuu suurimpiin energian kuluttajiin ja kulutus seurannan merkitys on suuri. Kattavalla energian kulutus seurannalla on mahdollista tunnistaa prosessien kehityskohteet ja pyrkiä parantamaan laitoksien energiatehokkuutta.

Energianhallintajärjestelmästandardi ISO 50001 opastaa yrityksiä kestävämpään energiankulutukseen. Tehokkaalla energianhallinnalla voidaan saada taloudellisia säästöjä ja vähentää ympäristölle aiheutuvia kuormituksia.

Työntilaajana toimii Yara Suomi Oy Siilinjärvellä ja työn toimeksiantaja on sähköpäällikkö Pasi Raatikainen. Minut nimitettiin SVI PP ENERGY MEASUREMENT investoinnin projektipäälliköksi ja samalla Pasi Raatikainen ehdotti investointia opinnäytetyöni aiheeksi.

Investoinnin tarkoituksena on kehittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan energian kulutuksen seuranta ja raportointia. Nykytilassa energian kulutuslukemien kerääminen on manuaalista työtä, joka vaatii useamman henkilön resursseja ja aiheuttaa viivästystä energiaraportointiin. Mittareilta luetut energiankulutuslukemat syötetään Excel-taulukkoon toimipaikka tasoista sähköenergiankulutus laskentaa varten. Excel-taulukko laatii laskentojen lopputuloksena kuukausikohtaisen raportin tuotantoyksikköjen prosessien energiankulutuksista energia- ja tuotantopäällikköiden käytettäväksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on automatisoida energiamittareiden luenta, luoda automaattinen raportointipohja ja näiden myötä vähentää henkilöiden työkuormaa ja raportoinnissa tapahtuvaa viivettä. Jatkuvalle energian kulutuksen seurannalle on mahdollista tunnistaa prosesseissa olevia kehityskohteita ja saada lisätietoa prosessihäiriöiden juurisyiden selvittämiseen.

Opinnäytetyö kattaa investoinnin täysmääräisen johtamisen, suunnittelun ja asennusurakoinnin koordinoinnin, tekniset määrittelyt ja raportointi työkalun kehitystyön. Opinnäytetyössä myös tarkastellaan toteutus vaihtoehtoja louhosalueen langattoman tiedonsiirron mahdollistamiseksi energianmittaus osa 2-projektissa.

## 2 TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT

### 2.1 Sähköenergia

Sähköenergialla tarkoitetaan jonkin kohteen kuluttamaa sähkötehoa suhteessa kuluneeseen aikaan. Sähköenergian yksikkö on wattisekunti (Ws), mutta käytännössä sähköenergiaa tarkastellaan kilowattitunteina (kWh).

Yksivaiheinen sähköenergia lasketaan kaavalla

$$W = U * I * t \quad (1)$$

missä  $W$  on sähköenergia,  $U$  jännite,  $I$  virta ja  $t$  kulunut aika.

Suurimmassa osassa kohteista kuitenkin mitataan kolmivaiheisen kuormituksen sähköenergiaa. Sähköenergia eli pätöenergia saadaan laskettua pätötehon ja ajan avulla.

Kolmivaiheinen sähköenergia lasketaan kaavalla

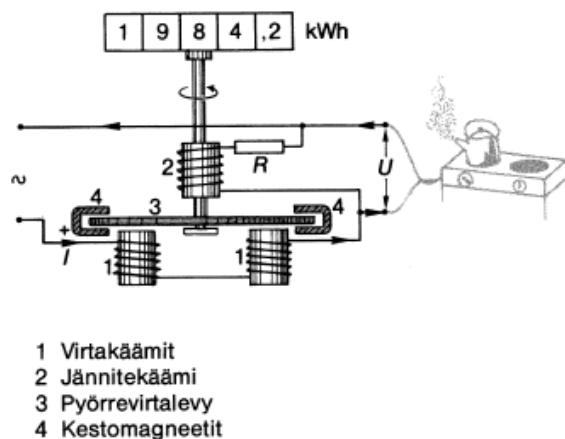
$$W_p = P * t = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi * t \quad (2)$$

Missä  $W_p$  on sähköenergia,  $P$  pätöteho,  $t$  kulunut aika,  $U$  jännite,  $I$  virta,  $\cos\varphi$  tehokerroin.

#### 2.1.1 Sähköenergiamittari

Sähköenergiaa mitataan yksi- tai kolmivaiheisena energiamittarilla, jota myös kutsutaan kWh-mittariksi. Energiamittareissa käytetään kolmea erilaista mittausperiaatetta, jotka ovat induktio-, impulssi- ja staattinen mittausperiaate. (Heikura julkaisuaika tuntematon, 8)

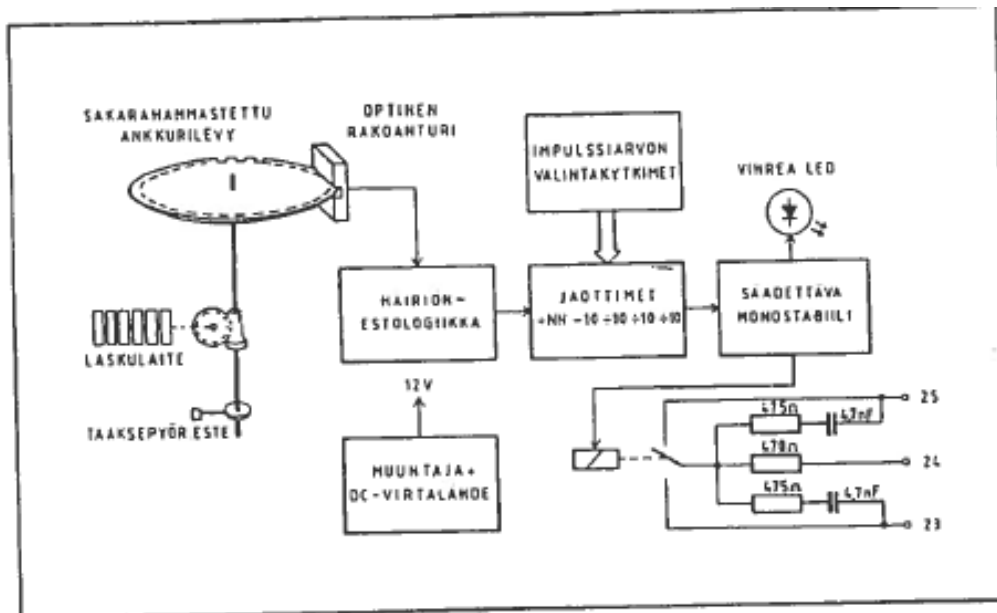
Induktio mittaustapaa hyödyntävässä mittarissa kevyt alumiiniekikko pyörii vaihtovirran synnyttämien pyörrevirtojen takia ja levyn pyörintänopeus jarrutetaan kestopagneetilla suoraan verrannollistamaan kulutustehoa. Kiekkoon on liitetty rataskoneisto, jonka avulla pyöritetään kWh-laskuria. (Honkanen 2007, 12). (Kuva 1.)



Kuva 1. kWh-mittari (Honkanen 2007, CC BY)

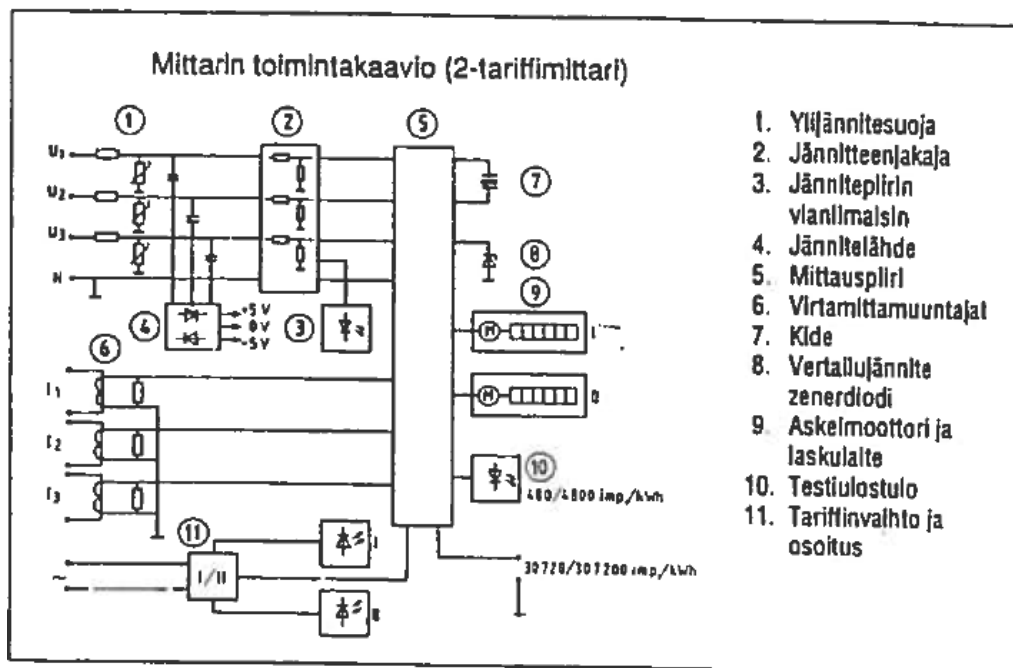


Impulssi mittausperiaatteeseen perustuva kWh-mittari rakentuu perinteisestä induktiomittarista ja tähän liitetystä impulssilaitteesta (kuva 2). Impulssilaitte saa pulssinsa kWh-laskuriin liitetyn sakarahammaslevyn liikettä lukevalta rakoanturilta, joka ohjaa Reed-releen elohopeakostutettua vaihtokosketinta asetetun muuntosuhteen mukaisesti. Muuntosuhde voidaan asettaa muutaman esivalitun suhteen välillä, esimerkiksi 10 imp / kWh. (Heikura julkaisuaika tuntematon, 14).



Kuva 2. Impulssimittari (Heikura julkaisuaika tuntematon, CC BY)

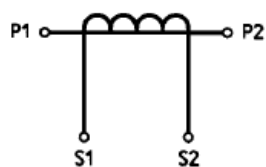
Nykyiset energiamittarit ovat elektronisia ja parametroitavia monimittareita, jotka käyttävät staattista mittausperiaatetta sen tarkkuuden, huoltovapauden ja luotettavuuden takia. Mittari voi käyttää suorassa mittauksessa sisäisiä jännitteen ja virran mittauspiirejä tai suurien kuormien yhteydessä epäsuoralla mittauksella ulkoisia jännite- ja virtamuuntajia. Mittarin puolijohdepiirin ulostulona saadaan mitattavan kohteen tehoon skaalautuva pulssitaajuus, joka on luettavissa potentiaalivapaalta pulssilähdöltä. (Heikura julkaisuaika tuntematon, 15). (Kuva 3.)



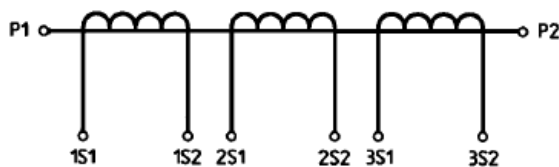
Kuva 3. Staattinen mittari (Heikura julkaisuaika tuntematon, CC BY)

### 2.1.2 Virtamuuntajat

Virtamuuntajan tarkoituksena on muuntaa mitattavan piirin virta soveltumaan mittaus- ja suojauslaitteiden käyttöön. Virtamuuntaja myös eristää suurivirtaisen ensiöpiirin matalavirtaisesta toisiopiiristä. Virtamuuntajassa voi olla eri tarkoituksia varten useampi sydän, esimerkiksi oma mittausydän ja oma suojaussydän, kuitenkin ensiökäämi on molemmilla yhteinen (ABB 2000, 4). (kuva 4).



Yksisydäminen ja yksivirtainen virtamuuntaja.



Kolmisydäminen ja yksivirtainen virtamuuntaja.

Kuva 4. Virtamuuntajan sydämet (ABB 2000, CC BY-NC)

Virtamuuntajan valintaan vaikuttavia teknisiä arvoja ovat mm ensiö- ja toisiovirta, tarkkuusluokka ja nimellisteho.

Useimmiten ensiövirta mitoitetaan syöttävän sulakkeen koon tai katkaisijan nimellisarvon mukaan ja toisiovirran standardisoidut nimellisarvot ovat 1A, 2A ja 5A. Ensiö- ja toisiovirran suhdetta kutsutaan muuntosuhteeksi, joka vastaa käämien kierroksien suhdetta. Muuntosuhde saadaan laskettua kaavalla 3 (Ijäs julkaisuaika tuntematon, 13).

$$\mu = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (3)$$

Missä  $\mu$  on muuntosuhde,  $N_2$  toisiokäämin kierrosluku,  $N_1$  ensiökäämin kierrosluku,  $I_1$  ensiövirta ja  $I_2$  toisiovirta.

Tarkkuusluokalla ilmaistaan virtamuuntajan prosentuaalista mittausvirhettä, joka sisältää virta- ja kulmavirheen ja virtamuuntajan tarkkuusluokan on hyvä olla pykälää pienempi kuin mittalaitteen tarkkuus. Mittaussydämellä varustetun virtamuuntajan yleisimmin käytössä olevat tarkkuusluokat ovat 0.1, 0.2, 0.5 ja 1. Suojaussydämen tarkkuusluokat ovat puolestaan 5P ja 10P (Ijäs julkaisuaika tuntematon, 15).

Virtamuuntajan nimellisteho eli toisiokuormitettavuus on valmistajan ilmoittama taakka, jonka suuruuteen vaikuttaa mittauspiirin kaapeloinnin, riviliittimien ja liitetyn mittarin kuorma. Mittaustuloksen tarkkuuden varmistamiseksi virtamuuntajan havaitseman kuormituksen pitää olla 25–100 % virtamuuntajan nimellistaakasta, eli 2,5 VA nimellistaakalla kuormituksen on oltava välillä 0,625–2,5 VA. Virtamuuntajan yleisimmin käytössä olevat nimellistehot ovat 2.5, 5, 10, 15 ja 30 VA (Ijäs julkaisuaika tuntematon, 14, 17).

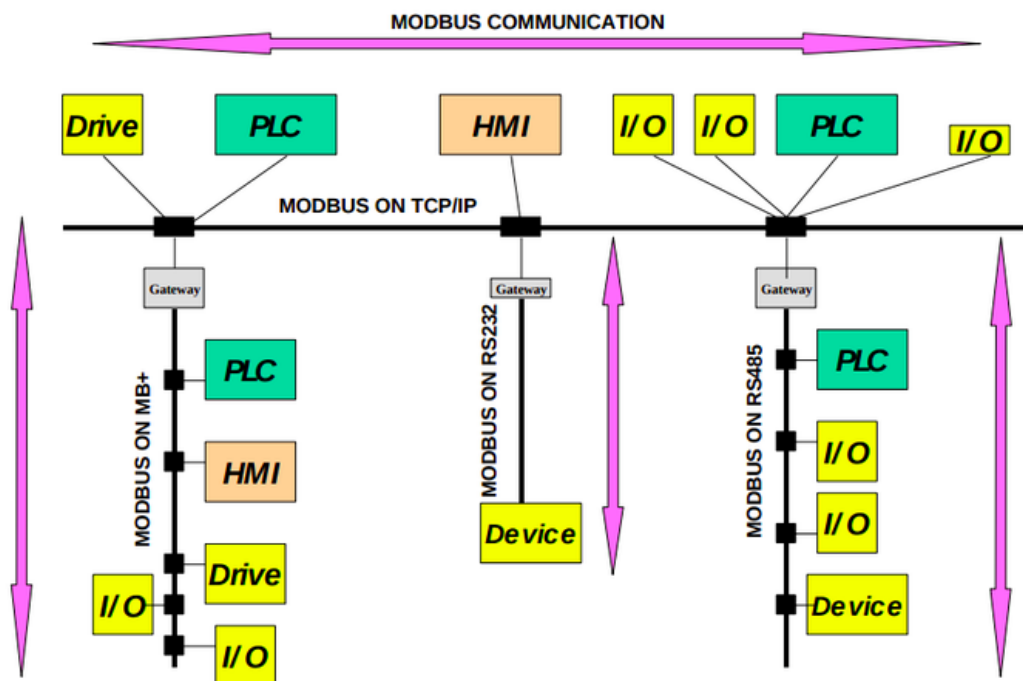
## 2.2 LoRaWan

LoRa Alliance-järjestö perustettiin vuonna 2015 Semtechin, actilityn ja IBM:n toimesta ja sen tehtävä on hallinnoida LoRaWan- teknologian kehitystä. LoRaWan on Low Power Wide Area Networking (LPWAN)-protokolla, jonka verkkoon liitetyt laitteet kommunikoivat keskinäisesti LoRa-tekniikalla. Tekniikka perustuu pitkän kantaman radiotekniikkaan, joka on energiatehokas, tietoturvallinen ja helposti käyttöön otettava. LoRaWan on loistava ratkaisu kohteisiin, joissa siirretään pieniä määriä dataa harvakseltaan, kuten erilaiset etäluennat. LoRaWan verkon tiedonsiirtonopeus on maksimissaan 50 kb/s ja se käyttää lisenssivapaata 868 megahertsin taajuutta. Verkon taajuuden kuuluvuus on hyvä, se läpäisee hyvin rakenteita ja avoimessa maastossa voidaan päästä jopa 15 km kuuluvuuteen. Verkoarkkitehtuuri toteutetaan tähtiverkko-topologiana (Anttila 2019).

## 2.3 MODBUS

MODBUS-protokolla on sarjaliikenteeseen perustuva tiedonsiirtoprotokolla, jonka kehitti Modicon vuonna 1979. MODBUS perustuu Master/Slave- tai Client/Server-- toimintamalliin ja on yksinkertainen, nopea, sekä luotettava tiedonsiirtoratkaisu. MODBUS:in eduiksi voidaan lukea, että se on tekniikasta ja valmistajasta riippumaton ja näin ollen räätälöitävissä sovellukseen kuin sovellukseen. MODBUS käyttötilat on eroteltu kolmeen ryhmään, MODBUS RTU, MODBUS TCP ja MODBUS ASCII (kuva 5). MODBUS RTU ja ASCII eroavat toisistaan pelkästään dataformaatin takia ja ASCII on harvoin

käytetty. Niiden sarjamoitoinen isäntä/orja- tiedonsiirto toteutetaan parikaapeloinnilla RS-232- tai RS-485-standardien mukaisesti. MODBUS TCP/IP perustuu asiakas/palvelin- arkkitehtuuriin ja tiedonsiirto toteutetaan Ethernet kaapeloinnilla. Ainoa vaatimus laitteiden toiminnalle on, että ne ovat samassa IP-osoitevaruudessa (Wago julkaisu aika tuntematon).



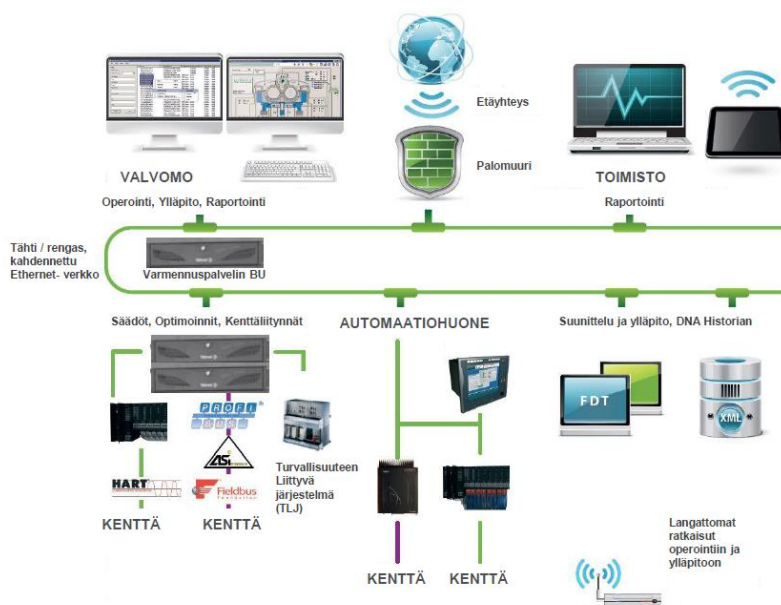
Size of this preview: 900 x 470 pixels. Other resolutions: 370 x 190 pixels | 640 x 376 pixels | 1076 x 573 pixels

Kuva 5. MODBUS Network Architecture (Commons 2012, CC BY-SA)

## 2.4 Valmet DNA

Valmet oli ensimmäisten joukossa kehittämässä digitaalista automaatiojärjestelmää ja lanseerasi Datomic Classic-järjestelmän vuonna 1979 (Wahlström 1992). Vuosien varrella Valmet on kehittänyt automaatiojärjestelmäänsä ja vuonna 2015 lanseerattu Valmet DNA on heidän 7.versio hajautetusta automaatiojärjestelmästä. DNA-automaatiojärjestelmän arkkitehtuuri skaalautuu pienestä kymmenen I/O:n järjestelmästä aina suuriin monen tuhannen I/O:n tehdasverkkoihin, joita voidaan hallinnoida yhdestä pisteestä. Yhdellä järjestelmällä pystytään operoimaan, valvomaan, suunnittelemaan ja ylläpitämään koko tehtaan automaatiota (Valmet DNA 2015, 2). (kuva 6).

## Valmet DNA verkko



### DNA Operointi (VALVOMO, TOIMISTOT)

Operointipalvelin (Operator Server OPS) Palvelimen kautta operointi saa tietoa prosessista ja voi ohjata prosessia.

Hälytyspalvelin (Alarm Server ALS) Palvelin kerää ja ylläpitää prosessin hälytystietoja. Palvelin lähettää hälytystiedot operointipalvelimen kautta operointiin.

Historiapalvelin (Info Server)

Palvelin kerää prosessi-, operointi- ja hälytystilastietoja.

### PROSESSIN OHJAUS:

Prosessinohjauspalvelin (Process Control Server PCS)

Palvelin liittää Valmet DNA järjestelmän ohjattavaan prosessiin. Prosessipalvelin huolehtii perusohjauksista erilaisten kenttäliittynöiden kautta.

Liityntäpalvelimet (Interface Servers, esim. LIS)

Muihin järjestelmiin liittymistä varten järjestelmässä on erilaisia liittytsemissä.

### SUUNNITTELU :

EAS / EAC Engineering Activity Server/Client

Suunnitteluympäristö muodostuu suunnitteluohjelmasta (EAS) ja tarvittaessa yhdestä tai useammasta suunnitteluympäristöstä (EAC) ja niitä yhdistävästä verkosta.

### VARMENNUS :

Varmennuspalvelin (BU)

Kaikki järjestelmän sovellusmuutokset siirtyvät järjestelmään kohdeasemille aina varmennuspalvelimen kautta. Varmennuspalvelimen levyryhmä on tallassa jatkuvan järjestelmän tilojen palvelimen sovellus. Häiriöiden jälkeen varmennuspalvelin käynnistää automaattisesti viiväsen aseman lataamalla sille tarvittavat sovellukset.

Kuva 6. Valmet DNA järjestelmä rakenne (Valmet 2015, CC BY-NC-ND)

Teollisuuslaitoksen valvomon sijoitettuun tietokoneeseen asennettu DNA Operate-työkalu mahdollistaa kattavan prosessinvalvonnan ja -ohjauksen. Operate-käyttöliittymä perustuu graafiseen esitystapaan ja ohjaus tapahtuu yksinkertaisesti hiiren kahdella painikkeella. Vasemmalla painikkeella valitaan ja oikealla painikkeella saadaan lisävalintoja tai -valikoita auki. Operate-käyttöliittymään on integroitu laitteiden piiri- ja lukitusikkunat, hälytyslistat ja analyysityökalut. (Kuva 7.)

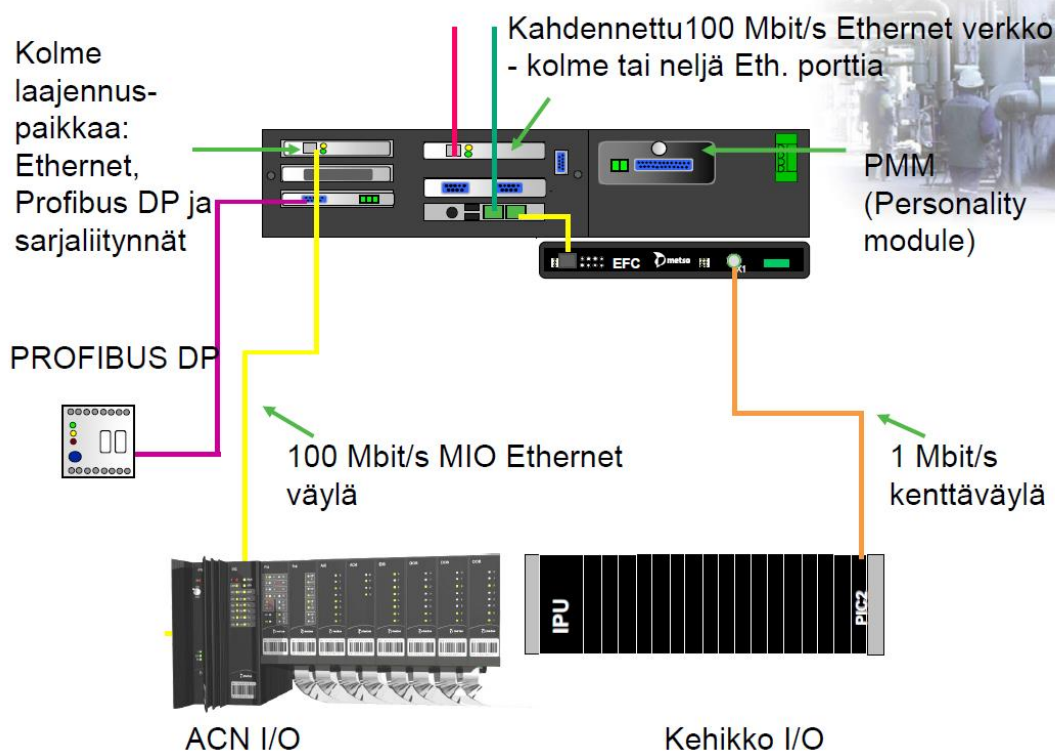
Kuva 7. DNA Operate (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

### 2.4.1 Kenttäliittynät

Valmet DNA-automaatiojärjestelmän prosessinohjaimiin voidaan liittää kenttälaitteet kenttäväylien, kehikko I/O:n (CIO) ja ACN I/O:n kautta (kuva 8). Kenttäväylä liittynnoistä yleisimpiä ovat PROFIBUS

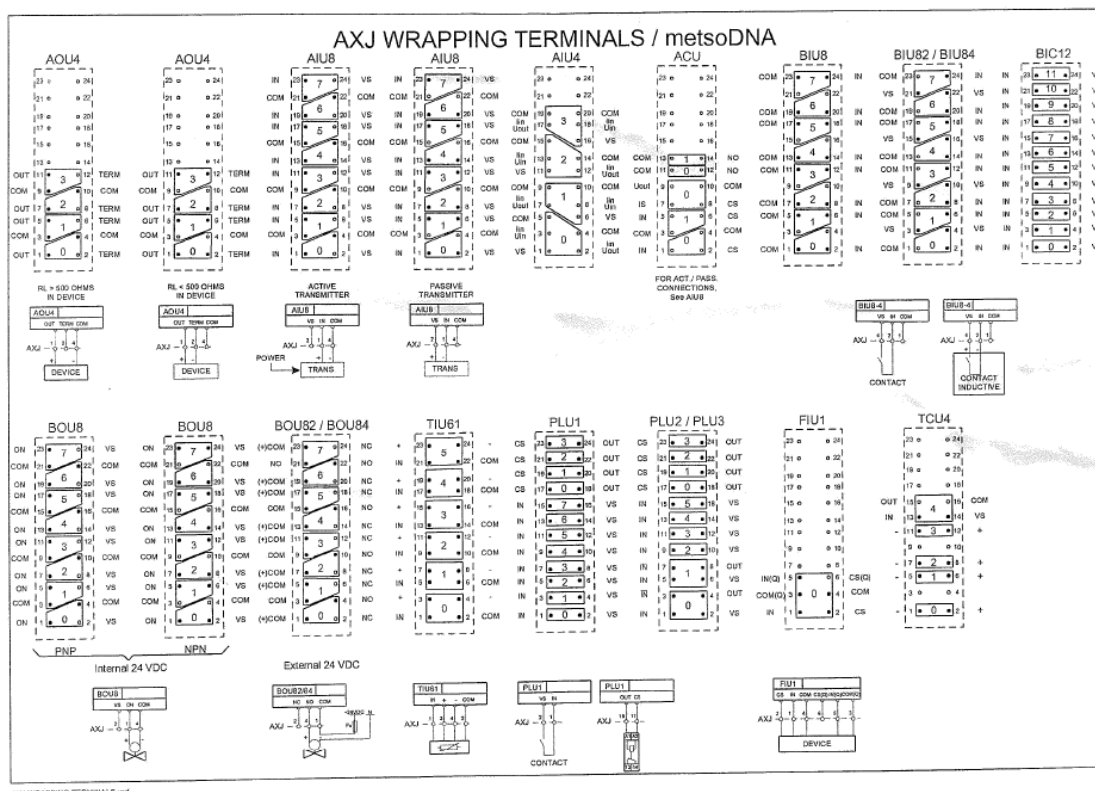
DP-, HART-, MODBUS- ja PROFINET-kommunikointi protokollat. Kehikko I/O otettiin käyttöön yhdessä Damatic Classic-järjestelmän kanssa ja on tiedonsiirtonopeudeltaan huomattavasti hitaampi Coaxial-kaapeloinnin asettamien rajoitusten takia. Järjestelmät ovat taaksepäin yhteensopivia niin, että kehikko I/O on edelleen mahdollista liittää osaksi Valmet DNA:n uusimpia prosessiasemia. ACN I/O on julkaistu 2000-luvulla ja se yhdistää keskitetyn ja hajautetun I/O:n parhaat puolet. Uudemman sukupolven ACN I/O liittyy Ethernet-väylällä prosessiasemaan tarjoten nopeampaa tiedon siirtoa (Valmet prosessiohjaus 2015).

## ACN RT prosessiohjain



Kuva 8. Kenttäliitännät (Valmet 2015, CC BY-NC-ND)

Valmetin kehikko I/O koostuu PIC2-prosessiliityntäkortista ja siihen liitetyistä eri käyttötarkoituksiin soveltuvista I/O-korteista. Perinteisimmin kehikko I/O:ssa on käytössä analogia tulo- ja lähtökortteja, sekä binääri tulo- ja lähtökortteja. Kenttälaitteelle lähtevä kaapeli on kytketty I/O-kaapin XC-liitinrimalle, jonka toisella puolella olevista pinneistä suoritetaan ristikytkentä kiertosidoslangalla I/O-kortin kanavan nastoihin. Tätä toimenpidettä kutsutaan myös puhekielellä räppäykseksi, joka juontaa juurensa termiin Wire Wrap. Kuvassa 8 näemme kunkin I/O-kortin jokaiseen kanavaan liittyvän ristikytkentä nastan numeron sen mukaan pitääkö kytkennän olla aktiivinen vai passiivinen. Aktiivisella kytkennällä tarkoitetaan, että AIU8-korttiin liitetyllä laitteella on ulkoinen jännitesyöttö, eli I/O-kortti ei syötä laitteen käyttöjännitettä ja passiivisessa toisinpäin. (Kuva 9.)



Kuva 9. CIO I/O-kortin kytkennät (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

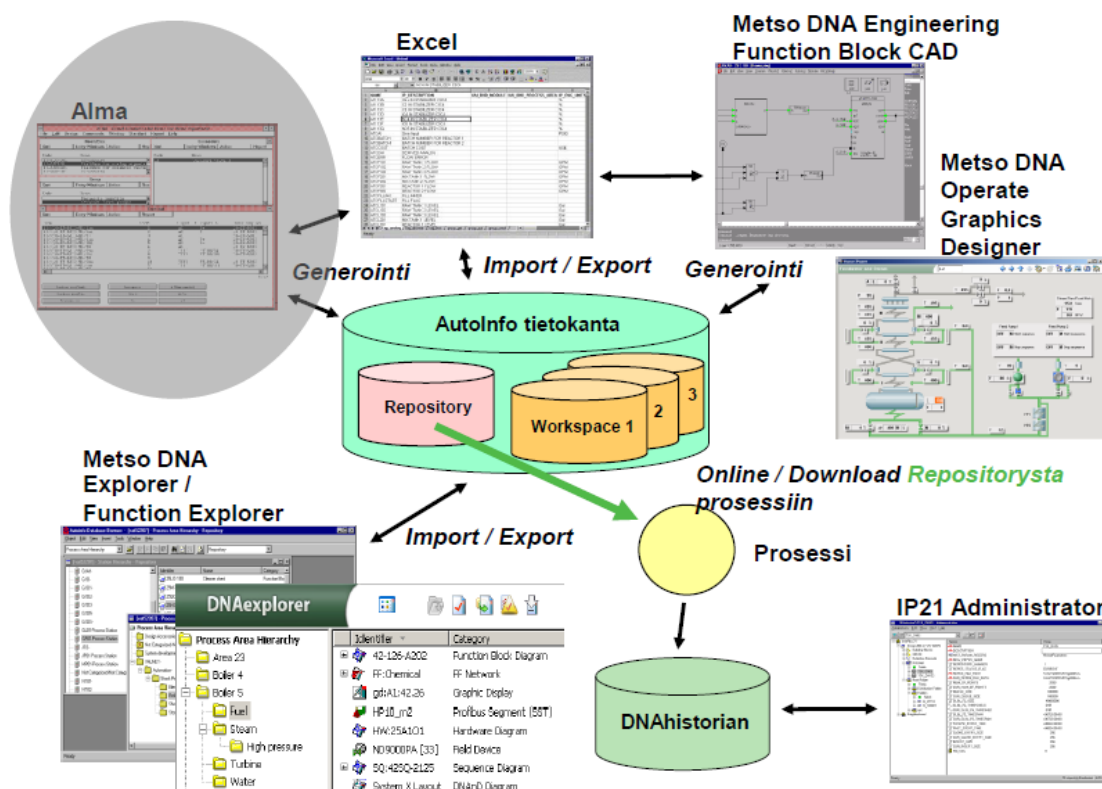
ACN I/O poikkea kehikko I/O:sta väylänopeudellaan, I/O-korttien tyypit ovat muuttuneet, I/O-osoitteet eroavat, sekä A/D- & D/A-muunnoksiin ja prosessoreihin on tullut lisää tehokkuutta. ACN I/O-ryhmä koostuu IPS-tehosyöttö yksiköstä, IBC-väyläohjaimesta, I/O-korteista ja päätevastuksesta. ACN I/O kenttälaite kytkentöihin on myös tullut päivityksiä ja ristikytkentä eroaa kehikko I/O:n ristikytkennästä (Valmet DNA I/O-kortit 2015). (Kuva 10.)

I/O type	CIO/EIO unit	Corresponding MIO unit
BI pnp	BIU82, BIR82	DI8P
BI npn	BIU82, BIR82	DI8N
BI AC/DC input	BIU83, BIR83	DI8U
BO pnp	BOU8	DO8P
BO npn	BOU8	DO8N
BO mech.relay NO	BOU82, BOR82	DO8RO
BO mech.relay NC	BOU82, BOR82	DO8RC
BO solid state relay NO	BOU83, BOR83	DO8SO
AI 0/4-20 mA	AIU8, AIR8	AI8C
AI 0/5...10V	AIR8V	AI8V
AO 0/4-20 mA	AOU4, AOR4	AO4C
AO 0...10V	AOR4V10	AO4V
AOF	AOF	AO4C, AO4V
TI Pt100, 3/4-wire	TIU6, TIU61, TIR61, TIR62	T4W3, T4W4

Kuva 10. I/O-korttien erot (Valmet 2015, CC BY-NC-ND)

## 2.4.2 Suunnittelu ympäristö

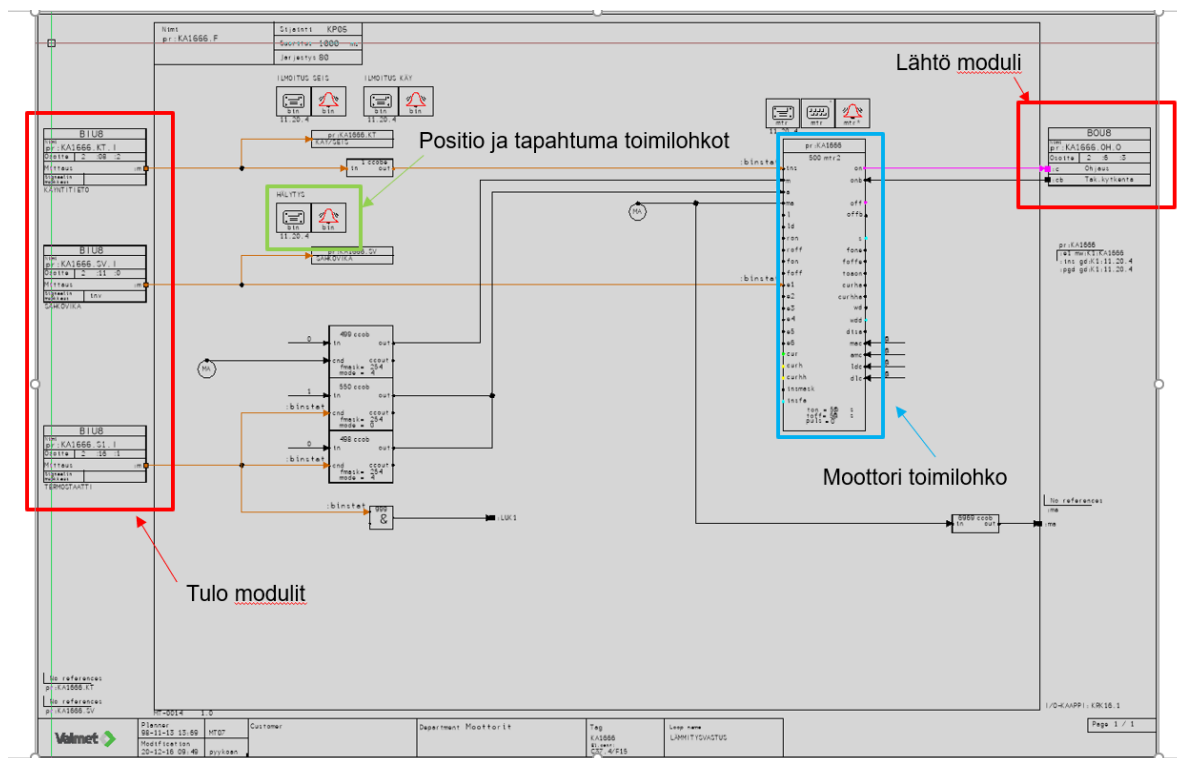
Valmet DNA suunnittelu ympäristössä voidaan tutkia toimintoja, tutkia ja muokata sovelluksia, työskennellä CAD-työkalulla ja suorittaa online-toimintoja prosessiasemille (kuva 11). Suunnittelun ja ylläpidon perustana on DNA Explorer-työkalu, jota käytetään EAS-suunnittelupalvelimella ja tarvittaessa yhdellä tai useammalla EAC-suunnittelutyöasemalla. DNA Explorer-työkalulla hoidetaan lähestulkoon kaikki suunnittelujärjestelmän toiminnoista ja pystytään myös parametroidaan kenttälaitteita HART-protokollaa hyödyntämällä Field Device Manager toiminnolla (Valmet DNA suunnittelu ympäristö 2015).



Kuva 11. Suunnittelu ympäristö (Valmet 2015, CC BY-NC-ND)

DNA Explorer sovellussuunnittelu toteutetaan Function Block CAD-ohjelmalla, jonka suunnittelu perustuu graafisen lohkokaaavion käyttöön. FBCad-ohjelmassa on valmiit tyyppimoduulit, joiden avulla sovelluksen suunnittelu on suoraviivaista ja osaavissa käsissä nopeaa. Periaatteena on, että sovellusivun vasempaan reunaan tulevat tulomoduulit ja oikeaan reunaan lähtömoduulit. Sivun keskelle toteutetaan varsinainen sovelluksen toiminta mm toimilohkomoduuleja hyödyntämällä. Sovellukseen määritellään tarvittavat positio-, operointi- ja tapahtumamoduulit, joiden avulla sovellus ja DNA Operate toimivat yhdessä. (Kuva 12.) Sovelluksen valmistuttua sille suoritetaan ohjelmallinen sovellus check, eli tarkistetaan sovellus virheiden, sekä varattujen I/O-liityntöjen varalta. Jos korjattavaa ei ilmene, sovellus voidaan ladata prosessiin download-komennolla. Tämän jälkeen sovellus on löydettävissä ja käytettävissä DNA Operate-käyttöliittymässä.





Kuva 12. FBCad sovellus (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

### 2.4.3 Valmet DNA Report

Valmet DNA Operate-järjestelmään integroitu DNA Report mahdollistaa erilaisten tapahtuma ja tilasto raporttien generoinnin, sekä historiatietoon perustuvan vianselvityksen. Raportit laaditaan järjestelmään rakennettujen raporttipohjien avulla, joiden parametreja voidaan muuttaa halutun raportin sisällön mukaan (kuva 13). DNA Report Diary on tarkoitettu tuotannon päiväkirjaksi, jonka avulla voidaan tehdä vuorokirjauksia, sekä tarvittaessa ylläpitää palaverimuistiota ja ilmoitustaulua.

DNA Report

Säätila pastalaitos

Alku: 24.4.2022 17:00:00 - 27.4.2022 17:00:00

16.4.2022 19.4.2022 22.4.2022 25.4.2022 28.4.2022 1.5.2022

Säätila pastalaitos

Alku: 24.4.2022 17:00:00  
Loppu: 27.4.2022 17:00:00

	Tuulen nopeus ka (m/s)	Ilman lämpötila ka (°C)	Sadesumma (mm)		
<b>Yhteenveto:</b>	3,2	4,2	0,0		
Aika	Tuulen nopeus (m/s)	Ilman lämpötila (°C)	Sademäärä (mm)	Tuulen suunta (°)	Ilmapaine (mbar)
24.04.2022 17:00	1,1	14,2	0	89	E 859
24.04.2022 18:00	1,0	13,6	0	94	E 861
24.04.2022 19:00	0,8	12,0	0	97	E 859
24.04.2022 20:00	0,2	8,6	0	132	SE 859
24.04.2022 21:00	0,2	5,0	0	134	SE 859
24.04.2022 22:00	0,5	4,7	0	116	ESE 857
24.04.2022 23:00	0,6	4,2	0	111	ESE 859
25.04.2022 00:00	0,3	3,6	0	120	ESE 858
25.04.2022 01:00	1,1	2,9	0	71	ENE 856
25.04.2022 02:00	1,5	2,9	0	27	NNE 856
25.04.2022 03:00	0,9	2,3	0	35	NE 856
25.04.2022 04:00	0,6	1,3	0	43	NE 855
25.04.2022 05:00	0,5	3,1	0	84	E 855
25.04.2022 06:00	0,3	6,9	0	135	SE 856
25.04.2022 07:00	0,2	7,6	0	134	SE 858
25.04.2022 08:00	0,5	11,7	0	123	SE 858
25.04.2022 09:00	0,5	12,1	0	132	SE 859
25.04.2022 10:00	1,2	11,4	0	109	ESE 856
25.04.2022 11:00	1,1	11,5	0	123	ESE 855
25.04.2022 12:00	1,1	9,8	0	95	E 856
25.04.2022 13:00	0,7	10,3	0	206	SSW 855

Kuva 13. DNA Report (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

## 2.5 ISO 50001

ISO 50001 on energiahallintajärjestelmien standardi, joka ohjeistaa yrityksiä kehittämään itselleen toimivan energiahallintajärjestelmän. Asiakirja auttaa yritystä vakiinnuttamaan toimintatapansa pyrkiäkseen jatkuvaan energian suoritteiden parantamiseen käsittäen energian kulutuksen, energiatehokkuuden ja energiankäytön. Standardi yksilöi organisaation energiahallintajärjestelmälle asetettavat vaatimukset. Tavoitteisiin pääsemisen takaamiseksi vaaditaan koko yrityksen henkilöstön sitoutuminen tavoitteisiin (ISO 50001 2018, 6).

ISO 50001-standardissa (2018, 8) kuvattu jatkuvan parantamisen kehän määritelmä on seuraava,

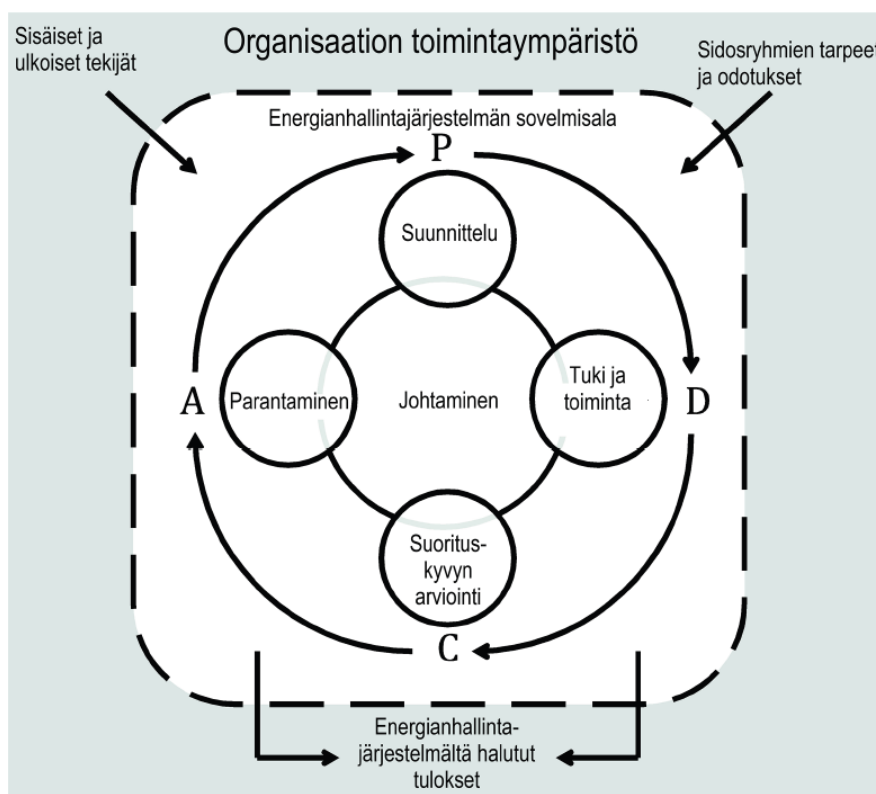
Energiahallinnan yhteydessä PDCA-lähestymistapaa voidaan jäsenellä seuraavasti (kuva 14).

**Suunnittele:** Ymmärretään organisaation toimintaympäristö, päätetään energiapolitiikka, perustetaan energiahallintaryhmä, valmistaudutaan riskeihin ja mahdollisuuksiin, suoritetaan energiakatselmus, tunnistetaan huomattava energiankulutus ja päätetään energiasuoritteiden indikaattorit, energian perustaso(t), tavoitteet ja tarkennetut energiatavoitteet sekä tarvittavat toimenpidesuunnitelmat niiden tulosten saavuttamiseksi, jotka parantavat energiasuoritetta organisaation energiapolitiikan mukaisesti.

**Toteuta:** Käynnistetään toimenpideohjelmat, aloitetaan toiminnan ja kunnossapidon ohjaaminen ja tiedottaminen, varmistetaan pätevyys ja huomioidaan energiasuorite suunnittelussa ja hankinnoissa.

**Arvioi:** seurataan, mitataan, analysoidaan, arvioidaan, auditoidaan ja toteutetaan energiasuoritteiden ja energiahallintajärjestelmän johdon katselmukset.

**Toimi:** toteutetaan toimia poikkeamien korjaamiseksi, sekä energiasuoritteiden ja energiahallintajärjestelmän jatkuvaa parantamista.



Kuva 14. Suunnittele-toteuta-arvioi-toimi-kehä (ISO 50001 2018, CC BY-NC-ND)

### 3 PROJEKTOINTI

Projektin hallinta ja raportointi Yara Suomi Oy:ssä perustuu Capital Value Process prosessiin ja työkaluina ovat YPPM portfolion hallintaohjelma ja SAP-järjestelmä. YPPM-ohjelmistossa esitetään projektin ideaa ja karkeata kokonaisbudjettia hyväksyttäväksi tulevan vuoden liiketoimintasuunnitelmaan. Liiketoimintasuunnitelmaan hyväksytylle projektille valitaan projektipäällikkö, jonka tehtävänä on laatia projektin laajuudesta riippuen eri hyväksyntä portaaseen liittyvä aineisto, projektin työnositus ja kustannusarvio. Projektipäällikön laatima aineisto lähetetään hyväksyttäväksi projektin omistajalle ja tehtaan johtajalle.

Energianmittauksen kehitysprojekti oli laajuudeltaan ja kustannuksiltaan pieni projekti, joten sen hyväksyntä prosessi koostui kahdesta hyväksyntä portaasta, DG1 ja DG4. DG1 tarkoittaa projektin toteutettavuusselvitystä, jonka aikana tarkastellaan mitkä ovat projektin tavoitteet, aikataulu, kustannukset ja millaisella organisaatiolla projekti on toteutettavissa. DG1 vaiheen aikana valmistuu aineisto ja kustannusarvio DG4-hyväksynnän hakemista varten. Projektin omistajan ja tehtaan johtajan hyväksymän DG4 päätöksen jälkeen projekti etenee toteutukseen ja projektipäällikkö pääsee luomaan projekti rakenteen SAP-järjestelmään. (Kuva 15.)



Kuva 15. hyväksyntä portaat (Yara julkaisuaika tuntematon, CC BY-NC-ND)

Hyväksytyn DG4 päätöksen jälkeen projektipäällikkö pyytää hankinnan yhteyshenkilöä luomaan projektille projektinumeron SAP-järjestelmään. Tämän jälkeen projektipäällikkö pääsee luomaan projektille työnosituksen eli WBS-rakenteen. WBS-rakenteen yhdenmukaistamisen varmistamiseksi rakenne laaditaan Excel-taulukon, jonka mukaisesti SAP-rakenne laaditaan (kuva 16). Projektin budjetti jyvitetään WBS-rakenteelle ja vapautetaan käyttöä varten. Tämän toimenpiteen jälkeen projektille voidaan tehdä työ- ja tarviketilauksia SAP-järjestelmän kautta.

PROJECT WBS-STRUCTURE BUILDING TOOL				
Yara Suomi Oy		Project name		TOTAL €
Project number		SVI PP ENERGY MEASUREMENT		125000
				125 000
				125 000
Level	WBS-number	WBS-Name	Level 1	Level 2
1	SVI21VL002.30	PREPARATION FOR EXECUTION	0	
2	SVI21VL002.30.01	ENGINEERING		
2	SVI21VL002.30.02	OWNER COST		
2	SVI21VL002.30.03	OTHER PROJECT COSTS		
1	SVI21VL002.40	EXECUTION	125 000	
2	SVI21VL002.40.01	Engineering and supervision		20 000
2	SVI21VL002.40.02	Equipment		25 000
2	SVI21VL002.40.03	Electrical/Automation work		45 000
2	SVI21VL002.40.08	Owner Cost		30 000
2	SVI21VL002.40.10	Contingency		5 000

Kuva 16. WBS-rakenne (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Projektipäällikön velvollisuutena on kuukausittainen projektiraportointi YPPM-järjestelmässä, jonka yhteydessä päivitetään projektin toteutuneet kustannukset ja ennustetaan tulevia kustannuksia. Päivityksen alla on myös projektin KPI-luvut, joissa huomioidaan projektin terveys, aikataulu, budjetti ja tarvittaessa raportoidaan huolenaiheiden ja vastoinkäymisien syyt ja kuinka näihin aiotaan reagoida (kuva 17).

#### 4. KPIs

Right click on KPI indicator to see detailed description

Current Phase		Overall	
Health	★	Project Health	
Budget	★	Budget	★
Timeline	★	Project Risk	
Scope Mngmnt	★	Scope Mngmnt	
HES	★	Monthly Update	★
Resource	★		

Phase alignment warning

	★
--	---

Kuva 17. KPI raportointi (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

### 3.1 Suunnittelu

Projektin suunnittelu käynnistettiin tutustumalla Yara Siilinjärven toimipaikan sähköraportti-Excel tiedostoon. Sähköraportin avulla seurataan toimipaikan energian kulutusta kuukausi tasolla ja lasku-

tetaan urakoitsijoiden kuluttama energia. Sähköraportin ylläpitämisestä vastaa toimipaikan energia-päällikkö ja energiamittareiden lukukierroksen suorittaa käynninvarmistaja. Raporttiin luetaan toimipaikalla 93 energiamittarin ja 12 arvioon perustuvan lukemat, joiden perusteella lasketaan tuotantoyksikkö ja osaprosessikohtainen energian kulutus.

Sähköraportista saatiin poimittua raporttiin luettavien energiamittareiden positiot ja sijainnit. Energiamittareista puolet sijaitsevat kemiantehtaiden puolella ja puolet kaivoksen puolella, joka kokonaisuutena tarkoittaa todella laajaa aluetta. Energiamittareita lähdettiin systemaattisesti kiertämään ja jokaisen luona tutkittiin millaisilla toimenpiteillä mittari olisi mahdollista kerätä automaattisen luennan piiriin (liite 1). Tarkastelussa paljastui, että osa näistä kierrettävien energiamittareiden energialukemista löytyivät jo Valmet DNA-automaatiojärjestelmästä, mutta niitä ei hyödynnetty sähköraporttiin.

Varsinainen detalji suunnittelu ostettiin palveluna yhteistyökumppanilta AFRY Finland Oy:ltä. Suunnittelun toimeksiantoa varten tiedusteltiin AFRY Kuopion seudun osastopäälliköltä projektille resursoitavan henkilön nimi. Suunnittelun toimeksiantoa lähdettiin käymään läpi tämän henkilön kanssa ja häntä pyydettiin laatimaan tuntiarvio projektiin kuluva työmäärästä (liite 2). Suunnittelun tuntiarvion ja Yara-AFRY sopimushinnoittelun perusteella laadittiin SAP-työtilaus projektille tehtävästä suunnittelutyöstä.

Sähköenergiamittareiden hajanaisesta sijainnista johtuen suunnittelua alettiin laatimaan toimintokohtaisesti, tekemällä asennusaineisto asennusurakoitsijan käyttöön. Asennusaineisto koostuu työselityksestä, piirikaavioista, sekä laite-, kaapeli- ja kilpilueteloista.

Työselityksen tarkoituksena on kertoa pääpiirteittäin tehtävän työn kohde, sisältö ja sen laajuus. Tarkemmat yksityiskohdat on kuvattu muissa asennusaineistoon liittyvissä dokumenteissa. Työselitys ei pääsääntöisesti ole tarpeellinen pienissä ja yksinkertaisissa asennuksissa, esimerkiksi projektissa suoritettu yksittäinen kaapelointi energiamittarin pulssilähdöltä I/O-kaappiin liittyvän kenttäkotelon riviliittimille. (Kuva 18.)

**YARA****Energiamittaukset järjestelmään lannoitetehtaalla**

Sisältö 1 TYÖSELITYS

**1 PIIRIT**

Vedettävät kaapelit esitetty luettelossa.

Keskuslähtöihin rakennetaan energiamittaukset piirikaavion mukaisesti. Uudet merkitty piirikaavioihin vihreällä. Energiamittarit asennetaan sähkölähdön kanteen, esimerkkikuva ohessa. Lähtöihin lisättävät riviliittimet asennetaan korotettuun kiskoon, josta myös esimerkkikuva ohessa.

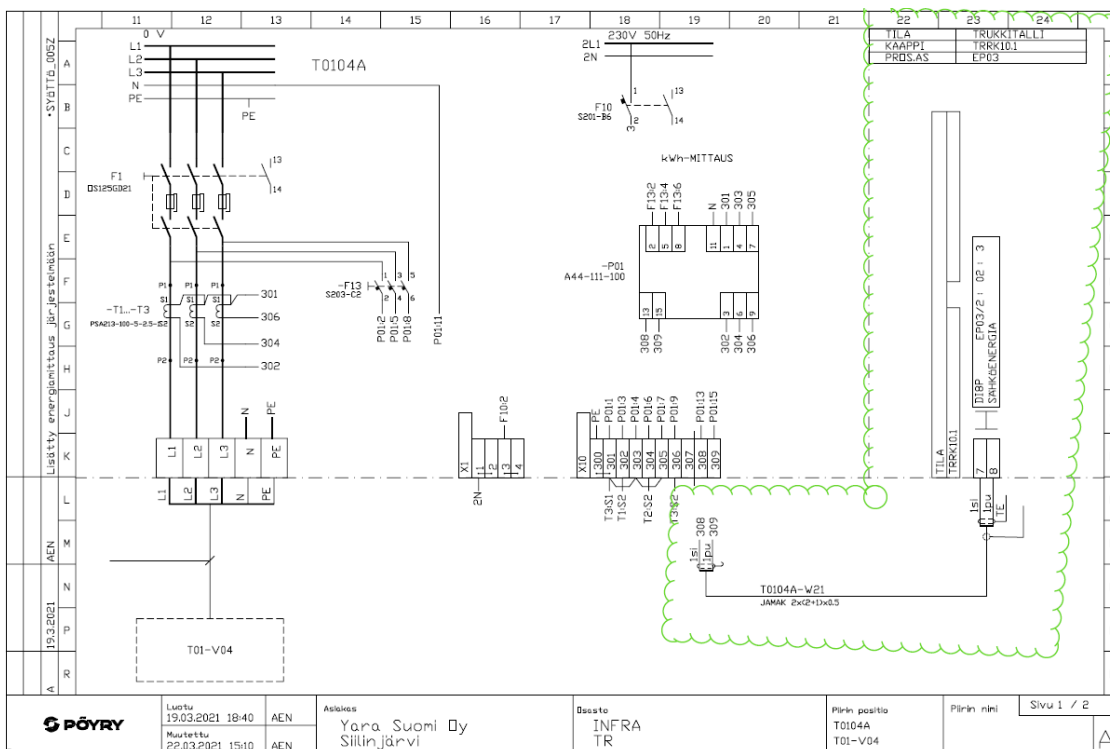
Lähtöön LT02-24A lisätään neljäskaapeli seisokissa (erillinen työ).

**2 VIRTAMUUNTAJAT**

Virtamuuntajien tyypit eivät ole vielä selvillä.

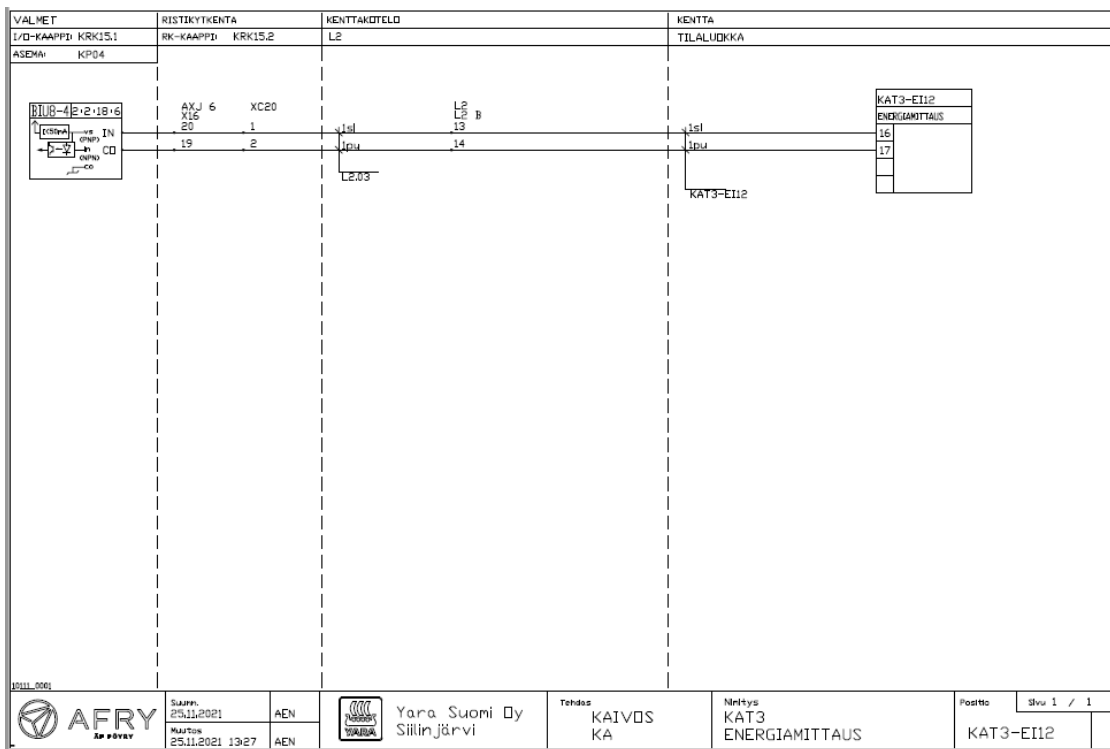
Kuva 18. Työselitys lannoitetehtas (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Energiamittauksien piirikaavio suunnittelussa jouduttiin tekemään erilaisia ratkaisuja, riippuen kenttä toteutuksen laajuudesta. Suurimmassa osassa kohteista energiamittari oli valmiiksi asennettuna tarvittavine komponentteineen ja suunnittelussa riitti sähköpiirikaavion päivitys energiamittarin pulssilähdön I/O-liittynnän osalta (kuva 19).



Kuva 19. Pulsilähdön I/O-liityntä (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Projektin aikana oli myös kohteita, joissa energiamittauksen pulssitiedon tuominen I/O:lle voitiin esittää automaatio piirikaaviona. Tällaisia kohteita olivat lähinnä keskijännitekojeistojen energiamittareiden pulssitiedon tuominen automaatiojärjestelmään. (Kuva 20.)



Kuva 20. KAT3-EI12 automaatiopiirikaavio (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Laiteluettelossa esitetään kohteeseen asennettavien laitteiden tyytit, määrä, asennuskohde ja kenen velvollisuuteen laitteen hankinta ja asennus kuuluu (kuva 21).

Tunnus	Nimitys	Tyyppi / Snro	KPL	Asent.	Hankk.	Lisätietoja
LT01-12B-F13	johdonsuoja	S203-C2	1	SU	SU	
LT02-24A-F13	johdonsuoja	S203-C2	1	SU	SU	
LT06-05A-F13	johdonsuoja	S203-C2	1	SU	SU	
LT06-05C-F13	johdonsuoja	S203-C2	1	SU	SU	
LT01-12B-P01	Energiamittari (400V)	A44-111-100	1	SU	SU	
LT02-24A-P01	Energiamittari (400V)	A44-111-100	1	SU	SU	
LT06-05A-P01	Energiamittari (690V)	A44-552-110	1	SU	SU	
LT06-05C-P01	Energiamittari (690V)	A44-552-110	1	SU	SU	
LT01-12B-T1-T3	Virtamuunnin 600A/5A 3 m kaape - 855-5005/600-000	3615039	3	SU	SU	
LT02-24A-T1-T3	Virtamuuntaja kiinteä TARM6 - 800/5A, Tarkkuusluokka: 0,5 - Revalco	6712324	3	SU	SU	
LT06-05A-T1-T3	Virtamuunnin 600A/5A 3 m kaape - 855-5005/600-000	3615039	3	SU	SU	
LT06-05C-T1-T3	Virtamuunnin 600A/5A 3 m kaape - 855-5005/600-000	3615039	3	SU	SU	
LT01-12B-F13	Rviliitin, katkaistava WTL 6/1	19 702 31	8	SU	SU	
LT02-24A-F13	Rviliitin, katkaistava WTL 6/1	19 702 31	8	SU	SU	
LT06-05A-F13	Rviliitin, katkaistava WTL 6/1	19 702 31	8	SU	SU	
LT06-05C-F13	Rviliitin, katkaistava WTL 6/1	19 702 31	8	SU	SU	
LT01-12B-F13	Rviliitin, esimerkiksi weidmuller wdu 2.5		2	SU	SU	
LT02-24A-F13	Rviliitin, esimerkiksi weidmuller wdu 2.5		2	SU	SU	
LT06-05A-F13	Rviliitin, esimerkiksi weidmuller wdu 2.5		2	SU	SU	
LT06-05C-F13	Rviliitin, esimerkiksi weidmuller wdu 2.5		2	SU	SU	
	Päätylevyt rviliittimille					

Kuva 21. Laiteluettelo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Kaapeliluettelossa esitetään asennuskokonaisuuteen kuuluvat kaapelit tunnuksineen, tyypeineen, lähtö- ja määränpää, arviopituus ja kenelle hankinta ja asennus kuuluu (kuva 22).

Kaapelitunnus	Kaapelityyppi	Mistä	Minne	Pituus	Asent.	Hankk.	Lisätietoja
				Arv	ToC		
LT01-12B-W21	Jamak 2x(2+1)x0,5	LT01-12B	LRK31	25		SU	SU
LT02-24A-W21	Jamak 2x(2+1)x0,5	LT02-24A	LRK31	25		SU	SU
LT06-05A-W21	Jamak 2x(2+1)x0,5	LT06-05A	LRK20	20		SU	SU
LT06-05C-W21	Jamak 2x(2+1)x0,5	LT06-05C	LRK20	20		SU	SU

Kuva 22. Kaapeliluettelo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Suunnittelukokonaisuus sujui pääpiirteittäin hyvin, mutta muutamissa piirikaavioissa esiintyi virheellisiä tietoja. Virheelliset tiedot johtuivat ALMA-suunnittelujärjestelmässä virheellisesti generoituneesta tiedosta piirikaavioon ja oli hoidettavissa helposti kuntoon.

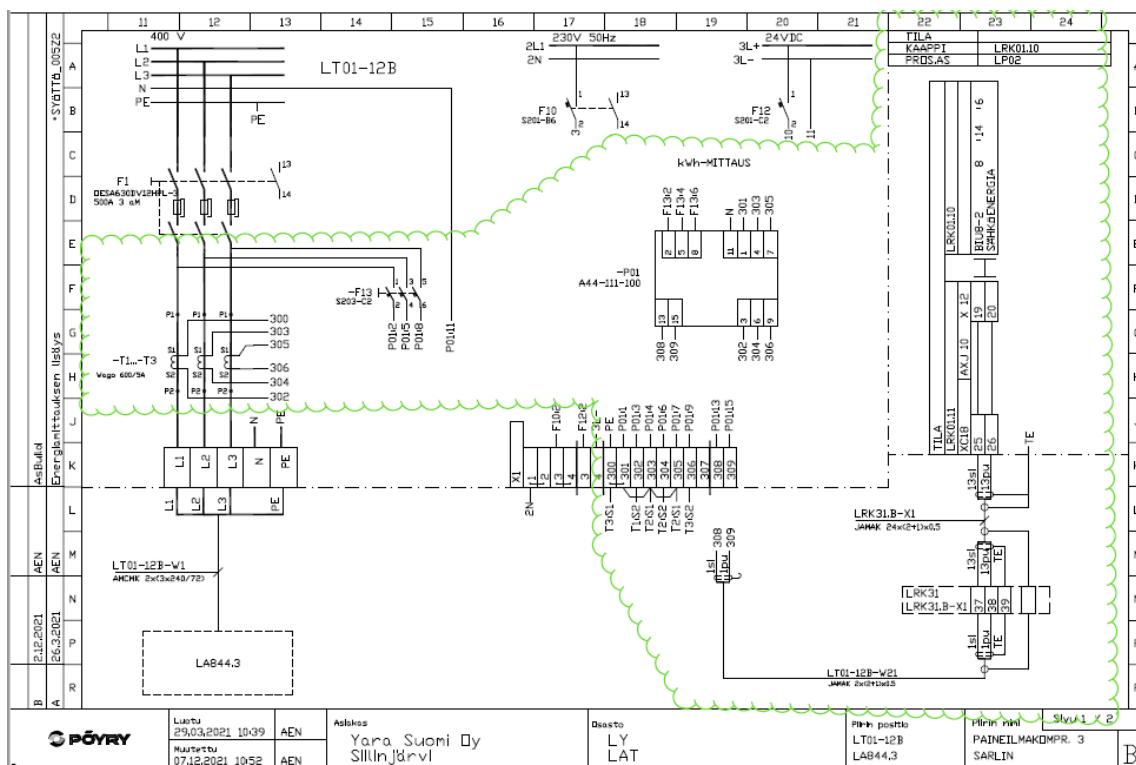


## 3.2 Asennukset

Kenttäasennukset tilattiin yhteistyökumppanilta Kolmen Sähkö Oy:ltä tuntihinnoitteluun perustuvalla veloituksella. He vastasivat myös asennusaineiston mukaisista laite-, kaapeli- ja kilpihankinnoista. Suurin osa tehtävistä asennuksista oli toteutettavissa tehtaiden normaalin käynninaikana, johtuen suoritettavan työn pienestä laajuudesta. Poikkeuksena paineilma-aseman neljään kompuraan liittyvät asennukset täytyi suorittaa Lannoitetehtaan huoltoseisakin aikana.

Kemiantehtaiden käyttämä paineilma on ostettu palveluna palveluntarjoajalta, ja he hoitavat kompuroiden ohjauksen etäyhteyden kautta, sekä vastaavat laitteiden huollosta. Paineilman tuotantoa hallitaan palveluntarjoajan ohjausjärjestelmään liitettyjen kompuroiden paikallislogiikoiden kautta ja tilaaja on veloitettu toimittamaan laitteiden sähkönsyöttö. Kompuroiden keskuslähdistä on voitu tehdä yksinkertaisia kytkinvarokelähtöjä, joihin energianmittaus oli tarkoitus asentaa.

Suunnittelussa valmistuneesta piirikaaviosta näemme LA844.3-kompuran lähtöön asennettavan kokonaisuuden sisältävän virtamuuntajat T1-T3, monitoimimittarin jännitemittauksien etukojeen F13, monitoimimittarin P01, riviliitin ryhmän ja pulssitiedon kaapeloinnin Valmet automaatiojärjestelmän I/O-kaapille. Piirikaaviossa uutta toteutusta ilmaisee vihreällä pilvi viivalla rajattu alue. (Kuva 23.)



Kuva 23. LA844.3 piirikaavio (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Kompuroiden keskuslähdistöt eivät ole fyysisesti kovin isoja, joka asetti energiamittarin ja sen tarvitsevien komponenttien asennukseen haasteita. Varsinkin virtamuuntajien asennustila oli rajoitettu, johtuen kytkinvarokkeen lähtöliittimiin asennettujen kupari kiskojen etäisyydestä keskuslähdon taka-seinään. (Kuva 24.)



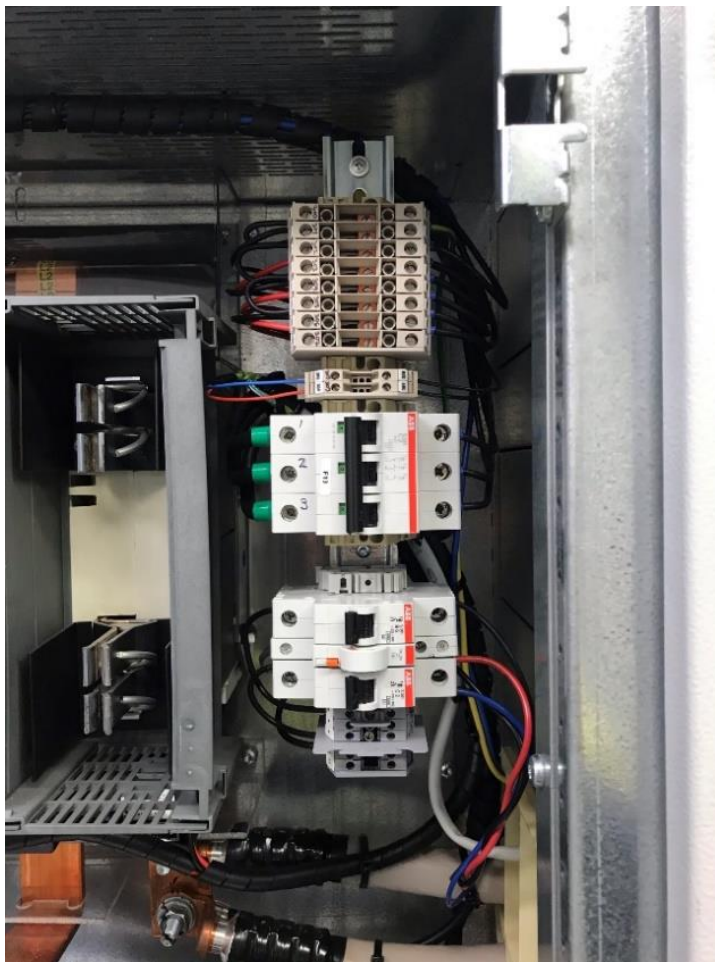
Kuva 24. LA844.3 keskuslähtö (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND)

Laitevalmistajien tuotevalikoimaa tutkiskelemalla lopulta löytyi Wagon valikoimasta virtamuuntajamalli, joka on mahdollista asentaa ahtaaseen väliin ja teknisiltä arvoiltaan soveltuu kohteeseen. Wago 855–5005, on kompakti ja avattava virtamuuntaja, mikä mahdollistaa muuntajan asentamisen purkamatta kisko- tai kaapelikytkentöjä. Virtamuuntajan asennuspisteen alapuolelle tarvitsema tila on ainoastaan 14 mm, joten se oli soveltuva asennettavaksi kompuran keskuslähtöön. (Kuva 25.)



Kuva 25. Wago virtamuuntaja asennettuna (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND)

Monitoimimittarin jännitemittauksen etukojetta ja riviliittimiä varten keskuslähdön oikeassa reunassa olemassa olevaa DIN-kiskoa jatkettiin ja komponentit asennettiin kiskoon (kuva 26). Monitoimimittarin jännitemittauksen etukojeelle otettiin liittynät kytkinvarokkeelta lähtevien kiskojen kaapelienkäliitoksista asennusaineiston piirikaaviosta poiketen.



Kuva 26. LA844.3 lähdön DIN-kisko (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND)

Monitoimimittariksi valikoitu ABB A44 aiempien käyttökokemusten, sekä hyvän saatavuuden perusteella ja se asennettiin keskuslähdön oveen. Mittarin asennusta varten oveen oli tarve tehdä aukotus ja asentaa asennuskehys mittarin kiinnittämiseksi (kuva 27).



Kuva 27. ABB A44 asennettuna (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND)

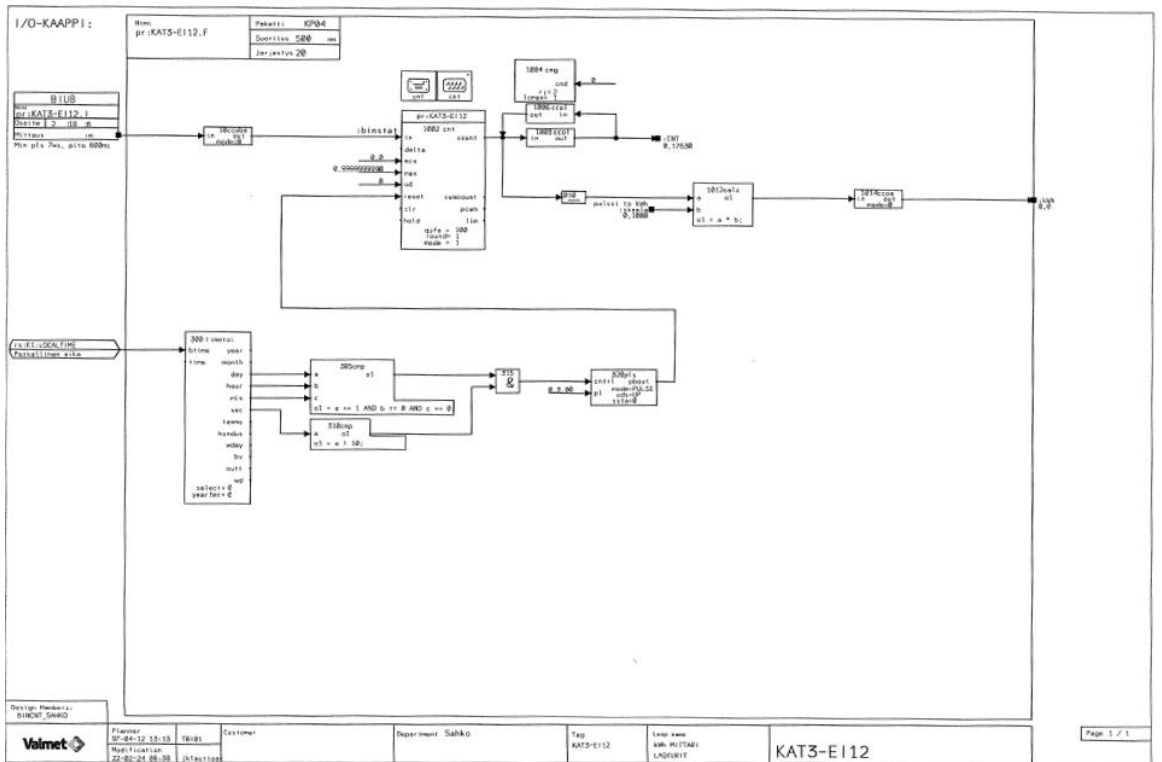
Monitoimimittari kaapeloitiin ja kytkettiin riviliittimille asennusaineistossa olleen piirikaavion mukaisesti. Asennusurakoitsija suoritti asennukset tehokkaasti ja turvallisia työtapoja noudattaen. Asennuksia tarkastellessa ei havaittu virheitä komponenttien kytkennöissä, eikä muissakaan asennuksissa. Asennuskokonaisuutta voidaan pitää onnistuneena (kuva 28).



Kuva 28. LA844.3 lähtö valmiina (Pyykönen 2021, CC BY-NC-ND)

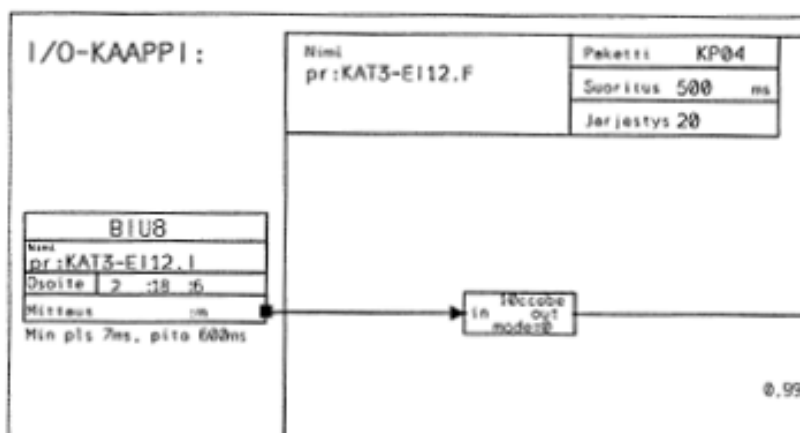
### 3.3 Energian laskenta sovellus

Sovellukseen määritetään sisääntulokortin tyyppi riippuen, onko käytettävä I/O-versio vanhempaa kehikko I/O:ta vai uudempaa ACN I/O:ta. Binääri tiedon ollessa kyseessä vanhemmalla I/O:lla käytetään binary input eli BIU8-kortteja ja uudemmalla I/O:lla digital input eli DI8-kortteja. Yaran Siilinjärven toimipaikalla on saneerattu I/O-kaappeja viime vuosina ja suurimmassa osassa on käytössä ACN I/O. Kaivoksen puolella on kuitenkin vielä vanhaa CIO:ta käytössä opinnäytetyötä kirjoittaessa, joten käytämme sitä esimerkissämme. Energian laskenta sovellus on toiminnaltaan sangen yksinkertainen ja koostuu vähäisestä määrästä toimilohkoja (kuva 29).



Kuva 29. KAT3 sähköenergia (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

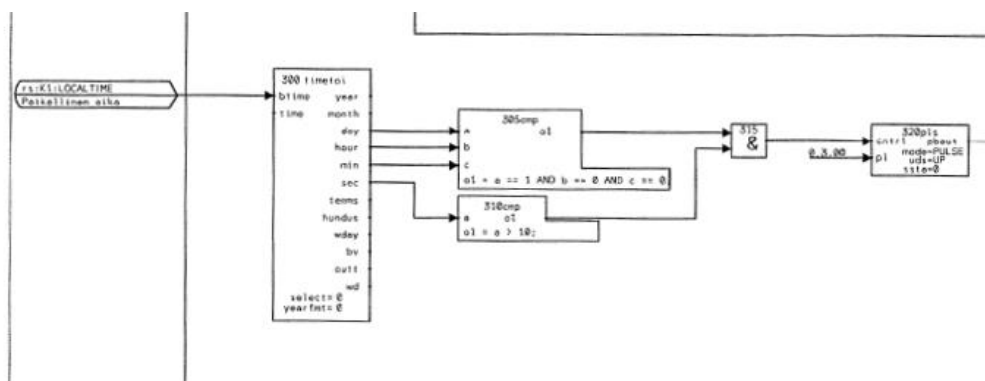
Sovellukseen määritetään prosessiasema, johon I/O-kehikko on kytketty ja BIU8-kortille määritetään kenttäliityntää vastaava I/O-osoite (kuva 30). Nämä tiedot sovelluksen tekijä saa piirikaavioista tai erikseen tehdystä I/O-luettelosta. BIU8-tuloon voidaan määritellä pulssin minimi pituus ja kuinka kauan pulssia pidetään päällä. Tämä olennaista suuren kulutuksen kohteessa, jonka pulssien sykli on suuri.



Kuva 30. I/O-tulo (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

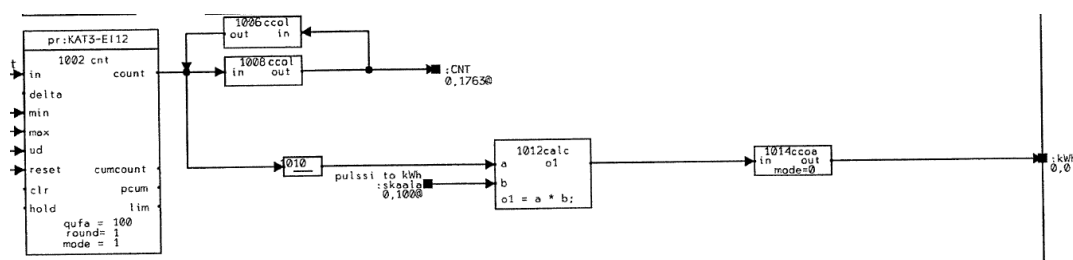
Binääri signaalina oleva pulssitieto tuodaan Cnt- eli laskurilohkolle, joka nimensä mukaisesti kerryttää pulssien määrää. Cnt-lohkosssa on monia aseteltavia parametreja erilaisien toimintojen aikaansaamiseksi, esimerkiksi voidaan asettaa hälytys rajat. Cnt-lohkolle asetellaan minimi ja maksimi arvot, joiden alittuessa tai ylittyessä laskenta ei enää kerrytä lukemaa. Tästä syystä energialaskenta sovellukseen on rakennettu laskuri, joka automaattisesti resetoi Cnt-lohkon laskennan aseteltuna

ajankohtana. Energianlaskenta sovelluksessa tämä ajankohta on kuun ensimmäinen päivä klo 00.00.10. (Kuva 31.)



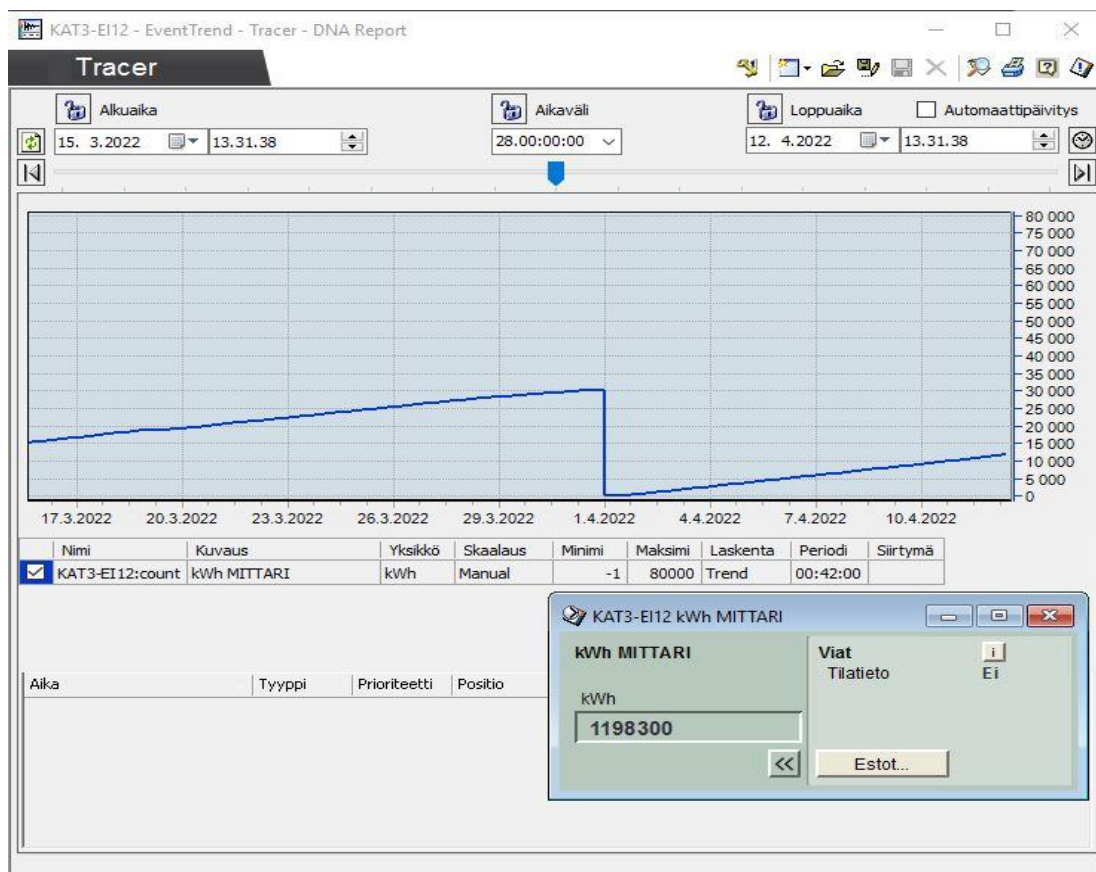
Kuva 31. aika laskuri (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Cnt-lohkon ulostulona saadaan pulssien määrä, jotka täytyy skaalata kilowattitunneiksi erillisellä laskenta loholla. Sovelluksessa olevan skaalan täytyy olla sama, kuin energiamittarilla oleva skaala. Useimmiten skaala on aseteltu kymmenen pulssia yhtä kilowattituntia kohden. (Kuva 32).



Kuva 32. Skaalaus (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

Energianlaskenta sovelluksen lopputulemana saatava kWh lukema on reaaliaikaisesti katselmoitavissa Valmet DNA operointi käyttöliittymässä ja myös historia tieto on käytettävissä, esimerkiksi graafisena kuvaajana DNA Tracer toiminnon avulla (kuva 33). Laskennan myötä KAT3-EI12 energiankulutus on hyödynnettävissä sellaisenaan sähköraportointiin Valmet Infolla.



Kuva 33. KAT3-EI12 sähköenergia (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

### 3.4 Kustannukset

Projektin WBS-rakenteen laadinnan yhteydessä jyvitetystä kokonaisbudjetista projektin edetessä suunniteltiin käytettäväksi 64 % ja lopulta toteutuneet kustannukset olivat 61,2 % kokonaisbudjetista. Projektin aikaiset kustannukset pysyivät suunnitelluissa budjeteissa kahta tilausta lukuun ottamatta, jotka olivat Afryn ja Valmetin tilaukset. Keskeisenä syynä näiden tilauksien kustannuksien kasvuun olivat töiden tuntiarvioiden ylittyminen, joista johtuivat suunniteltua 5–10 % suuremmat toteutuneet kustannukset.

Toteutuneista kustannuksista 26,2 % koostui suunnittelusta, 23,7 % asennuksista, 17,3 % DCS-töistä, 29,7 % oman henkilöstön kuluista ja loput ohjelmisto hankinnoista. Projektin suunnitellut ja toteutuneet kustannukset ovat selkeästi esillä SAP-järjestelmästä tulostetussa raportissa (liite 3).

### 3.5 Energy Measurement part 2

Energia mittaus investointia jatketaan 2-osalla vuonna 2022. Projektin ensimmäisessä vaiheessa saatiin 68 % energiamittareista automaattisen luennan perään. Jatko investoinnissa pyritään siirtämään mahdollisimman kattavasti loput käsiluettavaksi jääneet energian kulutus lukemat Valmet automaatio järjestelmään. Haastavimpina siirrettävinä ovat louhosalueella hajanaisesti sijaitsevat energiamittarit, joiden luokse ei ole olemassa kiinteitä tietoliikenneyhteyksiä. Investoinnissa pyritään



myös selvittämään nykyisien arvio energiakulutuksien mittausta mahdollisuuksista ja näiden siirtämisestä automaatio järjestelmään.

Investoinnin ensimmäisessä vaiheessa Valmet Infolle rakennetussa raportointi työkalussa on havaittu virheitä laskennoissa ja toisessa vaiheessa lisätään automaatiojärjestelmästä luettavien kulumukemien määrä, joten raportointi työkalua kehitetään vuoden 2022 aikana.

### 3.5.1 Louhos alueen energia raportointi

Siilinjärven toimipaikan louhosalueen suuresta pinta-alasta johtuen sähköinen infra jakaantuu laajalle alueelle. Louhosalueen sähköistyksiä on rakennettu vaiheittain vuodesta 1979 lähtien ja ne ovat muuttuneet lukuisia kertoja louhoksen laajentuessa lähtötilanteesta. Louhosalueen sähkönjakelu on toteutettu suurimmalta osin 10 kV ja 20 kV maakaapeloinnilla, mutta myös osittain ilmalinjana edellä mainituilla jännitteillä.

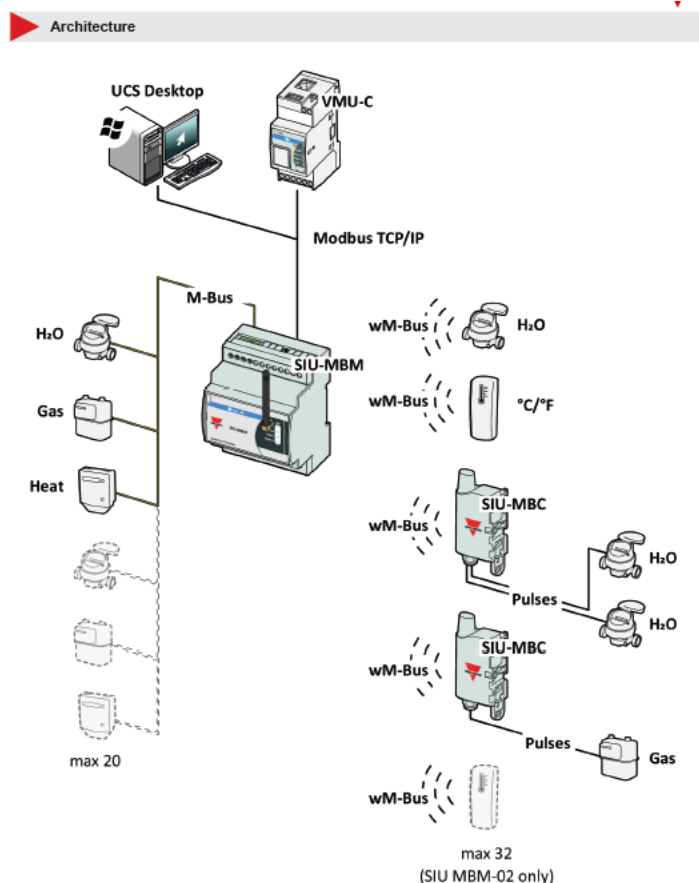
Louhosalueella maahan asennettu 10kV ja 20kV kaapelointi liikennöi pääosin keskijännitekojeistojen välillä, joissa on kennokohtaiset suojarleet. Suojarleet ovat liitetty mallista ja toteutus vuodesta riippuen joko PROFIBUS- tai IEC61850-väylän kautta Valmet automaatio järjestelmään. Suojarleiden väyläkommunikaatio mahdollistaa mm energiankulutus lukemien siirron automaatiojärjestelmään.

Louhosalueella ilmalinjana kulkevassa 10kV jakelussa on jakelupistekohtaiset pylväsmuuntajat erottimiseen, joiden perään on liitetty pj-keskus. Pj-keskusten energian kulutusta mitataan monimittareilla keskuksen syöttökenttään asennettujen virtamuuntajien avulla. Energian kulutus lukemien siirto automaatiojärjestelmään tuottaa haasteita puuttuvien tietoliikenne yhteyksien takia. Tähän tiedonsiirto tarpeeseen pitää löytää langattomaan tiedonsiirto tekniikkaan perustuva toteutustapa. Etäluettavia kohteita on kaiken kaikkiaan 13 kappaletta ja ne sijaitsevat erillään toisistaan.

Langattomaan tiedonsiirtoon on tarjolla lukuisia erilaisia toteutustapoja ja niiden joukosta täytyi valikoida paras vaihtoehto louhosalueella käytettäväksi. Nykypäivänä moni laitevalmistaja tarjoaa gsm yhteyksien avulla tapahtuvaa pilvipohjaista energiamittareiden etäluentaa avaimet käteen pakettina. Tällaisessa toteutuksessa haasteeksi osoittautuu tiedon siirtäminen pilvipalvelusta Valmetin automaatiojärjestelmään ja eritoten tietoturvan huomioiminen järjestelmien rajapintojen välillä liikuttaessa. Kyseinen toteutustapa myös lisää toteutuksen kustannuksia, tekee käyttöönotosta haastavampaa ja vika tilanteiden selvittelystä vaikeampaa. Näistä syistä päätettiin hakea yksinkertaisempaa ja suoraviivaisempaa tiedonsiirto tapaa.

Viime vuosina louhosalueelle on rakennettu kattava 4G LTE-verkko yhteistyössä teleoperaattorin kanssa ja verkkoa hyödynnetään mm Valmetin ACN I/O:n ja prosessiaseman väliseen tiedonsiirtoon. Verkko mahdollistaisi energiankulutus tietojen siirron käyttämällä LTE-modeemeihin liitettyjä gateway-laitteita, jotka muuntaisivat monimittareiden lähettämän tiedon johonkin yleisesti käytettävään tiedonsiirto protokollaan. Jokainen LTE-modeemi tarvitsisi oman SIM-kortin ja IP-osoitteen voidakseen liittyä teleoperaattorin verkkoon. Valmetin automaatio järjestelmään voitaisiin liittyä esimerkiksi MODBUS TCP/IP-protokollaa käyttämällä.

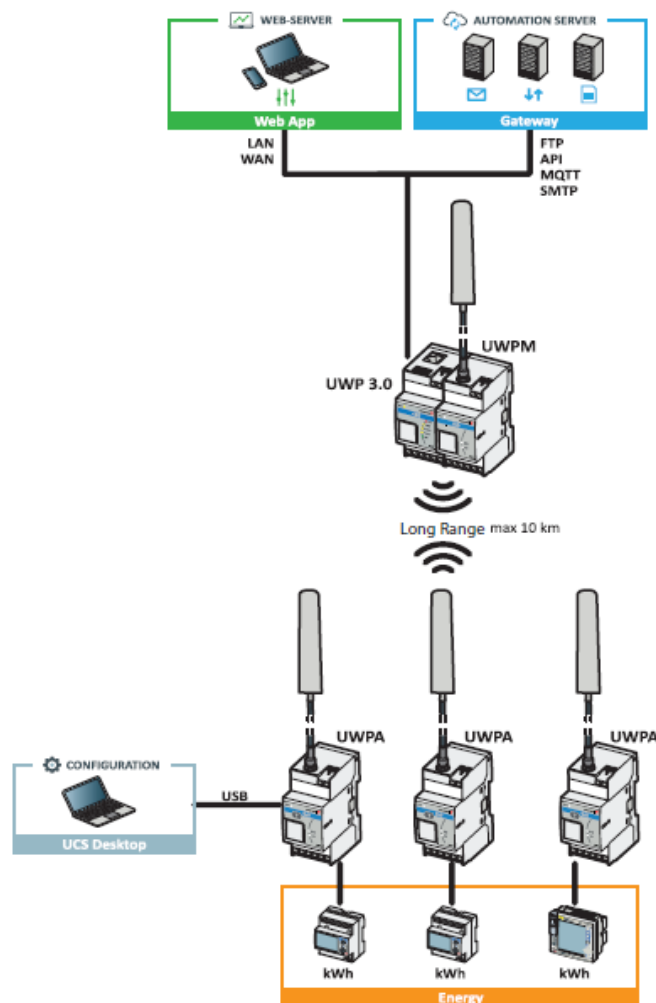
Tähän toteutustapaan soveltuvia tuotteita löytyy useammalta valmistajalta, joista Carlo Gavazzi tuotteet vaikuttivat lupaavimmilta. Carlo Gavazzi valmistaa SIU-MBx tuotesarjaa, joka sisältää SIU-MBM gateway-laitteen ja SIU-MBC radiolähtetimen. SIU-MBM gateway-laitteeseen voidaan liittää maksimissaan 20 laitetta M-BUS-väylän kautta ja 32 laitetta WIRELESS M-BUS protokollalla. (Kuva 34.) Gateway-laitte muuntaa M-BUS protokollan MODBUS TCP/IP protokollaan ja keskustelee Master laitteen kanssa. SIU-MBC radiolähtetin pystyy lähettämään kahden energiamittarin pulssitiedon jopa 600 metrin päässä olevalle gateway-laitteelle (Carlo Gavazzi 2018).



Kuva 34. Carlo Gavazzi SIU-MBx—arkkitehtuuri (Carlo Gavazzi 2018, CC-BY-ND)

Louhosalueen karttapohjaa tutkimalla todettiin SIU-MBC:n 600 metrin langattoman tiedonsiirto etäisyyden olevan riittämätön ja alueen energiamittareiden etäluenta vaatisi LTE-modeemin ja gateway-laitteen asennettavaksi lähestulkoon jokaisen energiamittarin luokse. Tämä lisäisi tarvittavaa laitemäärää huomattavasti ja ei olisi kustannustehokas ratkaisu, joten päätettiin etsiä muita ratkaisuja.

Carlo Gavazzi muita tuotteita tutkittaessa löytyi LoRaWan tiedonsiirtotekniikkaan perustuva UWPx-tuotesarja, jonka arkkitehtuuri muistuttaa edellä mainittua SIU-MBx-tuotesarjan ratkaisua. Energiamittariin liitetään RS485 liitännällä UWPA-lähtetin, joka lähettää LoRa-tekniikalla energiamittarin datan UWPM-vastaanottimelle maksimissaan kymmenen kilometrin päähän. UWPM-vastaanottimeen liitetään UWP3.0-valvonta yhdyskäytävä, jonka tarkoituksena on kerätä LoRaWan-verkosta tuleva dataliikenne. (Kuva 35.) UWP3.0-valvonta yhdyskäytävä voidaan liittää Valmet DNA-järjestelmään hyödyntämällä MODBUS RTU- tai MODBUS TCP/IP-protokollaa (Carlo Gavazzi 2019).



Kuva 35. Carlo Gavazzi LoRaWan-verkon rakenne (Carlo Gavazzi 2019, CC-BY-ND)

Carlo Gavazzi tuotteiden konfigurointi suoritetaan ilmaisella UCS desktop pc-ohjelmistolla, jonka käyttöliittymä on selkeä ja helppokäyttöinen. UWPx tuotteiden manuaaleja tutkimalla ilmenee, että konfigurointi ohjelmisto laatii automaattisesti MODBUS-kommunikointi kartan verkkoon liitetystä laitteista ja se saadaan siirrettyä tietokoneelle Excel-formaatissa. Tämän kommunikointi kartan perusteella osataan lukea halutut tiedot oikeista MODBUS-osoitteista Valmet DNA:n sovelluksen suunnittelua varten. (Carlo Gavazzi 2019)

Tämän hetken maailman tilanteesta johtuen monella komponentilla on pitkät toimitusajat ja niin myös Carlo Gavazzi tuotteiden toimitusaika on noin 3 kuukautta tilauksesta. Tämä tarkoittaa, että louhos alueen langatonta tiedonsiirtoa päästään toteuttamaan vasta kesä kuukausina ja mahdollisia käyttöönoton haasteita ei vielä osata arvioida. Aiemman kokemuksen perusteella kuitenkin voidaan sanoa, ettei ole olemassa haasteetonta käyttöönottoa.

### 3.5.2 Kustannus arvio

Energy Measurement part 2 projektille DG4 vaiheessa haettu kokonaisbudjetti jyvitetiin laaditun WBS-rakenteen mukaisesti. Kokonaisbudjetista jaettiin 44,4 % suunnittelulle, 33,3 % asennuksille ja

komponentti hankinnoille, 16,7 % oman henkilöstön kuluihin ja 5,6 % varausta. Louhosalueen langattoman tiedonsiirron mahdollistamiseksi tilattujen komponenttien osuus asennuksien ja komponenttien budjetista on noin 22 %.

Project name	TOTAL I	
SVIPP energy measurements part 2	90000,00	
		90 000
WBS-Name	Level 1	Level 2
<b>PREPARATION FOR EXECUTION</b>	0	
ENGINEERING		
OWNER COST		
<b>EXECUTION</b>	90 000	
ENGINEERING AND SUPERVISION		40000
ELECTRICAL AND EQUIPMENT		30000
OWNER COST		15000
CONTIGENCY		5000

Kuva 36. Energy Measurement Part 2 WBS (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

#### 4 ENERGIA RAPORTOINTI

Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan sähköenergiaraportti laaditaan Excel-taulukolla, jonka sisällä suoritetaan paljon laskentaa ja lopputulemana saadaan toimipaikan kuukausikohtainen sähköraportti. Taulukon täyttämistä varten käynninvarmistaja, eli vuorosähkömies käy kiertämässä mittarin lukukierroksella yhteensä noin 100 energiamittaria ja täyttää energialukemat erilliseen taulukkoon. Käynninvarmistajan laatiman taulukon perusteella toimipaikan energiapäällikkö täyttää energiankulutuslukemat sähköraportti Exceliin. Sähköraportti Excel-taulukon laskentamatriisit laskevat jokaiselle tehtaalle, niiden prosessien osa-alue kohtaisen energiankulutuksen riippuen laskennan määrytyksistä. Laskentojen jälkeen Excel-laatii kuukausikohtaisen koonti taulukon, jossa tarkistetaan ostetun ja tuotetun energian suhde kulutettuun energiaan. Koonti sivun laskentojen erotuksen pitää olla nolla, muussa tapauksessa tiedetään jonkin syötetyn arvon olevan virheellinen. Excel laatii myös kuukausikohtaisen sähköraportin omalle välilehdelle. Sähköraporttia hyödynnetään toimipaikalla sisäisesti ja sen perusteella laskutetaan yhteistyökumppaneita, joiden energiankulutus on merkittävä. Sähköraportti vuoden 2022 tammikuulta (liite 4).

##### 4.1 Kulutus laskenta

DNA Report-sovellukseen rakennettava sähköraportti laaditaan DNA Calc-ohjelmalla. DNA Calc-ohjelmassa määritellään laskennan nimi, laskennan aikaväli tai vaihtoehtoisesti laskennan aktivoituminen tapahtumasta, laskennan riippuvuus muista laskennoista, laskentapakettien tiedot ja laskentaparametrit (Valmet 2021).

Sähköraportin laskentapaketin laajuudesta johtuen laskentapaketin tiedot on laadittu Excel-taulukoon, mistä ne luetaan DNA Calc-ohjelmaan (kuva 37). Unit sarakkeeseen merkitään tietueen yksikkö, Data type sarakkeeseen tiedon tyyppi, d tarkoittaa double type eli muuttuvaa tietoa. Tagname sarake määrittää sovelluksen nimen, mistä tieto noudetaan laskentaan. Factor sarakkeessa voidaan määrittää kerroin, esimerkiksi energiapulssien skaalauskerroin. Const sarakkeeseen voidaan syöttää vakioarvo, näin on tehty toimipaikan arvio energiankulutuksien suhteen. Data function sarakkeessa määritetään tässä tapauksessa, luetaanko hetkellistä arvoa, lasketaanko aikajakson alun ja lopun erotusta tai onko arvo kiinteä. Parameter 1 sarakkeeseen on määritetty, että arvo noudetaan edellisen kuukauden ensimmäiseltä päivältä klo 0.00 ja parameter 2 sarakkeeseen kuluvan kuukauden vastaava hetki.

Unit	Data type	StatusMode	Mode	SubstMode	SubstStatus	Visibility	Tagname	Scaling	Factor	Offset	Const	Design Values	LowLimit	HighLimit	Data function	parameter 1	parameter 2
kWh	d	i	n	d			KAC33.1-EI12					0			First	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAT43-EI12					0			First	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAT60-EI12					0			First	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAT61-EI12					0			First	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			LOB4/08-EI12:av								counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			SUMP-EI125:av								counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAB4/01A1-EI12:av								counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAB5/01A1-EI12:av								counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KAT9-EI12:count	lin	10			0			counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KA1320.TH.Q5:count								counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			KA9210-EI12:count					0			First	^-1:10:00	^^:1:00:00
kWh	d	i	n	d			C9.16-EI12:count					0			counterDifference	^-1:10:00	^^:1:00:00

Kuva 37. Laskentapaketti (Pyykönen 2022, CC BY-NC-ND)

DNA Calc suorittaa energialaskennan laskentapakettiin syötettyjen tietojen ja laskennalle asetettujen parametrien mukaisesti. Valmiista laskennasta tulostuu raportti, joka on nähtävissä DNA Report-sovelluksessa.

## 4.2 Sähköraportti

Energy Measurement projektin tavoitteena oli luoda automaattinen sähköraportti Valmet DNA Report-ohjelmaan. Projektin aikana ei saatu siirrettyä kaikkien energiamittareiden kulutuslukemia Valmet DNA:han, vaan osa jäi jatko projektin aikana toteutettavaksi. Näiden energiamittareiden kulutuslukemien syöttöä varten laadittiin käsisyöttö mahdollisuus, johon täytetään käynninvarmistajan keräämiä kulutuslukemia. Käsisyöttö mahdollisuus on rakennettu DNA Reportin sisään ja käyttäjä kuittaa syötön valmiiksi syötettyään kulutuslukemat. Tämän jälkeen lukemat ovat DNA Calc-ohjelman käytettävissä sähköraportti laskentaa varten.

Automaattisesti laadittavasta sähköraportista on pyritty tekemään vastaavanlainen kuin käytössä oleva Excel-raportti on (liite 5). Tämä mahdollistaa raporttien keskinäisen vertailun ja laskentojen oikeellisuudesta pystytään varmentumaan. Raporttien keskinäisten vertailujen myötä on myös huomattu virheitä alkuperäisen raportin laskennoissa ja niiden esiintyessä niitä on pyritty korjaamaan. Raporttien vertailussa on helposti huomattavissa eroavaisuudet energialukemien luenta ajankohdissa ja tämä seikka aiheuttaa 1–5 % eron kulutuslukemiin.

## 5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aihe lähti liikkeelle tarpeesta tehostaa Yaran Siilinjärven toimipaikan energian seuranta ja raportointia. Ennen työn toteutusta toimipaikan energiamittarit kierrettiin kerran kuukaudessa keräten energiankulutuslukemat taulukkoon. Taulukko toimitettiin toimipaikan energia-päällikölle, kenen vastuulla oli syöttää lukemat energiankulutuslaskenta Excel-tilukseen. Excel-tiluksen laskentojen lopputuloksena valmistui toimipaikan sähköraportti, jossa energiankulutukset on esitetty tuotantoyksiköiden ja näiden osaprosessien mukaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli siirtää energiamittareiden energiankulutus seuranta Valmet DNA-automaatiojärjestelmään, vähentää henkilöiden tekemää ns. turhaa työtä ja laatia kuukauden alussa automaattisesti sähköraportti Valmet Info-ohjelmalla energiapäällikön käyttöön.

Opinnäytetyö koostui projektin kokonaisvaltaisesta johtamisesta projektipäällikön roolissa, suunnittelun ja asennusurakoinnin koordinoinnista, teknisien määrittelyjen laadinnasta ja projektin jatko-osan toteutuksen teknisien ratkaisujen tutkimisesta.

Projektin aikana haasteita aiheuttivat komponenttien pitkät toimitusajat, projektipäällikön ja suunnittelijan suuri työkuorma ja asennus resurssien vaihteleva saatavuus. Yhdessä nämä seikat johtivat jättämään suunnitellusta toteutus aikataulusta ja 32 % kohteista jäi toteuttamatta projektin ensimmäisessä vaiheessa. Myös raportointi työkalun kehittäminen painottui vuoden viimeisellä kvartaalilla ja kehitystyö vaati oletettua enemmän aikaa. Näiden syiden ohella projektille päätettiin hakea jatko investointia vuodelle 2022, jolloin jäljelle jääneet kohteet saataisiin toteutettua.

Lopputuloksena projektin aikana saatiin paljon kehitettyä toimipaikan energian seuranta ja raportointia, sekä projekti mahdollisti projektipäällikön ammatillisen ja henkisen kehittymisen. Toteutettu kokonaisuus antaa hyvät lähtökohdat ja varmuutta toimia projektipäällikkönä jatkossakin, sekä jatkaa henkilökohtaisen osaamisen kehittämistä.

## 6 LÄHTEET

ABB, TTT-käsikirja 2000. 10. Mittaus-, ohjaus- ja suojauslaitteistot.

ABB, TTT-käsikirja (2000). Valokuva. Virtamuuntajan sydämet. 10. Mittaus-, ohjaus- ja suojauslaitteistot.

Anttila, Jouni 2019. Lora, mikä ihme se on? Haettu 15.4.2022 osoitteesta <https://www.peteri.fi/blogi/lora-mika-ihme-se-on/>.

Carlo Gavazzi 2018. SIU-MBM, SIU-MBC manual. Haettu 10.2.2022 osoitteesta [http://www.productselection.net/PDF/UK/siu-mbx\\_ds.pdf](http://www.productselection.net/PDF/UK/siu-mbx_ds.pdf).

Carlo Gavazzi (2018). Valokuva. Carlo Gavazzi SIU-MBx—arkkitehtuuri. Haettu 10.2.2022 osoitteesta [http://www.productselection.net/PDF/UK/siu-mbx\\_ds.pdf](http://www.productselection.net/PDF/UK/siu-mbx_ds.pdf).

Carlo Gavazzi 2019. UWPA, UWPM manual. Haettu 25.2.2022 osoitteesta [https://gavazziautomation.com/images/PIM/DATASHEET/ENG/UWPA\\_UWPM\\_DS\\_ENG.pdf](https://gavazziautomation.com/images/PIM/DATASHEET/ENG/UWPA_UWPM_DS_ENG.pdf).

Carlo Gavazzi (2019). Valokuva. Carlo Gavazzi LoRaWan-verkon rakenne. Haettu 25.2.2022 osoitteesta [https://gavazziautomation.com/images/PIM/DATASHEET/ENG/UWPA\\_UWPM\\_DS\\_ENG.pdf](https://gavazziautomation.com/images/PIM/DATASHEET/ENG/UWPA_UWPM_DS_ENG.pdf).

Commons, wikimedia (2012). Valokuva. MODBUS\_Network\_Architecture. Haettu 29.4.2022 osoitteesta [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MODBUS\\_Network\\_Architecture.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MODBUS_Network_Architecture.png).

Heikura, Harri julkaisuaika tuntematon. Sähkötehon ja energian mittaus. Sijainti: Tekniikan yksikkö. Varkaus: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Heikura, Harri (Julkaisuaika tuntematon). Valokuva. Impulssi mittari. Sähkötehon ja -energian mittaus. Savonia ammattikorkeakoulu, Varkaus.

Heikura, Harri (Julkaisuaika tuntematon). Valokuva. Staattinen mittari. Sähkötehon ja -energian mittaus. Savonia ammattikorkeakoulu, Varkaus.

Honkanen, Jorma 2007. Sähköoppi. Sijainti: Tekniikan yksikkö. Varkaus: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Honkanen, Jorma (2007). Valokuva. KWh-mittari. Savonia ammattikorkeakoulu, Varkaus.

Ijäs, Jari julkaisuaika tuntematon. ESA8090 SMit Mittamuuntajat ja mittamuuntimet. Sijainti: Tekniikan yksikkö. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

ISO 50001 2018. SFS-EN ISO 500001:2018 Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja soveltamisohjeita.

ISO 50001, SFS-Standardi (2018). Valokuva. Suunnittele-toteuta-arvioi-toimi-kehä. Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja soveltamisohjeita. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. ABB A44 asennettuna. Yara, Siilinjärvi.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. aika laskuri. Yara, Siilinjärvi.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. CIO I/O-kortin kytkennät. Yara, Siilinjärvi.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. DNA Report. Yara, Siilinjärvi.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Energy Measurement Part 2 WBS. Yara, Siilinjärvi.

Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. FBCad sovellus. Yara, Siilinjärvi.

- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. I/O-tulo. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Kaapeliluettelo. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. KAT3 sähköenergia. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. KAT3-EI12 automaatiopiirikaavio. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. KAT3-EI12 sähköenergia. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. KPi raportointi. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Laiteluettelo. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Laskentapaketti. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. LA844.3 piirikaavio. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. LA844.3 keskuslähtö. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. LA844.3 lähdön DIN-kisko. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. LA844.3 lähtö valmiina. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Pulssilähdön I/O-liityntä. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Skaalaus. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Työselitys lannoitetehtas. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Valmet DNA Operate. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. Wago virtamuuntaja asennettuna. Yara, Siilinjärvi.
- Pyykönen, Antti (2022). Valokuva. WBS-rakenne. Yara, Siilinjärvi.
- Valmet 2021. Calculation management-käyttöohje.pdf.
- Valmet (2015). Valokuva. I/O-korttien erot. Valmet DNA I/O kortit pdf.
- Valmet (2015). Valokuva. Kenttäliitynnät. Valmet Prosessinohjaus pdf.
- Valmet (2015). Valokuva. Suunnittelu ympäristö. DNA Suunnittelu ympäristö pdf.
- Valmet (2015). Valokuva. Valmet DNA järjestelmä rakenne. Valmet DNA Yleisesittely.pdf.
- Valmet DNA 2015. Valmet DNA Rakenne.pdf.
- Valmet prosessinohjaus 2015. Valmet DNA prosessinohjaus ja kenttäliitynnät.pdf.
- Valmet DNA I/O-kortit 2015. DNA I/O kortit.pdf.
- Valmet DNA suunnittelu ympäristö 2015. DNA Suunnittelu ympäristö.pdf.
- Wago julkaisuaika tuntematon. Nopea tiedonsiirto automaatio- ja kenttälaitteiden välillä: MODBUS. Haettu 16.4.2022 osoitteesta <https://www.wago.com/fi/modbus>.
- Wahlstrom, Björn 1992. Damatic – Suomen automaatioteollisuuden voimannäytös. Haettu 12.4.2022 osoitteesta <https://www.bewas.fi/damatic.pdf>.
- Yara (julkaisuaika tuntematon). Valokuva. hyväksyntä portaat. Projekti päällikkö koulutus. Yara, Siilinjärvi.



## LIITE 1: MITTAUSKOHTEIDEN TOIMENPITEET

## LIITE 2: AFRY SUUNNITTELUN TOIMEKSIANTO

## LIITE 3: TOTEUTUNEET KUSTANNUKSET

## LIITE 4: SÄHKÖRAPORTTI

LIITE 5: UUSI SÄHKÖRAPORTTI